



Державна служба  
геології та надр  
України



ДКЗ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
Інститут геологічних наук Національної академії наук України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Львівський національний університет імені Івана Франка

2024 

# МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

IX міжнародна науково-практична конференція

## НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ. ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ

7-11 жовтня 2024, м. Львів, Україна

IX international scientific-practical conference

## SUBSOIL USE IN UKRAINE. PROSPECTS FOR INVESTMENT

7-11 october 2024, Lviv, Ukraine

**ДЕВ'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.  
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"**

**Україна, м. Львів, 7-11 жовтня 2024 р.**

# **МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**NINTH SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE**

**"SUBSOIL USE IN UKRAINE.  
PROSPECTS FOR INVESTMENT"**

**Ukraine, Lviv, 7-11 October 2024**





**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ГЕОЛОГІЇ ТА НАДР УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА КОМІСІЯ УКРАЇНИ ПО ЗАПАСАХ КОРИСНИХ КОПАЛИН**



**Івано-Франківський національний технічний університет нафти та газу  
Інститут геологічних наук Національної академії наук України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Львівський національний університет імені Івана Франка**

**ДЕВ'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.  
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"**

**Україна, м. Львів, 7-11 жовтня 2024 р.**

**NINTH SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE**

**"SUBSOIL USE IN UKRAINE.  
PROSPECTS FOR INVESTMENT"**

**Ukraine, Lviv, 7-11 October 2024**

**КИЇВ – 2024**

## ШАНОВНІ ПРЕДСТАВНИКИ БІЗНЕСУ, НАУКИ ТА ВЛАДИ!



Вітаю всіх учасників і організаторів дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування»!

Ваша участь у щорічному заході є вагомим для розвитку галузі. Адже саме ви задаєте напрям видобувній промисловості, що є однією з ключових складових економіки нашої країни, багатой на природні ресурси. Завдяки вам розвивається мінерально-сировинна база, наповнюється державний бюджет, створюються робочі місця, навіть у ці складні воєнні часи.

Держгеонадра разом з командою Міндовкілля і далі працюють над впровадженням пріоритетних реформ у галузі надрокористування. Це оцифруванням послуг, модернізація регуляторного поля та налагодженням ефективного контролю держави.

Ми поетапно крокуємо до створення Big Data для застосування штучного інтелекту в геології. Розвиваємо Державний геологічний портал, який об'єднує 15 баз даних. Електронний кабінет пришвидшив взаємодію з надрокористувачами. За час його роботи опрацьовано понад три тисячі заяв. GIS-сервіс дає можливість перевірити координати контуру заявки на перетин із діючими дозволами та забороненими зонами здійснення діяльності. Доступна онлайн реєстрація форми на проведення робіт і досліджень, пов'язаних із геологічним вивченням надр. Впроваджується сервіс звітування і формування е-витягу з реєстру спецдозволів.

Ми готуємо нові об'єкти для виставлення на електронні торги, оголошуємо та проводимо аукціони, видаємо спеціальні дозволи на користування надрами, забезпечивши рекордні для галузі надходження до держбюджету. **За час роботи е-торгів продано 510 спеціальних дозволів на користування надрами за 5,5 мільярдів гривень.**

Україна має фундаментальний економічний потенціал у секторі критичної сировини, що може вирішити європейські та глобальні виклики її постачання. Триває міжнародний діалог щодо підтримки проєктів з розвитку видобування критичних мінералів у нашій країні. Уряд підготував ділянки надр з покладами критичної сировини для виставлення на електронні аукціони та для оголошення конкурсів з укладання УРП. Водночас українські підприємства долучилися до загальноєвропейської ініціативи для отримання статусу стратегічних, що відкриє можливість до фінансових стимулів реалізації проєктів.

Працюємо над актуалізацією програми розвитку мінерально-сировинної бази. Її реалізація сприятиме підвищенню ефективності вивчення надр, приведенню у відповідність потреб і умов її фінансування, забезпеченню оперативного доступу суб'єктів господарювання до відкритої геологічної інформації. В оновленому документі будуть враховані положення Меморандуму між Україною і ЄС про стратегічне партнерство в секторі мінеральної сировини та європейського Регламенту про критичну сировину. Ухвалення закону є одним з індикаторів виконання Україною програми Ukraine Facility, пакета допомоги ЄС на 50 млрд євро для підтримки відновлення, реконструкції та модернізації України.

Узгодженість зусиль уряду, бізнесу та науки чинить позитивний ефект на розвиток галузі надрокористування, коли наша спільна мета – відбудова й економічне зростання України в умовах глобального «зеленого переходу».

З повагою

**Голова Державної служби геології та надр  
України**

**Роман ОШМАХ**

УДК 504+550+553+556

**Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування.** Матеріали Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції (7-11 жовтня 2024 р., м. Львів). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). К.: ДКЗ, 2024. – 689 с.

© Державна комісія України по запасах корисних копалин, 2024

## ЗМІСТ

<b>РЕФОРМУВАННЯ СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ НАДР: ПРОЗОРИСТЬ, ВІДКРИТІСТЬ, ДОСТУПНІСТЬ</b>	<b>12</b>
<i>Нецький О.В., Паюк С.О., Бала Г.Р.</i> Проблематика реформування і вдосконалення геологічного вивчення родовищ неметалічних корисних копалин і надрокористування	13
<i>Литвинюк С.Ф., Паюк С.О.</i> Головні передумови оновлення Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр України	17
<i>Бовсунівський П.В.</i> Діяльність ДНВП «ГЕОІНФОРМ УКРАЇНИ» в умовах реформування галузі надрокористування	24
<i>Оринчак К.М., Фалькович О.Л.</i> Виклики надрокористування у військовий час	28
<i>Метошов І.М., Степанюк О.С., Шийко В.І., Дуб С.І.</i> Напрями вдосконалення тарифної політики в газопостачанні задля інформаційно-соціальної безпеки	33
<i>Петренко А.С.</i> Цифрова епоха: як кібератаки загрожують нафтогазовидобутку?	39
<b>УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ КОРИСНИХ КОПАЛИН ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ</b>	<b>43</b>
<i>Курило М.М.</i> Національні тренінги UNFC як шлях розуміння і уніфікації проектів надрокористування в Україні та ЄС	44
<i>Курило М.М., Паюк С.О.</i> Особливості застосування класифікації UNFC для проектів вловлювання і зберігання CO <sub>2</sub>	53
<i>Дуду А.-К., Курило М., Демчук Ю., Братах М., Віршило І., Беренблюм Р.</i> UNFC класифікація регіональних сценаріїв вловлювання і зберігання CO <sub>2</sub> безпосередньо з кораблів в межах проекту CTS	59
<i>Харченко М.В.</i> Шляхи підвищення ефективності геологорозвідувальних робіт на нафту і газ	68
<i>Гафич І.П., Коляда М.І.</i> Важковидобувні запаси українських газових родовищ - шлях до нарощування власного видобутку газу	72
<i>Жикаляк М.В., Бондар О.П.</i> Ефективність вітчизняного надрокористування	78
<i>Кордіяка І.М., Чалий Д.О., Карабин В.В.</i> До питання класифікації надзвичайних ситуацій природного характеру геофізичного та геологічного підкласів	83
<i>Гелета О.Л., Сергієнко І.А.</i> Дослідження впливу типів обробки поверхні виробів з декоративного каміння на їх довговічність	86
<b>ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ</b>	<b>90</b>
<i>Гайовський О.В., Панов Д.Г., Петрівський П.В.</i> Перспективи розвитку мінерально-сировинної бази будівельної індустрії Яворівської територіальної громади Львівської області	91

<i>Василенко А.П.</i> Проблеми поповнення інвестиційного атласу надрокористувача достовірною інформацією щодо ресурсів металевих та неметалевих корисних копалин	96
<i>Гірний Й.В.</i> Інтенсифікація залучення інвестицій у розробку надр та окремі аспекти надрокористування	100
<i>Єнтін В.А., Павлюк В.М., Гінтов О.Б., Орлюк М.І., Бакаржієва М.І.</i> До розширення бази інвестиційних геолого-промислових пропозицій Побузького гірничорудного району	108
<i>Дяків В.О., Петришин В.Ю., Хевпа З.З.</i> Історичні соляні джерела, луговні та солеварні в межах Передкарпатського прогину: сучасний ресурсний потенціал і геоекологічні ризики відновлення видобутку ропи та виробництва випарної солі	115
<i>Бодюк А.В.</i> Обґрунтування понять мінералів для інвестиційних проєктів	124
<i>Іваніна А.В., Костюк О.В., Хом'як Л.М.</i> Поклади піску з неогенових відкладів Львівщини – внесок у повоєнну відбудову України	127
<b>МЕТОДИКА І ПРАКТИКА ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН ЗА РІЗНИМИ КЛАСИФІКАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ</b>	130
<i>Кашуба Г.О., Башкіров Г.Л.</i> До питання з визначення граничних значень петрофізичних параметрів	131
<i>Сафронова Н.Г., Баряцька Н.В.</i> Використання сучасних інструментів Microtine в процесі геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин	138
<i>Курило М.М., Паюк С.О., Литвинюк С.Ф.</i> Практика оцінки проєктів надрокористування в міжнародних класифікаційних системах	144
<i>Бала В.В., Паюк С.О.</i> Практичні аспекти геолого-економічної оцінки родовищ з розподілом запасів між його ділянками з метою відчуження таких ділянок	148
<i>Михайлів І.Р.</i> Класифікація PRMS: основні терміни та теоретичні основи виділення класу «умовні ресурси»	153
<i>Баряцька Н.В., Литвинюк С.Ф.</i> Нормативні та методичні засади проведення державної експертизи та оцінки запасів та ресурсів корисних копалин підрахованих методами блокового моделювання	158
<i>Бондаренко М.С., Кулик В.В., Данилів С.М.</i> Універсальний модуль радіоактивного каротажу для дослідження нафтогазових колекторів в процесі буріння	166
<i>Баряцька Н.В., Сафронова Н.Г.</i> Застосування штучного інтелекту для підрахунку запасів корисних копалин	172
<i>Охоліна Т.В., Кузьманенко Г.О., Мережко М.Д.</i> Геолого-економічна оцінка Волинського титаноносного району	178
<i>Слободян Б.І., Гейченко М.В.</i> Застосування процедури забезпечення якості і контролю якості (QA/QC) шляхом дублювання «історичних» свердловин (на прикладі розвідки Полохівського родовища)	182
<i>Слободян Б.І., Гейченко М.В.</i> Застосування процедури забезпечення якості і контролю якості (QA/QC) щодо аналітичних досліджень (на прикладі розвідки Полохівського родовища)	188

<i>Запека Д.С., Боднарук Б.Р., Матківський С.В.</i> Використання сучасних інструментів 3D-модельовання для оцінки запасів та ресурсів родовищ вуглеводнів	194
<i>Федів І.Я.</i> Історія змін виконання підрахунку запасів нафти і газу в ПАТ "УКРНАФТА"	199
<i>Назаренко М.В., Король Н.О.</i> Оцінка мінеральних ресурсів з використанням новітніх комп'ютерних методик – запорука сталого розвитку України	203
<i>Курена Я.С., Матвеев А.В., Мамчур С.В.</i> Розвідка бурштину із застосуванням методу свердловинного гідророзмиву: практика та її аналіз	209
<i>Костенко Д.Т.</i> Прийняття управлінських рішень за сценарним методом оцінки ризиків проекту	213
<i>Сухіна О.М., Бодюк А.В.</i> Щодо удосконалення методики визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами (і в тому числі рф)	217
<i>Генералова Л.В., Борняк У.І., Генералов А.В., Костюк О.В.</i> Структурно-текстурні особливості верхньокрейдово-еоценових утворень передових скиб Українських Карпат – нові критерії прогнозування на вуглеводні	222
<i>Дяків В.О., Панченко А.В.</i> Геолого-економічна оцінка та геоекологічні проблеми ділянок акумулювання флотаційних вапняків – продуктів збагачення сірчанних руд Роздільського та Подорожненського родовищ	226
<b>ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ УКРАЇНИ. НАРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕРЖАВИ</b>	235
<i>Шлапінський В.Є., Лазарук Я.Г., Савчак О.З., Тернавський М.М., Гузарська Л.Г.</i> Структура Козьова. Перспективи нафтогазоносності	236
<i>Федоришин Д.Д., Трубенко О.М., Михайловський І.З., Федоришин С.Д., Трубенко А.О.</i> Підвищення інформативності геолого-геофізичних досліджень у процесі пошуків та розробки покладів вуглеводнів у складнобудованих геологічних розрізах	241
<i>Кашуба Г.О.</i> Щодо означення ущільнений колектор	245
<i>Сурков С.В., Костів А.Л., Кулинич М.С., Кривуля С.В., Пуц Д.В.</i> Перспективи нарощування ресурсної бази вуглеводнів Єфремівської та Північно-Єфремівської зони за даними переінтерпретації сейсморозвідки 3D	248
<i>Матрофайло М.М.</i> Морфолого-генетичний аналіз розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського басейну	255
<i>Чебан О.В.</i> Сучасні реалії, які створюють важковидобувні запаси вуглеводнів	263
<i>Чорний О.М., Чорний Е.О., Кузів І.М., Левицька Г.М., Трубенко О.М.</i> Закріплення привибійної зони свердловин з допомогою нафтової емульсії, створеної в акустичному полі	265
<i>Федоришин Д.Д., Трубенко О.М., Федоришин С.Д., Липчук М.В., Федоришин Д.С.</i> Перспективи видобутку вуглеводнів із карбонатних юрських відкладів Лопушнянського родовища	272
<i>Кичка О.А., Ольшанецький М.В., Тищенко А.П., Вишва А.С., Жадан А.М., Маковець О.В., Фенота П.О., Хмелевський А.С., Мельник Л.П.</i> Аналіз нафтогазоносних комплексів як один з елементів пошуково-розвідувальних робіт в межах північно-західного шельфу Чорного моря	276



<i>Гоцинець О.С., Михалевич І.Л., Алсйнік У.В., Білецький Р.П., Владика В.М., Савчук О.В., Бодлак В.П.</i> Перспективи нафтогазоносності прискидових структур надгіпсового рівня в межах Косівсько-Угерської підзони	282
<i>Дмишко О., Базнюк М.</i> Аналіз баричних умов у розрізі сарматських відкладів північно-західної частини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину	284
<i>Назаревич А.В., Назаревич Л.Є., Скакальська Л.В., Назаревич Р.А.</i> Геодинаміка та температурний режим кори заходу України і енергоресурси	290
<i>Думенко С.С., Хомин В.Р.</i> Нові напрямки пошукових робіт на нафту і газ у Скибовій зоні Українських Карпат	296
<i>Самойлов В.В., Троянова Г.І., Безрук К.О.</i> Результати попереднього прогнозу положення катагенетичного флюїдоупору у розрізі центральної приосьової зони ДДЗ	299
<i>Боднарук Р.І., Кузнецов І.К., Ficarra A., Вергуненко О.П., Пономарчук П.Д., Пономаренко Л.С.</i> Нерозвіданий нафтогазовий потенціал північного борту Дніпрово-Донецької западини	305
<i>Сусяк Т.Я., Костів А.Л., Міщенко Л.О., Шимановська Т.Я., Абеленцев В.М.</i> Геологічні умови проведення гідравлічного розриву пласта на родовищах Дніпровсько-Донецької западини	307
<i>Куровець І.М., Чепусенко П.С., Грицик І.І., Приходько О.А., Кучер З.І.</i> Перспективи дорозвідки неглибокозалеглих горизонтів Прилуцького підняття Дніпровсько-Донецької западини	312
<i>Бучинська І.В., Матрофайло М.М., Побережський А.В., Ступка О.О.</i> Видобувний потенціал газоносності перспективних ділянок газовугільних родовищ Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну	316
<i>Левонюк С.М., Оринчак С.М., Карпин В.М., Олексин М.М., Вергуненко О.П.</i> Геологічні ризики та технічні складнощі при розвідці візейських колекторів нетрадиційного типу у межах Дніпровсько-Донецької западини	322
<i>Михалевич І.Л., Заклинський І.М., Бодлак В.П., Туркус П.Б., Граб О.І., Малетич Ю.І.</i> Нова геологічна інформація північно-західної частини зони Кросно в контексті перспектив нафтогазоносності	328
<i>Кузьменко П.М., Маляр В.О., Краснікова О.О., Антонюк В.В., Білоус Ю.В., Кашуба Г.О.</i> Кількісна інтерпретація сейсмічних даних для вирішення задач прогнозування характеристик геологічного розрізу	331
<i>Побережський А.В., Подольський М.Р., Гвоздевич О.В., Кульчицька-Жигайло Л.З.</i> Конверсія некондиційного вугілля та відходів в контексті наросування енергетичного потенціалу України	334
<i>Хоха Ю.В., Яковенко М.Б., Павлюк М.І.</i> Дослідження торфу за допомогою рентген-флуоресцентної спектрометрії в поєднанні з спектрометрією в ближньому інфрачервоному діапазоні	339
<i>Дучук С.В., Максимук С.В., Галамай А.Р.</i> Перспективи пошуку нафтогазонасичених структур з використанням сучасних програмно-технічних засобів, методик і технологій	343
<i>Німець Д.К., Кривуля С.В., Пуц Д.В.</i> Стан обводнення найбільшого газового родовища України	348

<i>Куровець С.С., Злочевська К.М.</i> Відкриття нового покладу в серпуховських відкладах на Водянівському газоконденсатному родовищі як приклад розширення перспектив нафтогазоносності нижньокам'яновугільних відкладів Дніпровсько-Донецької западини	353
<i>Куровець С.С., Бурдейний Т.О.</i> Методика приросту розвіданих запасів вуглеводнів у відкладах нижньої пермі, верхнього та нижнього карбону в межах перспективних структур, прилеглих до Октябрського та Кобзівського родовищ	356
<i>Анікеев С.Г., Максимчук В.Ю., Кудеравець Р.С.</i> Прогноз антиклінальних та солянокупольних структур Закарпатського прогину за гравіметричними даними	359
<i>Медвідь М.І., Михайлів І.Р.</i> Літолого-стратиграфічні передумови газоносності Солотвинської підзони Закарпатського прогину	365
<i>Петровський О.П., Петровська Т.О., Штурмак І.Т., Кичка О.А.</i> Нова парадигма картування комерційних покладів вуглеводнів – шлях до ресурсів і запасів вуглеводнів	370
<i>Михайлишин Б.І.</i> Аналіз технологій впливу на привибійну зону пласта	378
<i>Осташ О.М., Омельченко В.Г.</i> Особливості низькопроникних нафтогазонасичених неогенових порід-колекторів	380
<i>Калиній Т.В., Омельченко В.Г.</i> Геологічна модель техногенних четвертинних відкладів Старунського геодинамічного полігону	382
<i>Гораль Л.Т., Перезовова І.В., Корнієнко А.М., Хом'як О.В.</i> Ризики в системі енергетичної безпеки крізь призму тарифоутворення	384
<i>Кучер Р.-Д.А., Сенів О.Р.</i> Геолого-петрофізичні властивості порід-колекторів та оцінка трендів перетворення керогену у відкладах менілітової світи південносхідної частини Бориславсько-Покутської зони Карпат	388
<i>Наушко І.М., Павлюк М.І., Хоха Ю.В.</i> Полігенез природних вуглеводнів у літосфері Землі з позицій термобарогеохімії і термодинаміки	393
<i>Якимчук М.А., Корчагін І.М.</i> Нові свідчення на користь вулканічної моделі формування родовищ корисних копалин та зовнішнього вигляду планет за результати апробації прямопошукових методів в різних регіонах світу	399
<i>Якимчук М.А., Корчагін І.М.</i> Результати апробації частотно-резонансних методів в межах пошукових блоків на шельфі Південної Кореї	405
<i>Якимчук М.А., Корчагін І.М.</i> Результати апробації прямопошукових частотно-резонансних методів на ділянці із пробуреною свердловиною в Україні	412
<b>КРИТИЧНА СИРОВИНА: ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ</b>	418
<i>Іванов Є.А., Ковальчук І.П., Біланюк В.І.</i> Обсяги накопичення гірничопромислових відходів у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні, проблеми і перспективи їх використання	419
<i>Фалькович О.Л., Настенко С.О.</i> Особливості експлуатації комплексних родовищ на прикладі Капітанського родовища нікель хромітових руд	426
<i>Pashchenko O., Khomenko V., Voita M.</i> Contribution of Ukraine's raw material base to the development of clean and renewable technologies	433

<i>Синчук В.В., Бакаржів Ю.А., Лисенко О.А.</i> Інтеграція української геологічної галузі у світове співтовариство. Проблемні питання	440
<i>Попп І.Т., Гавришків Г.Я., Гаєвська Ю.П., Мороз П.В.</i> Седиментогенез крейдяно-палеогенових нафтогазоносних відкладів Українських Карпат	446
<i>Комлев О.О., Ремезова О.О., Бейдик О.О., Спиця Р.О., Жилкін С.В., Комлева М.О.</i> Нетиповий потенційний ресурс титанових мінералів Українського щита	452
<i>Хоменко В.М., Черниш Д.С., Ніссен Й.</i> Кристалохімія колумбітів Пержанського родовища	457
<b>ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗРОБКОЮ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН</b>	462
<i>Касьяненко Д.Л., Улицький О.А., Д'яченко Н.О.</i> Роль технологічних чинників видобування залізородних покладів на зміни еколого-гідрогеологічного середовища	463
<i>Гарасимчук В.Ю., Медвідь Г.Б., Чебан О.В., Телегуз О.В.</i> Стан екологічної безпеки при утилізації супутніх пластових вод на Добрівлянському газоконденсатному родовищі (Передкарпаття)	469
<i>Садова А.Г.</i> Моніторинг екологічних проблем та навколишнього середовища під час розробки корисних копалин	474
<i>Кочмар І.М., Карабин В.В.</i> Вилуговування важких металів з аргіліту внаслідок термічного впливу (на прикладі відвалу ЦЗФ «Червоноградська»)	477
<i>Трофимчук О.М., Триснюк В.М.</i> Геоінформаційне моделювання та управління екологічними викликами під час російсько-української війни	480
<i>Вдовиченко А.І., Калинович В.М., Чернієнко Н.М.</i> Екологічні та економічні аспекти утилізації бурового шламу	486
<i>П'яташ Д.Р., Шум Т.І.</i> Оцінка захищеності питних підземних вод Синичанської ділянки м. Ізюму за методикою DRASTIC	490
<i>Триснюк Т.В., Шумейко В.О., Волинець Т.В.</i> Аерокосмічні технології для оцінки забруднення територій у зв'язку з розробкою корисних копалин	496
<i>Жикаляк М.В., Маринченко М.Є.</i> Екологічна безпека водних ресурсів як чинник стійкості України	502
<i>Гончаренко С.І.</i> Аналіз розвитку небезпечних інженерно-геологічних процесів в межах Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району	506
<i>Уграк Т.А., Гонтарьова Н.В., Уграк Л.В., Палійчук О.В., Медвідь М.І.</i> Екологічні проблеми у зв'язку з організацією господарсько-питного водопостачання промислових підприємств Львівської області	511
<i>Dzhumelia E., Dzhumelia V., Kochan O.</i> Water Quality Parameters Changes in Border Areas of Volyn, Lviv, and Zakarpattia	517
<i>Семенюк М.В.</i> Про перших дослідників нафти	521
<b>ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД. ПЕРЕОЦІНКА ЗАПАСІВ ТА РЕСУРСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД</b>	528
<i>Кондратюк Є.І., Шлапінський В.Є., Савчак О.З., Лазарук Я.Г., Тернавський М.М.</i> Про приуроченість виходів на поверхню солоних джерел у відкладах карпатського флішу до диз'юнктивних дислокацій	529

<i>Панов Д.Г.</i> Моніторинг небезпечних геологічних процесів та підземних вод: сучасний стан, виклики та можливості	535
<i>Павлюк Н.М.</i> Адаптація національного моніторингу підземних вод до вимог Водної Рамкової Директиви	540
<i>Люта Н.Г., Саніна І.В., Руденко Ю.Ф.</i> Екологічна катастрофа на річках Сейм і Десна: чого нас учать уроки війни	544
<i>Лосів В.М., Яремович М.В.</i> Термальні води в районі м. Львова та його околиць – геолого-структурна та геодинамічна обумовленість	548
<i>Судаков А.К., Дригола М.А.</i> Ізоляція поглинаючих горизонтів свердловин термопластичними матеріалами	556
<i>Судаков А.К., Шумов А.С.</i> Технологія обладнання бурових свердловин екологічними блоковими гравійними фільтрами	559
<i>Удалов І.В., Триснюк В.М., Яковлев Є.О.</i> Розвиток регіональних небезпечних геофільтраційних процесів при довгостроковому водокористуванні у басейнах підземних вод України	561
<i>Мандзюк М.І., Пилипович О.В., Грицанюк В.В., Дідула Р.П., Костенко Є.А., Ільченко В.А.</i> Оцінка санітарно-хімічних показників безпечності та якості води популярних сакральних джерел Львівщини	567
<i>Ємельянов В.О., Кирьяков П.О., Паришев О.О., Рибак О.М.</i> Субаквальні підземні води як джерело розширення ресурсної бази питного водозабезпечення південних областей України	574
<i>Бабов К.Д., Погребний А.Л., Цуркан О.І., Гуца С.Г., Заболотна І.Б., Ярошенко Н.О., Бахолдіна О.І.</i> Обґрунтування перспектив впровадження у лікувальну практику сульфідних вод при внутрішньому застосуванні	580
<i>Павлюк В.І.</i> Окремі причини втрати продуктивності свердловин на воду	589
<i>Баранник О.Р.</i> Використання підземних вод та необхідність переоцінки їх запасів у нафтогазовій сфері	595
<i>Сапужак О.Я., Романюк О.І., Павлюк В.І., Дециця С.А., Коляденко В.В., Сирожко О.В.</i> Основні результати геофізичних досліджень з визначення точок буріння на питні води у північній частині Львова	598
<b>ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ</b>	605
<i>Liventseva H., Barylo A.</i> Classification of geothermal resources based on the geothermal play types and its application to the conditions of Ukraine	606
<i>Віршило І.В., Братах М.І., Курило М.М., Скрипник В.В.</i> Оцінка життєвого циклу геотермальних проектів на прикладі EcoField Solotvyno	612
<i>Поп С.С., Пересоляк В.Ю., Шароді І.С.</i> Освоєння відновлюваних енергетичних ресурсів Закарпатської області в контексті збалансованого розвитку територіальних громад	618
<i>Лопушанська М.Р., Іванов Є.А., Лопушанська Ю.Р., Циганок Л.В., Башинська Ю.І., Вижва А.М., Доманський А.С.</i> Географічні чинники розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області	625
<i>Дяків В.О., Поп С.С., Павлюк В.І., Яремович М.В.</i> Геологічна будова, геотектонічна позиція, інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови полонини Руна	631

<i>Серета І.П.</i> Особливості здійснення державного нагляду (контролю) у сфері альтернативних джерел енергії України у воєнний період	640
<i>Іванік О.М., Вишва С.А., Ісаєв М.В., Кравченко Д.В.</i> Геотермальні ресурси та застосування фазозмінних матеріалів для сховищ термальної енергії	645
<i>Локтєв А.А.</i> Трансформація виснажених родовищ нафти та газу у об'єкти з видобування геотермальних ресурсів	649
<i>Курило М.М., Віршило І.В., Братах М.І., Демчук Ю.В.</i> Нормативно-правові умови реалізації геотермальних проектів в Україні	652
<b>ВОДЕНЬ – ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГІЇ МАЙБУТНЬОГО</b>	658
<i>Курило М.М., Паюк С.О.</i> Нормативно-правові передумови реалізації водневих проектів в Україні	659
<i>Дехтяренко В.А., Прядко Т.В., Бошко О.І., Кирильчук В.В., Михайлова Г.Ю., Семирга О.М., Степанов Д.В.</i> Захист титанових виробів від негативної дії водневого середовища	665
<i>Толкунов А.А., Кузнєцов М.П.</i> Перспективи розвитку зеленої водневої енергетики України	671
<i>Якимчук М.А., Корчагін І.М.</i> Технологія частотно-резонансної обробки супутникових та фотознімків: результати апробації на ділянці буріння пошукової свердловини на водень в США	674
<i>Якимчук М.А., Соловійов В.Д., Корчагін І.М.</i> Особливості глибинної будови локальних ділянок на шельфі Австралії та Антарктики за результатами частотно-резонансної обробки супутникових знімків	679
<i>Петровський О.П., Петровська Т.О., Штурмак І.Т., Ціховська О.М.</i> Нова парадигма картування комерційних покладів солі для зберігання водню та видобутку солі	685



# РЕФОРМУВАННЯ СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ НАДР: ПРОЗОРИСТЬ, ВІДКРИТІСТЬ, ДОСТУПНІСТЬ



## ПРОБЛЕМАТИКА РЕФОРМУВАННЯ І ВДОСКОНАЛЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО ВИВЧЕННЯ РОДОВИЩ НЕМЕТАЛІЧНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН І НАДРОКОРИСТУВАННЯ

*Нецький О.В., lexey-1@ukr.net, Паюк С.О., golova@dkz.gov.ua,*

*Бала Г.Р., annabala79@gmail.com,*

*Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна*

На прикладах окремих видів неметалічних корисних копалин висвітлено дискусійні питання, що виникають під час проведення Державною комісією України по запасах корисних копалин Державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин. Запропоновано шляхи і підходи до їх вирішення, що сприятимуть прискоренню доступу до надр з метою видобування корисних копалин, мінімізації ризиків інвесторів.

**Ключові слова:** корисна копалина, геолого-економічна оцінка, надрокористування, пісок, ДКЗ.

## REFORMATION AND IMPROVEMENT ISSUES OF GEOLOGICAL STUDY OF NON-METALLIC MINERAL DEPOSITS AND SUBSOIL USE

*Netskyi O., lexey-1@ukr.net, Paiuk S., golova@dkz.gov.ua,*

*Bala H., annabala79@gmail.com,*

*State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine*

Discussion issues that arise during the state expertise and assessment of mineral reserves by the State Commission of Ukraine on Mineral Resources have been presented on the example of certain types of non-metallic minerals. Pathways and approaches to their solution, which will contribute to the facilitation of access to the subsoil for the purpose of mineral extraction and risk minimization for investors, have been suggested.

**Keywords:** terms, mineral, geological and economic assessment, geological study, subsoil use, sand, sand and gravel rocks, SCMR.

У період з початку повномасштабного вторгнення росії в Україну Державною комісією України по запасах корисних копалин (далі – ДКЗ) розглянуто матеріали геолого-економічних оцінок 307 родовищ корисних копалин. У структурі розглянутих матеріалів доцільно виділити матеріали геолого-економічних оцінок родовищ піску і піщано-гравійних порід (80 об'єктів надрокористування, 26 % від загальної кількості).

Пісок – цінний будівельний матеріал, що застосовують у багатьох напрямках будівництва, як цивільного, так і військового. Пісок застосовуватимуть як один з основних матеріалів для відновлення України після Перемоги над ворогом. Піщано-гравійні породи, як і пісок, є комплексним матеріалом багатоцільового застосування, сировиною для виготовлення широкої лінійки різновидів матеріалів будівельного застосування, зокрема, піску, гравію, щебеню з гравію.

Проведення ДКЗ державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин на підставі звітів з геолого-економічних оцінок родовищ корисних копалин супроводжується дискусійними питаннями, які розглянуто на прикладах корисних копалин пісок і піщано-гравійна порода.

Перше з дискусійних питань полягає в ступені відповідності поняття корисної копалини, зазначеної в спеціальному дозволі на користування надрами, цьому ж поняттю корисної копалини, запаси якої підраховують у результаті геологічного вивчення або наскільки однозначно під час проведення геологічного вивчення ділянки надр можна розвідати корисну копалину, що зазначена в спеціальному дозволі на користування надрами.

Питання перебуває в площині між вимогами до геологічного вивчення такої корисної копалини, регламентованими метою користування надрами, і, власне, досліджуваними фізико-хімічними показниками та характеристиками корисної копалини, які вивчаються в лабораторних умовах на відповідність вимогам державних стандартів, технічних умов. Спірність цього питання полягає в тому, що слід вважати корисною копалиною і чи охоплює

сучасне визначення поняття "корисна копалина", вказаного в спеціальному дозволі на користування надрами, майбутній результат виявлення і оцінки запасів такої корисної копалини.

Під час видачі спеціальних дозволів на користування надрами вид корисної копалини вказують відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 12.12.1994 № 827 "Про затвердження переліків корисних копалин загальнодержавного та місцевого значення" (далі – Постанова [1]). Постанова не містить інформацію про те, яким критеріям мають відповідати ті або інші, зазначені в ній корисні копалини (інструкціям ДКЗ, державним стандартам, технічним умовам тощо), що робити з корисними копалинами, які в постанові не зазначені, проте, які можуть бути розвідані і відповідати вимогам державних стандартів, технічним вимогам, тобто мати застосування в промисловості. Необхідно констатувати, що будь-якого вичерпного переліку корисних копалин також існувати не може в силу складності геологічного середовища і процесів, які в ньому відбуваються. ДКЗ, спільно з ДНВП "Геоінформ України", за дорученням Державної служби геології та надр України, запропоновано зміни до переліків корисних копалин загальнодержавного та місцевого значення, що спрямовані на урахування результатів геологічного вивчення корисних копалин у сучасних умовах, а також фактичного обліку запасів родовищ корисних копалин у Державному балансі запасів корисних копалин України.

У контексті геологічного вивчення поняття "корисні копалини" визначене в Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр (далі – Класифікація, [2]) – природні мінеральні утворення органічного і неорганічного походження у надрах, на поверхні землі, у джерелах вод і газів, на дні водоймищ, а також техногенні мінеральні утворення в місцях видалення відходів виробництва та втрат продуктів переробки мінеральної сировини.

Можна виокремити чинники, що визначають умови геологічного вивчення корисних копалин родовищ:

– неоднорідність геологічного середовища, що зумовлює, зокрема, обмежене поширення певних корисних копалин як цінного мінерального ресурсу (така корисна копалина, як пісок кварцовий (застосовують у скляній промисловості), що характеризується витриманим хімічним складом, зустрічається в природніх умовах набагато рідше порівняно з корисною копалиною – піском (для будівельної галузі), при оцінюванні якості якого хімічний склад має другорядне значення);

– формування корисних копалин в умовах прояву різної тривалості і інтенсивності механічних, біохімічних тощо процесів впродовж геологічної історії території розташування ділянки надр, прогнозування яких є складною задачею, що подекуди не має вирішення, а наявність корисної копалини на місці залягання передчасно не може бути визначена дозвільним документом – спеціальним дозволом на користування надрами, до проведення робіт з геологічного вивчення у межах такої ділянки надр;

– існування методу (принципу) послідовних наближень [3] – нарощування знань про об'єкт дослідження – корисну копалину, поклад, родовище шляхом нарощування детальності досліджень під час геологорозвідувального процесу, який відбувається по стадіях.

В Інструкції із застосування Класифікації до родовищ піску і гравію (далі – Інструкція, [4]) – методичної основи для геолого-економічної оцінки родовищ піску всіх видів корисних копалин, вказано, що "пісок – сипка осадова дрібноуламкова гірська порода, що складена різною мірою обкатаними зернами (кварц, польові шпати, слюда, інші) та рідше уламками мінералів і порід розміром від 0,05 до 5,0 мм". Тобто для ідентифікації піску як корисної копалини застосовано діапазон певного показника, якому він має відповідати.

ДСТУ Б В.2.7-29-96 "Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій

та робіт Класифікація" [5] за певними значеннями показників класифікує піски для будівельної галузі і визначає по них можливі напрями їх застосування (понад 10 напрямів).

ДСТУ Б В.2.7-32-95 "Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови" [6] встановлює вимоги до показників якості пісків з метою визначення їх придатності за напрямами застосування. Галузь використання стандарту поширюється на щільний природний пісок та пісок відсівів подрібнення з середньою густиною зерен більше  $2,0 \text{ г/см}^3$  до  $2,8 \text{ г/см}^3$ , які одержують із гірських порід, що спеціально чи попутно видобувають, і відходів гірничо-збагачувальних підприємств для використання по різних напрямках використання".

Одним з показників якості пісків згідно з ДСТУ Б В.2.7-32-95 є зерновий склад. Так, у пісках для бетонів стандарт регламентує вимоги за показниками, зокрема: вмісту зерен розміром від 5,0 до 10,0 мм, вмісту зерен розміром більше 10,0 мм. Такі самі показники застосовують також і для одного з найпоширеніших напрямів застосування пісків – для дорожнього будівництва.

Таким чином, державним стандартом, визначені критерії для показників (вміст зерен крупніше 5 і 10 мм), що певним чином може суперечити визначенню, яке розкриває назву корисної копалини (пісок), що зазначена в Інструкції – "сипка осадова дрібноуламкова гірська порода... що складена зернами (уламками)... розміром до 5,0 мм" (в Інструкції також вказано, що природні піски України за зерновим складом переважно не відповідають вимогам державних стандартів до бетонів і потребують збагачення (застосування технологій видалення часток розміром крупніше 5 мм, наприклад просіюванням)). У цьому випадку постає певна невідповідність визначенню поняття "корисні копалини", застосованого в Класифікації (природні мінеральні утворення ... у надрах...), оскільки пісок після збагачення це пісок вже вилучений з надр.

При підрахунку запасів піску (як і багатьох інших неметалічних корисних копалин) застосовують, визначені Інструкцією прийоми, спрямовані на включення до підрахункового інтервалу корисної копалини – піску інтервалів некондиційних і пустих порід, селективний видобуток яких неможливий і включення яких не погіршує його якість або прийоми валового опробування піску при неоднорідній будові корисної товщі, наявності малопотужних некондиційних прошарків, які неможливо селективно видобути. Тобто корисна товща може містити різновиди інших порід, відмінних від корисної копалини, зазначеної у спеціальному дозволі на користування надрами, а їх неврахування під час підрахунку запасів сприятиме нераціональному використанню надр, зниженню можливостей більш повного і ефективного використання надр.

Таким чином, по цьому питанню доцільно зазначити, про те, що:

– розуміння виду корисної копалини – піску, що зазначений у спеціальному дозволі на користування надрами, має відповідати змісту поняття такої корисної копалини, що зазначене в Інструкції, відповідно до якої проводять геологічне вивчення і підрахунок запасів піску, з урахуванням вимог до його якості, встановлених у державному стандарті; в іншому випадку – включення під час підрахунку запасів піску прошарків інших порід, навіть за умови усереднення показників якості піску спільно з такими прошарками і повна відповідність напрямку його застосування відповідно до стандарту, може вважатись не коректним, сприяти неефективності використання надр;

– може існувати певна невизначеність, пов'язана зі змістовним наповненням терміну "пісок" між різними етапами в умовах наскрізних дозволів на користування надрами, наприклад, на етапі його геологічного вивчення як корисної копалини – розвідки родовища піску і на етапі видобування вже розвіданої відповідно до результатів геологічного вивчення корисної копалини з цією ж назвою; подібні невизначеності характерні і для багатьох інших корисних копалин, зокрема, кристалічних порід.

Друге з дискусійних питань полягає в дослідженні поняття переважно алювіальних чи флювіогляціальних відкладів, що являють собою суміш порід різних фракцій



і ототожнюються з широким діапазоном назв або їх поєднань – піщано-гравійна суміш, піщано-гравійна сировина, піщано-гальковий матеріал, гравій, галька, піщано-гравійна порода, (розм.) шутер тощо.

Суперечливість полягає в тому, що при застосуванні переліків корисних копалин до піщано-гравійної сировини виникають труднощі і невизначеність, пов'язані з тим, що сировина піщано-гравійна є як у переліку корисних копалин загальнодержавного значення, так і в переліку корисних копалин місцевого значення.

Доцільно зазначити, що загальноприйнятої класифікації піщано-гравійної сировини немає (існує декілька різних класифікацій), проте для геолого-економічної оцінки родовищ піщано-гравійних порід застосовують класифікацію, яка прийнята в чинних державних стандартах та Інструкції [4].

Сировина піщано-гравійна може бути представлена гравійно-піщаною або піщано-гравійною породами. Гравійно-піщана порода – це сипка гірська порода з умістом гравійної складової від 15 до 30 %; піщано-гравійна порода характеризується вмістом гравійної складової більше 30 %. Пісок має уміст гравійної складової менше 15 %. Під гравійною складовою або гравієм відповідно до чинних державних стандартів та вищезазначеної Інструкції приймають уламкову (переважно з обкатаними уламками) фракцію порід розміром від 5 до 70-80 мм. Обкатані уламки гірничих порід більшого розміру відносяться до валунів. Виділення гальки як крупної складової гравію державними стандартами на сировину й продукцію з неї не передбачено.

Відповідно в перелік корисних копалин загальнодержавного значення помилково включено частину продукту переробки корисної копалини, відносно піщано-гравійних порід – гальку, гравій, піщано-гальковий матеріал. У цьому переліку треба розглядати тільки природну корисну копалину, що відповідає визначенню в Класифікації: тобто, в розділі переліку корисних копалин "Сировина піщано-гравійна" слід залишити такі гірські породи: піщано-гравійна порода, гравійно-піщана порода, ракуша. Інше (гравій, галька, піщано-гальковий матеріал), що отримують з піщано-гравійних і гравійно-піщаних порід, не має нормативного визначення і критеріїв, які дозволяють їх розрізняти, або є продуктами переробки (фракціонування) цих корисних копалин і не повинні включатись у перелік.

#### **Список використаних джерел:**

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 12.12.1994 № 827 "Про затвердження переліків корисних копалин загальнодержавного та місцевого значення" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-94-%D0%BF>.

2. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 № 432 "Про затвердження Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text>.

3. Пошуки та розвідка родовищ корисних копалин: електронний підручник: / Омельчук О.В., Загнітко В.М., Курило М.М. – електронний ресурс ННІ "Інститут геології" – Режим доступу: [http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/poshuky\\_ta\\_rozvidka\\_RKK.pdf](http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/poshuky_ta_rozvidka_RKK.pdf).

4. Наказ ДКЗ від 25.06.2007 N 198 "Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ піску та гравію" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0819-07#Text>.

5. ДСТУ Б В.2.7-29-96 "Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт Класифікація" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY\\_ALL/DSYU1/dstu\\_b\\_v.2.7-29-96.pdf](https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSYU1/dstu_b_v.2.7-29-96.pdf).

6. ДСТУ Б В.2.7-32-95 "Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bud-kyiv.com.ua/wp-content/uploads/2019/02/27-32-95.pdf>.



## ГОЛОВНІ ПЕРЕДУМОВИ ОНОВЛЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАПАСІВ І РЕСУРСІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН ДЕРЖАВНОГО ФОНДУ НАДР УКРАЇНИ

*Литвинюк С.Ф., к. геол. н., lytvyniuksf@gmail.com,*

*Паюк С.О., golova@dkz.gov.ua,*

*Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна*

Класифікація є основою для контролю та управління запасами й ресурсами, складання прогнозів видобутку, бізнес-планів гірничодобувних підприємств державного та комерційного планування геологорозвідувальних робіт.

В роботі проаналізовано поточну редакцію Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр та запропоновані зміни, які зумовлені багатьма факторами (екологічними та соціально-економічними чинниками, зміни до законодавства, оновлення міжнародних класифікаційних систем, вплив та ін.).

Важливою умовою для підвищення привабливості гірничодобувної промисловості України є перехід на міжнародні стандарти звітності про запаси корисних копалин, що також потребує змін до Класифікації.

Запропоновані редакційні та термінологічні зміни покликані забезпечити вдосконалення нормативно-методичних підходів до підрахунку, геолого-економічної оцінки, державного обліку та звітності про використання запасів і ресурсів корисних копалин, згідно з рівнем їх соціально-економічного та промислового значення, ступенем деталізації проекту, технологічного вивчення і підготовленості родовищ (покладів) корисних копалин до промислового освоєння, ступенем геологічного вивчення та достовірності, а також основних принципів кількісної оцінки ресурсів корисних копалин.

**Ключові слова:** Класифікація, категорії запасів, підкатегорії запасів, РКООН.

## KEY PREREQUISITES FOR THE UPDATE OF THE CLASSIFICATION OF MINERAL RESERVES AND RESOURCES OF THE STATE SUBSOIL FUND OF UKRAINE

*Lytvyniuk S., PhD (Geol.), lytvyniuksf@gmail.com,*

*Paiuk S., golova@dkz.gov.ua,*

*State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine*

Classification is the foundation for control, reserve and resource management, preparation of production forecasts, business plans of mining enterprises, state and commercial planning of geological exploration works.

The current version of the Classification of Mineral Reserves and Resources of the State Subsoil Fund has been analyzed in this paper, and amendments that are caused by many factors (ecological and socio-economic factors, legislation amendments, updating of international classification systems, influence, etc.) have been suggested.

The transition to international standards for reporting on mineral reserves, which also requires the introduction of amendments to the Classification, is a crucial condition for increasing the attractiveness of Ukraine's mining industry.

Suggested editorial and terminological amendments are intended to ensure the improvement of regulatory and methodological approaches to calculation, geological and economic assessment, state accounting and reporting on the utilization of mineral reserves and resources, considering the degree of their socio-economic and commercial significance, the degree of detail, feasibility study and the preparedness of mineral deposits for commercial development, the degree of geological study and confidence, as well as the basic principles of quantitative assessment of mineral resources.

**Keywords:** Classification, categories of reserves, subcategories of reserves, UNFC.

**Вступ.** Історію розвитку та застосування класифікаційних систем запасів та ресурсів мінеральної сировини охарактеризовано в роботах як вітчизняних (Г.І. Рудька, В.І. Ловинюкова та ін.) [4], так і закордонних (Н.К. Taylor, М.К. Hubbert) фахівців [8, 9]. Перші практичні спроби систематизації запасів і ресурсів викопних корисних копалин (мінеральної сировини), її термінологія датуються кінцем XIX – початком XX ст. та застосовувалися гірничими інженерами Англії, Німеччини та США для родовищ викопних корисних копалин (вугілля, залізної руди, золота, срібла та ін.) й були пов'язані з промисловою революцією.

Еволюцію термінології категорій вивченості та достовірності мінеральної сировини описано в роботі Н.К. Taylor [9]. Вперше структурований розподіл корисних копалин був запропонований у 1902 р. Лондонським інститутом гірничої справи. Подальший розвиток

розподілу (класифікації) корисних копалин був відображений у проєктах 1903, 1905, 1907, 1909 та 1913 рр., що в основному, розглядались для вугілля та руд металів підземного способу видобутку («McKelvey box») і досі використовують у класифікаційних системах Комітету з міжнародних стандартів звітності по запасах твердих корисних копалин (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards, далі – Шаблон CRIRSCO).

Інший напрям розвитку класифікаційних систем, що використовують буквені індекси (А, В, С), був запропонований у 1910 р. на XI Міжнародному геологічному конгресі в Стокгольмі (Швеція). Широке застосування категорій відповідної деталізації геологічного вивчення було впроваджено на території колишнього СРСР.

У 1990-х роках у відповідь на побажання країн-членів щодо створення стандартної системи звітності Європейської економічної Комісії ООН (далі – ЄЕК ООН) взяла на себе ініціативу щодо розробки простої, зручної для користувачів та єдиної системи для класифікації запасів та ресурсів твердих горючих корисних копалин і мінеральної сировини. Результатом цих зусиль стало створення Міжнародної Рамкової Класифікації ООН запасів/ресурсів родовищ: тверді горючі копалини та мінеральна сировина (РКООН-1997), схваленої Економічною та Соціальною Радою ООН у 1997 році. У 2017 р. Комітет ЄЕК ООН зі сталої енергетики на своїй двадцять шостій сесії схвалив зміну назви Рамкової класифікації викопних енергетичних та мінеральних запасів та ресурсів ООН (РКООН-2009) на Рамкову класифікацію ресурсів ООН (далі – РКООН) [10].

У становленні систематизації та класифікації запасів та ресурсів мінеральної сировини України виділяються два основні етапи: перший, пов'язаний з періодом СРСР, – існування Української територіальної комісії по запасах корисних копалин (далі – УкрТКЗ); другий – охоплює час незалежності та переходу на нову методику оцінки й класифікації.

**Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр України.** У 1992 р. Указом Президента України, Постановою Кабінету Міністрів України, наказом Голови Державного комітету України по геології і використанню надр від 19.10.1992 № 68 УкрТКЗ була ліквідована, а з 21.10.1992 р. утворена Державна комісія України по запасах корисних копалин (далі – ДКЗ) при Державному комітеті України по геології і використанню надр.

Перше засідання колегії ДКЗ при Державному комітеті України по геології і використанню надр відбулось 12 листопада 1992 р.

Зі здобуттям незалежності на проміжному етапі (1992–1996) в Україні діяли класифікації корисних копалин колишнього СРСР (1981, 1983).

Перший варіант Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр (далі – Класифікація) був затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 № 432 [5]. Після затвердження Класифікації, постановами Кабінету Міністрів України вносились декілька разів зміни:

1. від 05.07.2004 № 850 (редакційні правки; введення понять спільно залягаючі корисні копалини, видобувних, важковидобувних та дотаційних запасів);

2. від 26.03.2008 № 264 (редакційні правки; коригування понять видобувних та дотаційних запасів; вилучення поняття важковидобувні запаси, введення поняття коефіцієнту рентабельності продукції гірничодобувного підприємства (промислу));

3. від 19.09.2018 № 764 (редакція пункту 8, введення розширеної таблиці категорій та кодів класів (14 замість 9)).

**Загальні положення.** Класифікація встановлює загальні (уніфіковані) для державного фонду надр України принципи визначення кількості, геолого-економічної оцінки, державного обліку та звітності про використання запасів і ресурсів корисних копалин згідно з рівнем їх економічного, соціального та промислового значення (вісь Е), ступенем техніко-економічного вивчення та підготовленості покладів корисних копалин до подальшого використання (вісь F), а також ступенем геологічного вивчення та достовірності (вісь G) згідно з категоріями РКООН.

Структура Класифікації має рамковий характер і застосовується для всіх видів корисних копалин. Застосування її до запасів і ресурсів конкретних видів мінеральної сировини визначається відповідними інструкціями ДКЗ, які розробляються і затверджуються в установленому порядку. Класифікація покликана забезпечувати оцінку родовищ (ділянок надр) згідно з вимогами раціонального, комплексного використання надр для задоволення потреб держави та суспільства у мінеральній сировині, охорони надр, безпеки людей, майна, навколишнього природного середовища при користуванні надрами.

**Характеристика поточної редакції Класифікації.** Запаси і ресурси корисних копалин, що характеризуються певними рівнями промислового значення (Ехх) і ступенями техніко-економічного (хFх) й геологічного вивчення (ххG), розподіляють на класи, які ідентифікують за допомогою трипорядкового цифрового коду (табл. 1).

Таблиця 1

**Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр України**

Категорії за рівнем економічного, соціального та промислового значення (вісь E)	Категорії за ступенем техніко-економічного вивчення та підготовленості до розробки (вісь F)		Категорії за ступенем геологічного вивчення та достовірності (вісь G)	Код класу України	Клас РКООН-2009
1. Балансові запаси (1..) E1 E1.1; E1.2	Запаси, що розробляються (F1.1), затверджені для розробки (F1.2) або для промислового освоєння (F1.3)	ГЕО-1 (.1.) F1	Розвідані запаси (...1) G1	111 достовірні	Комерційні запаси
			Розвідані запаси (...1) G1	121 вірогідні	
	Запаси обґрунтовані для розробки F2.1; F2.2	ГЕО-2 (.2.) F2	Попередньо розвідані запаси (...2) G2	122 вірогідні	
2. Умовно балансові і позабалансові запаси (2..) E2	Розробка запасів очікується, призупинена або нерентабельна	ГЕО-1 (.1.) F1 (F1.3)	Розвідані запаси (...1) G1	211	Можливо комерційні запаси
		ГЕО-2 (.2.) F2 (F2.1; F2.2)		221	
		Попередньо розвідані запаси (...2) G2	222		
3. Промислового значення запасів і ресурсів невизначено (3..) E3 E3.1; E3.2; E3.3	Розробка запасів і ресурсів не визначена	ГЕО-3 (.3.) F3	Розвідані запаси (...1) G1	331	Не комерційні запаси
			Попередньо розвідані запаси (...2) G2	332	
			Перспективні ресурси (...3) G3	333	Ресурси геолого-розвідувальних робіт
			Прогнозні ресурси (...4) G4	334	
	Залишкові (додаткові) у надрах запаси, що не видобуваються	F4	Розвідані запаси (...1) G1	341	Залишкові (додаткові) запаси і ресурси
			Попередньо розвідані запаси (...2) G2	342	
			Перспективні ресурси (...3) G3	343	
			Прогнозні ресурси (...4) G4	344	

За ступенем геологічного вивчення та достовірності (вісь G) запаси корисних копалин поділяються на дві категорії: розвідані (G1) та попередньо розвідані (G2); ресурси: перспективні (G3) та прогнозні (G4).

За ступенем техніко-економічного вивчення та підготовленості до розробки (вісь F) запаси корисних копалин поділяються на: запаси, що розробляються, затверджені для розробки або для промислового освоєння; запаси, обґрунтовані для розробки, розробка

запасів очікується, зупинена або нерентабельна; розробка запасів і ресурсів не визначена; залишкові (додаткові) у надрах запаси.

За рівнем промислового значення (вісь Е) запаси корисних копалин поділяють на групи: балансові, умовно балансові, позабалансові та з невизначеним промисловим значенням.

Відповідно до категорій та підкатегорій формуються класи запасів та ресурсів за РКООН:

- комерційні запаси (111, 121, 122);
- можливо комерційні запаси (211, 221, 222);
- некомерційні запаси (331, 332);
- ресурси геологорозвідувальних робіт (333, 334);
- залишкові (додаткові) запаси (341, 342) і ресурси (343, 344).

**Нормативно-правові передумови внесення змін до Класифікації.** Нормативно-правова політика України передбачає досягнення цілей сталого розвитку, забезпечення раціонального, комплексного використання ресурсних потреб суспільного виробництва, охорони надр, гарантування при користуванні надрами безпеки людей, майна та навколишнього природного середовища, а також охорону прав і законних інтересів підприємств, установ, організацій та громадян [1-3, 6].

Основним інструментом для оцінки родовищ корисних копалин та визначення рівня їх комерційної привабливості, промислового значення, геологічного вивчення, достовірності державного обліку є класифікації запасів і ресурсів корисних копалин. Класифікація є основою для контролю та управління запасами й ресурсами, складання прогнозів видобутку, бізнес-планів гірничодобувних підприємств державного та комерційного планування геологорозвідувальних робіт.

Законом України від 1 грудня 2022 року № 2805-IX "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами", який покликаний на створення прозорої, зручної та зрозумілої системи користування надрами, зменшення надмірного державного впливу на галузь, підвищення конкуренції та легалізації відносин у сфері користування надрами, внесено зміни до ряду законодавчих актів, зокрема, і до Кодексу України про надра, що викликає необхідність оновлення усіх підзаконних актів [1, 6].

З часу затвердження Класифікації відбулися істотні зміни інших класифікаційних систем, таких як РКООН, Класифікація Комітету з міжнародних стандартів звітності по запасам твердих корисних копалин (Шаблон CRIRSCO) та Система управління вуглеводневими ресурсами Товариства інженерів – нафтовиків (SPE PRMS) [7, 10].

Розроблювані у поточний час в Україні реформи в галузі користування надрами спрямовуються на удосконалення умов для діяльності гірничодобувних компаній та залучення інвесторів до гірничодобувної промисловості. Важливою умовою для підвищення привабливості гірничодобувної промисловості України є перехід на міжнародні стандарти звітності про запаси корисних копалин, що також потребує змін до Класифікації.

**Запропоновані зміни та їх характеристика.** Як зазначалось вище, запропоновані зміни до Класифікації зумовлені багатьма факторами (зміни до законодавства, оновлення міжнародних класифікаційних систем та ін.).

Серед врахованих факторів, які зумовили зміни, слід виділити екологічні та соціально-економічні чинники (умови), що під час проведення державної експертизи матеріалів ГЕО іноді мають визначальний вплив на класифікацію запасів і ресурсів корисних копалин. До таких умов належать, виявлені під час експертизи геопросторових даних, наявність в межах площі спеціального дозволу природних та штучно створених об'єктів природно-заповідного фонду України (природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, ботанічні сади, дендрологічні парки та ін.), ліній електропередач,



газопроводів, території населених пунктів, наявність старих гірничих виробок, територій порушених нелегальним видобутком та ін.

В комплексі всі фактори та умови оцінки зумовили внесення змін до Класифікації у частині редакційного характеру, термінології та розширення визначень категорій та підкатегорій.

**Редакція.** З метою приведення текстової частини Класифікації до вимог інших законодавчих актів та фактичних умов порядку проведення державної експертизи, запропоновані редакційні та стилістичні правки відповідних положень. Всього запропоновано понад 30 правок, у тому числі вилучення положень, які втратили актуальність під час ГЕО або регламентуються іншими законодавчими актами.

**Термінологія та розширені визначення категорій та підкатегорій.** Під час внесення останніх змін до Класифікації (постанова КМУ від 19.09.2018 № 764 ), крім додаткових кодів класів, до зведеної таблиці пункту 8 додатково були включені відповідні підкатегорії за рівнем економічного, соціального та промислового значення (вісь E – E1.1; E1.2; E3.1; E3.2; E3.3) та за ступенем техніко-економічного вивчення та підготовленості до розробки (вісь F – F1.1; F1.2; F1.3; F2.1; F2.2).

З метою однозначного розуміння класифікаційних категорій, під час опрацювання матеріалів геолого-економічної оцінки запасів та ресурсів корисних копалин та проведення державної експертизи, пропонуються розширені визначення категорій і підкатегорій за відповідним напрямом оцінки (табл. 2).

Таблиця 2

**Розширені визначення категорій та підкатегорій**

Категорія / підкатегорія	Визначення
<b>За рівнем економічного, соціального та промислового значення (вісь E)</b>	
E1	Балансові – запаси корисних копалин ділянки надр, для яких на момент проведення геолого-економічної оцінки, згідно з техніко-економічними розрахунками та/або матеріалами фінансової звітності, доведено, що коефіцієнт рентабельності продукції гірничодобувного підприємства (розрахунковий та/або фактичний) є достатнім для економічно ефективного видобування корисних копалин на такій ділянці надр
E1.1	Видобувні запаси – рентабельність виробничої діяльності гірничодобувного підприємства (промислу), що проектується, визначена ДКЗ, є достатньою за умови раціонального використання технічних засобів і технологій та дотримання вимог щодо охорони надр і навколишнього природного середовища
E1.2	Дотаційні запаси – ефективність видобутку і використання корисних копалин гірничодобувним підприємством (промислом), що проектується, визначена ДКЗ, можлива тільки за умови надання користувачу надр податкових пільг, субсидій, дотацій або інших видів підтримки за рахунок державного чи місцевого бюджетів
E2	Умовно балансові – запаси, ефективність видобутку і використання яких на момент оцінки не може бути однозначно визначена, а також запаси, що відповідають вимогам до балансових запасів, але з різних причин не можуть бути використані на момент оцінки Позабалансові – запаси корисних копалин з ділянки надр, для яких на момент проведення геолого-економічної оцінки, згідно з техніко-економічними розрахунками та/або матеріалами фінансової звітності, доведено, що коефіцієнт рентабельності продукції (мінеральної сировини) гірничодобувного підприємства (розрахунковий та/або фактичний) мав рівень, недостатній для економічно ефективного видобування корисних копалин на такій ділянці надр
E3	Запаси і ресурси корисних копалин, промислове значення яких не визначено, кількості корисних копалин для яких геолого-економічна оцінка не виконана або виконана тільки початкова геолого-економічна оцінка, що не дозволяє визначити їх промислове значення
E3.1	Запаси і ресурси, що будуть видобуті, але не будуть продані, до яких належать кількості корисних копалин, що використовуються для внутрішніх потреб видобувного підприємства під час видобутку та підготовки сировини до реалізації
E3.2	Запаси і ресурси, економічна доцільність видобутку і реалізації яких не може бути визначена через нестачу геологорозвідувальної та іншої інформації
E3.3	Запаси і ресурси, що на підставі реалістичних оцінок поточних та майбутніх ринкових умов визнані як непридатні для рентабельного видобутку та реалізації в доступному для огляду майбутньому
<b>За ступенем техніко-економічного вивчення та підготовленості до розробки (вісь F)</b>	
F1	Запаси, що розробляються, затверджені для розробки або для промислового освоєння
F1.1	Запаси корисних копалин розробка яких проводиться в даний час
F1.2	Запаси на основі яких затверджено проєкт промислової розробки, здійснюються капітальні



	вкладення у його реалізацію
F1.3	Запаси, що затверджені для промислового освоєння. Дослідження підтверджують технічну здійсненність розробки
F2	Запаси, обґрунтовані до розробки
	Запаси, розробка яких очікується, зупинена або нерентабельна
F2.1	Запаси підготовлені до розробки
F2.2	Запаси розробка яких призупинена
F2.3	Запаси розробка яких недоцільна
F3	Запаси і ресурси корисних копалин, технічна здійсненність розробки яких не визначена через обмеженість даних
F4	залишкові (додаткові) у надрах запаси, що не видобуваються

Крім того, вперше до Класифікації введено поняття терміну «проект», який широко використовується під час застосування класифікаційної системи РКООН. З урахуванням узагальненої геолого-промислової характеристики родовищ державного фонду надр України запропоновано таке визначення:

«Проект – комплекс дій (заходів) з геологічного вивчення або промислового освоєння корисної копалини ділянки надр. Під Проектом може розумітися експлуатація свердловини, розробка окремого покладу або родовища, поступовий розвиток розробки родовища або спільна розробка одного чи кількох родовищ з єдиною системою облаштування».

Відповідно до класів РКООН розрізняють життєздатні проекти, потенційно життєздатні проекти та нежиттєздатні проекти.

### **Висновки**

Основним інструментом для оцінки родовищ корисних копалин та визначення рівня їх комерційної привабливості, промислового значення, геологічного вивчення, достовірності державного обліку є класифікації запасів і ресурсів корисних копалин.

Класифікація є основою для контролю та управління запасами й ресурсами, складання прогнозів видобутку, бізнес-планів гірничодобувних підприємств державного та комерційного планування геологорозвідувальних робіт.

Запропоновані зміни до Класифікації зумовлені багатьма факторами (зміни до законодавства, оновлення міжнародних класифікаційних систем та ін.).

Важливою умовою для підвищення привабливості гірничодобувної промисловості України є перехід на міжнародні стандарти звітності про запаси корисних копалин, що також потребує змін до Класифікації.

Запропоновані зміни покликані забезпечити вдосконалення нормативно-методичних підходів до підрахунку, геолого-економічної оцінки, державного обліку та звітності про використання запасів і ресурсів корисних копалин згідно з рівнем їх соціально-економічного та промислового значення, ступенем деталізації проекту, технологічного вивчення і підготовленості родовищ (покладів) корисних копалин до промислового освоєння, ступенем геологічного вивчення та достовірності, а також основних принципів кількісної оцінки ресурсів корисних копалин

### **Список використаних джерел:**

1. Положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин (1994). Постанова Кабінету Міністрів України від 22.12.1994 р. № 865 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/865-94-%D0%BF#Text>

2. Порядок обліку родовищ, запасів і проявів корисних копалин : постанова Кабінету Міністрів України від 31.01.1995 № 75

3. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах Затверджено Наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин 07.12.2005 N 300

4. Кирилюк О.В., Рудько Г.І., Ловинюков В.І., Григіль В.Г., Нецький О.В., Литвинюк С.Ф., Бала В.В., Курило М.М., Ткаченко М.В. (2019) Надрокористування в Україні. Київ-Чернівці: Букрек.

5. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр. (1997). Постанова Кабінету Міністрів України № 432 від 05.05.97. *Офіційний вісник України*, 19, 104.
6. Кодекс України «Про надра» від 27.07.1994 р. № 132/94. (1994). Відомості Верховної Ради України, 36, 340.
7. International reporting template for the public reporting of exploration targets, exploration results, mineral resources and mineral reserves. (2019) *The CRIRSCO International Reporting Template*. (available online: <https://www.criirSCO.com/template/>).
8. Hubbert, M. K. (1962) Energy resources: a report to the Committee on Natural Resources of the National Academy of Sciences. *National Research Council. United States*: N. p., Web.
9. Taylor, H. K. (1991). Ore reserves – the mining aspects; *Trans. Inst. Min. Metall.*, v. 100, pp. 146–158.
10. United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019). (available online: [https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E\\_ECE\\_ENERGY\\_109\\_WEB.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf)).

## ДІЯЛЬНІСТЬ ДНВП «ГЕОІНФОРМ УКРАЇНИ» В УМОВАХ РЕФОРМУВАННЯ ГАЛУЗІ НАДРОКОРИСТУВАННЯ

*Бовсунівський П.В., к. політ. н., доцент, p.bovsunivskyi@geomail.kiev.ua,  
ДНВП «Геоінформ України», Київ, Україна*

Доповідь присвячена висвітленню діяльності ДНВП «Геоінформ України» в умовах проведення реформи галузі надрокористування. Автор аналізує зміни, що відбулися в законодавстві та інформує про впроваджені підприємством послуги, що стали її наслідком. Надається коротка характеристика деяких з них та результати їх виконання.

**Ключові слова:** реформа галузі надрокористування, геопросторові дані, вартість активу, послуги, Геоінформ України.

## ACTIVITIES OF SRDE GEOINFORM OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF SUBSURFACE MANAGEMENT REFORM

*Bovsunivskyi P., Cand. Sci. (Pol.), Assoc. prof., p.bovsunivskyi@geomail.kiev.ua,  
SRDE Geoinform of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

The speech describes activities of SRDE Geoinform of Ukraine in the conditions of subsurface management reform. The author analyzes legislation amendments and informs about the services introduced by the Enterprise as their consequence. A brief description of some of them and the results of their implementation is provided.

**Keywords:** subsurface management reform, geospatial data, asset value, services, Geoinform of Ukraine.

Реформування галузі надрокористування шляхом зміни профільного законодавства з метою його дерегуляції та осучаснення значною мірою вплинуло на діяльність державного-науково виробничого підприємства «Державний інформаційний геологічний фонд України» (ДНВП «Геоінформ України»), що входить до складу Держгеонадр. Цифровізація адміністративних послуг, підвищення відкритості та прозорості сфери надрокористування, запровадження в галузі World Geodetic System 1984 (WGS-84), встановлення вимог до опрацювання геопросторових даних родовищ, проявів та контурів спеціальних дозволів, відміна гірничого відводу, лібералізація обігу спецдозволів, запровадження «малого надрокористування» [1] та багато інших змін суттєво вплинули на діяльність надрокористувачів та створили попит на низку послуг незатребуваних раніше.

Серед головних новацій реформи стало офіційне запровадження світової геодезичної системи координат WGS-84, яка врегулювала питання законодавчого визначення системи, яка використовується в надрокористуванні. Система координат 42 року (СК-42), що використовувалася раніше не є офіційно встановленою до використання в Україні. Застосування сучасної системи координат дозволило активніше впроваджувати геоінформаційні технології, що значно підвищило вимоги до точності геопросторових даних родовищ та спецдозволів. Для встановлення геопросторових даних родовищ, що розвідувалися в попередні роки Підприємством була запроваджена послуга «Визначення координат кутових точок актуального плану підрахунку запасів або технологічного контуру розробки (по бровці розкриття) в системі WGS-84» [2]. Визначення геопросторових даних відбувається за графічними матеріалами звітів, що знаходяться на постійному державному зберіганні. Практична робота показала, що не завжди графічні матеріали підрахунку запасів, що знаходяться зберіганні дозволяють чітко встановити межі родовища. Причиною цьому є недостатня точність прив'язки об'єкта в матеріалах звіту або зміна ситуації на місці, що обумовлено часом, що пройшов з моменту складання звітних матеріалів. З метою

врегулювання таких ситуацій, у тісній співпраці з Державною комісією України по запасах корисних копалин (ДКЗ), було розроблено та запропоновано послугу «Підготовка матеріалів на розгляд ДКЗ з метою уточнення геопросторових даних розвіданих родовищ та технологічного контуру відпрацювання запасів у системі WGS-84 (без проведення повторної експертизи матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин)» [2]. За результатами отримання згаданої послуги надрокористувач може подати до ДКЗ матеріали з метою затвердження уточнених геопросторових даних родовища. Даний механізм є актуальним і для надрокористувачів, що потребують визначення технологічного контуру в умовах скасування гірничого відводу, для забезпечення раціонального використання надр та відпрацювання всіх затверджених запасів в межах ліцензійної ділянки.

Лібералізація обігу спеціальних дозволів на користування надрами створило ринок їх продажу. Це в свою чергу підвищило попит на низку послуг, що стосуються купівлі-продажу активу. Реагуючи на потреби замовників ДНВП «Геоінформ України» розробило послугу щодо визначення вартості спеціального дозволу на користування надрами на дату відчуження шляхом укладення договору купівлі-продажу частини прав, передбачених спеціальним дозволом на користування надрами, внесення частини таких прав, як вкладу до статутного капіталу або у спільну діяльність згідно статті 16<sup>1</sup> Кодексу України про надра чи розміру платежів при отриманні спецдозволу на підставі с. 16<sup>2</sup> Кодексу України про надра або початкової ціни продажу спецдозволу на аукціоні [3]. В межах цієї роботи проводиться розрахунок вартості спецдозволу на користування надрами відповідно до вимог Методики визначення початкової ціни продажу на аукціоні спеціального дозволу на право користування надрами, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 15.10.2004 р. № 1374 [4]. В результаті надання послуги замовник отримує незалежну оцінку вартості спеціального дозволу на момент розрахунку, що може бути підставою для визначення ціни зазначеної в угоді купівлі-продажу спецдозволу або обґрунтування частки в статутному капіталі у разі внесення такого дозволу як частки або інформацію про розмір платежів при отриманні спецдозволу.

Також у нагоді можете стати «Послуга з проведення геологічного «due diligence» об'єкта інвестування у разі продажу, злиття (поглинання), початку співпраці з суб'єктом господарювання, що є власником спеціального дозволу». Під час її надання здійснюється перевірка обсягу поточних залишкових запасів (ресурсів) родовища відповідно до їх категорії / кодів класу, відомості про списання, прирости та перерозподіл запасів родовища, проводиться аналіз видів задекларованої товарної продукції, що встановлено кондиціями на конкретну мінеральну сировину родовища (ділянки надр), перевірка відповідності геопросторових даних контуру підрахунку запасів, технологічного контуру кар'єру координатам зазначеним у спецдозволі та реальному місцю проведення робіт, перевірка відповідності місця проведення планованої діяльності зазначеної в у висновку з оцінки впливу на довкілля (ОВД) контуру спецдозволу. Створюється ситуаційний план диспозиції спеціальних дозволів, незаліцензованих об'єктів надрокористування, заяв на отримання спецдозволів, зареєстрованих форм 3-ГР по відношенню до об'єкта перевірки. Здійснюється перевірка стану дії спецдозволу (поточний стан, історія зупинок дії дозволу та їх причини), надається інформація про стан виконання програми робіт передбаченої угодою про умови користування надрами та інформація щодо внесення змін до програми робіт, інформація про стан виконання робіт та досліджень з геологічного вивчення надр (РДГВН) передбачених формою 3-ГР. Проводиться перевірка права власності на геологічну інформацію та гірничі виробки (нафтові та газові свердловини, артезіанські свердловини), готується інформації про земельні ділянки в межах

спеціального дозволу, здійснюються контролю щодо наявності об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ), Смарагдової мережі, водоохоронних зон, тощо в межах ліцензійної ділянки. Проводиться оцінка вартості активу згідно Методики визначення початкової ціни продажу аукціоні спецдозволу на користування надрами.

За результатом проведення контролів інвестор отримує об'єктивне уявлення про об'єкт інвестування його перспективність, що включає в себе геологічну оцінку та інформацію про можливі ризики пов'язані з виконанням чи не виконанням умов надрокористування. Дана послуга стане в нагоді потенційним інвесторам перед початком купівлі бізнесу, здійсненням операції злиття (приєднання), підписанням контракту або співпраці з надрокористувачем. Також продавець активу може замовити послугу для підтвердження добросовісності та якості активу.

Вже тривалий час користуються попитом послуги з перевірки запропонованого замовником об'єкта надрокористування щодо можливості отримання спеціального дозволу на користування надрами без або з проведенням аукціону та складання інформаційної довідки щодо підготовленості об'єкту до виставлення на аукціон. За результатами перевірки замовнику надається інформація про можливість або неможливість отримання спеціального дозволу на користування надрами на об'єкт, який він розглядає, зокрема дані про наявність /відсутність спецдозволу на ділянці надр, стан вивченості ділянки (наявність/відсутність затверджених запасів корисних копалин), інформацію щодо можливих природоохоронних обмежень для отримання спецдозволу [2].

У разі позитивного результату перевірки замовник може отримати підготовлений пакет документів, що значно спростить і прискорить подання заяви до Держгеонадр через електронний кабінет надрокористувача. У разі виявлення під час складання довідки будь-яких невідповідностей характеристик заявленого об'єкту, заявнику буде запропоновано внести зміни для приведення у відповідність законодавству, що мінімізує ризик відмови у розгляді.

Також, з метою розширення спектру послуг, що надаються потенційним інвесторам ДНВП «Геоінформ України» розробило та впровадило «Послугу з проведення передпроектного моніторингу ділянки надр, що пропонується для отримання спеціального дозволу на користування надрами через електронний аукціон».

Перелік контролів, що проводяться під час надання послуги включає: перевірка відповідності якості корисної копалини об'єкта надрокористування визначеної в протоколі затвердження запасів сучасним технологічним вимогам, наявність на території спеціального дозволу на користування надрами охоронних зон об'єктів природно-заповідного фонду визначених в ст. 39, 40 Закону України «Про природно-заповідний фонд України». Надається інформація про наявність земельних ділянок, зареєстрованих у Держземкадастрі із зазначенням форми їх власності та призначення відповідно до оновлених даних Держземкадастру, наявність прибережних захисних смуг по берегах річок та навколо водойм в межах ділянки надр відповідно до ст. 88 Водного кодексу України, наявності поруч джерел техногенного забруднення, в сумі з якими техногенне навантаження об'єкту надрокористування перевищить допустимі норми, наявність зон санітарної охорони водних об'єктів у районах забору води для централізованого водопостачання населення, лікувальних та оздоровчих потреб відповідно до Постанови КМУ від 18.12.1998 № 2024 «Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів», наявність санітарно-захисних зон, встановлених для населених пунктів відповідно до Додатку № 4 до Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.96 р. № 173 (розділ Підприємства по видобуванню руд та нерудних копалин). Здійснюється перевірка наявності охоронних зон



електричних мереж, встановлених відповідно до ст. 24 Закону України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів», наявності охоронних зон магістральних трубопроводів, трубопроводів середнього та низького тиску, встановлених відповідно до ст. 11 Закону України «Про трубопровідний транспорт», наявності зон охорони об'єктів культурної спадщини, встановлених відповідно до ч. 2 ст. 54 Земельного кодексу України, ст. 32 Закону України «Про охорону культурної спадщини», наявності зон охорони вздовж авто і залізничних шляхів та інших об'єктів транспорту, встановлених відповідно до ст. 73 Земельного кодексу України, ст. 11, 23 Закону України «Про транспорт», ст. 6 Закону України «Про залізничний транспорт». Перевіряється наявність зон охорони ліній та інших об'єктів зв'язку, встановлених відповідно до ст. 75 Земельного кодексу України, ст. 25 Закону України «Про електронні комунікації», постанова КМУ від 29.01.1996 № 135 «Про затвердження Правил охорони ліній електрозв'язку», наявність зон охорони об'єктів гідрометеорологічної діяльності, встановлених відповідно до ст. 13 Закону України «Про гідрометеорологічну діяльність», постанови КМУ від 11.12.1999 № 2262 «Про затвердження Порядку встановлення охоронних зон навколо об'єктів, призначених для гідрометеорологічних спостережень та інших видів гідрометеорологічної діяльності та режиму їх використання», наявність зон охорони геодезичних пунктів, встановлених відповідно до ст. 22 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», постанови КМУ від 08.11.2017 № 836 «Про затвердження Порядку охорони геодезичних пунктів»; наявність на території спеціального дозволу на користування надрами видів рослинного і тваринного світу, які підлягають особливій охороні та занесені до Червоної книги України, що вимагає дій, передбачених ст. 10 Закону України «Про Червону книгу України» [2].

За результатом надання послуги замовник отримує інформацію про чинники, які можуть суттєво обмежити або унеможливити користування надрами в межах спеціального дозволу, який пропонується для отримання через аукціон. Послуга виконується шляхом аналізу наявних в ДНВП «Геоінформ України» та доступних у відкритих джерелах даних щодо присутності на території майбутнього спеціального дозволу чинників, які обмежують або унеможливають надкористування. За домовленістю для отримання інформації у місцевих органах влади, установах і підприємствах, а також для визначення ситуації на місці в район розташування спеціального дозволу можуть відряджатися спеціалісти Підприємства.

Таким чином, ДНВП «Геоінформ України» суттєво розширив перелік послуг, що затребувані надкористувачами після удосконалення законодавства у сфері користування надрами, здійснює їх постійне оновлення та працює над підвищенням якості наданих послуг.

#### **Список використаних джерел:**

1. Закон України № 2805-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2805-20#Text>
2. Перелік платних послуг ДНВП «Геоінформ України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://geoinf.kiev.ua/wp/index.html>
3. Кодекс України про надра [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text>
4. Методика визначення початкової ціни продажу на аукціоні (електронних торгах) спеціального дозволу на право користування надрами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1374-2004-%D0%BF#Text>

## **ІНТЕГРАЦІЯ УКРАЇНИ У ГЛОБАЛЬНІ СИРОВИННІ ЛАНЦЮГИ: ВИКЛИКИ ВОЄННОГО ЧАСУ ТА РЕГУЛЯТОРНІ БАР'ЄРИ**

*Оринчак К.<sup>1</sup>, pressgeo16@gmail.com,*

*Фалькович О.Л.<sup>2</sup>, к. геол. н., falkovich.oleksii@gmail.com,*

*1 – Національна асоціація добувної промисловості України, Київ, Україна,*

*2 – ТОВ «Геологічна сервісна компанія, ГСК», Київ, Україна*

Досліджено вплив деглобалізації та глобальних екологічних тенденцій на розвиток української добувної промисловості в умовах війни. Особливу увагу приділено ролі критичних сировинних ресурсів у формуванні економічних і безпекових стратегій ЄС та України. Висвітлено ключові проблеми українського законодавства у сфері надрокористування, а також визначено регуляторні перепони, що стримують інтеграцію України в глобальні виробничі ланцюги. Запропоновані шляхи гармонізації національної нормативної бази з європейськими стандартами, зокрема з Carbon Border Adjustment Mechanism та Critical Raw Material Act.

## **INTEGRATION OF UKRAINE INTO GLOBAL RAW MATERIAL CHAINS: WARTIME CHALLENGES AND REGULATORY BARRIERS**

*Orynychak K.<sup>1</sup>, pressgeo16@gmail.com,*

*Falkovich O.<sup>2</sup>, candidate of Geological Sciences, falkovich.oleksii@gmail.com,*

*1 – National Association of the Extractive Industry of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Geological Service Company LLC, Kyiv, Ukraine*

The impact of deglobalization and global environmental trends on the development of the Ukrainian mining industry in the conditions of war is studied. Particular attention is paid to the crucial role of critical raw materials in forming the EU and Ukraine's economic and security strategies. The fundamental problems of Ukrainian legislation in the field of subsoil use are highlighted, as well as the regulatory obstacles preventing Ukraine's integration into global production chains are identified. Proposed ways of harmonizing the national regulatory framework with European standards, in particular with the Carbon Border Adjustment Mechanism and the Critical Raw Material Act.

Серед надважливих питань, що постали перед нашою державою після початку збройної агресії стали процеси в сферах залучення внутрішніх та зовнішніх інвестицій, підтримки стабільної роботи добувного бізнесу в умовах військового стану, а також інтеграція вітчизняних виробничих ланцюгів у нову економічну логіку. Формуючими факторами зазначених процесів є передусім деглобалізація світової економіки та зацікавленість конкуруючих блоків у побудові надійної архітектури економічної та екологічної безпеки. Мінеральні ресурси в такі часи стають не просто джерелом національного прибутку, а й фундаментом для побудови власних безпекових стратегій. Адекватне та гармонізоване регуляторне середовище при цьому стає обов'язковим аспектом для реалізації власних амбіцій.

Екологічний перехід, або декарбонізація економіки, є однією з ключових глобальних тенденцій, спрямованих на зменшення залежності від викопного палива та перехід до чистих джерел енергії. Однак цей процес вимагає значних обсягів критичної сировини, яка необхідна для виробництва високотехнологічної продукції, від електромобілів до відновлюваних джерел енергії. Найважливіші з таких ресурсів включають рідкоземельні елементи, літій, кобальт та інші рідкісні метали. Проблема полягає в тому, що постачання цих ресурсів надзвичайно концентроване в географічному плані: більшість критичної сировини видобувається в кількох країнах, і значна частина виробництва контролюється компаніями, які знаходяться поза межами партнерських країн, таких як КНР або РФ. [4]

Ця висока залежність від імпорту створює суттєві геополітичні ризики для партнерських країн, зокрема для ЄС та США. Обидві економіки стають вразливими до глобальних коливань цін, змін у політичній ситуації або навіть торгових обмежень. Це особливо гостро проявилось під час енергетичної кризи, коли країни, такі як РФ, використовували енергетичні ресурси як інструмент впливу на геополітичній арені. [1] [5]

Для пом'якшення цих ризиків ЄС впровадив низку законодавчих змін, спрямованих на підвищення безпеки постачання критичних ресурсів. Одним із важливих заходів є стратегія "Fit for 55", що передбачає зменшення викидів парникових газів на 55% до 2030 року порівняно з рівнем 1990 року та досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Однак, для досягнення цих цілей, ЄС значною мірою залежить від імпорту критичної сировини. [3]

Історичний досвід показує, наскільки небезпечною може бути залежність від постачання сировини. У 2010 році Китай, використовуючи своє домінуюче становище на ринку рідкоземельних елементів, заборонив їх експорт до Японії в рамках геополітичного конфлікту. Хоча обсяги імпорту цих матеріалів були відносно невеликими за вартістю (близько \$154 мільйонів), заборона загрожувала суттєвими економічними збитками для японської промисловості, що сильно залежала від цих елементів.

Подібні виклики існують і сьогодні для ЄС. Наприклад, у 2020 році Європейський Союз імпортував понад 98% своїх рідкоземельних елементів з Китаю та 78% літію з Чилі. Крім того, Австралія постачала 53% світового видобутку літію, що ще більше посилює залежність від обмеженої кількості постачальників. Така концентрація ринків ставить під загрозу стабільність постачань критичної сировини для ЄС, що може завадити реалізації його екологічних і кліматичних цілей. [6]

Таким чином, сучасна стратегія ЄС передбачає диверсифікацію постачань та розвиток власного видобутку та переробки сировини, аби зменшити залежність від нестабільних ринків і забезпечити стабільне постачання матеріалів, необхідних для екологічного переходу. [2]

Ми пропонуємо також розглянути суто специфічні проблеми України в ситуації воєнного стану та після його закінчення. Багато надрокористувачів фактично зупинили роботи по виконанню програм робіт на своїх об'єктах. Це викликано невизначеністю подальших подій, відтоку внутрішніх інвестицій, які переорєнтовані на воєнні потреби, відсутність кваліфікованих спеціалістів, які призвані до лав армії або виїхали за кордон. Закордонні інвестори, які готові були заходити в освоєння таких проектів, знаходяться в стадії очікування.

Держава прийняла рішення про призупинення виконання програм робіт з освоєння рудних проектів на час дії воєнного стану та на пів року після його закінчення, але цього часу для поновлення всього ланцюга освоєння рудних об'єктів дуже замало.

Так, наприклад, Анадольське родовище рідкісноземельних елементів знаходиться у Волноваському районі Донецької області, де практично знищена вся інфраструктура і повністю відсутня кваліфікована робоча сила. При складанні планів освоєння цього проекту враховувались всі наявні фактори (електроенергія, автомобільне та залізничне сполучення і таке інше). Після завершення воєнного стану, необхідно складання нового проекту освоєння родовища, який враховує аспекти відновлення території.

Ми пропонуємо збільшити норму призупинення програм робіт по родовищам рудних корисних копалин до 2 років після завершення воєнного стану і підходити до кожного проекту з врахуванням особливостей геологічного вивчення, знищення територій та таке інше.

І все ж таки основним вбачається процес євроатлантичної інтеграції, який передбачає не просто гармонізацію національного законодавства з законодавством ЄС, але і приведення власних безпекових стратегій до спільного знаменника з союзницьким блоками. В сфері ефективного поводження з мінеральними ресурсами та сталого розвитку для нас надважливими є європейські Carbon Border Adjustment Mechanism та Critical Raw Material Act. Ці фундаментальні акти визначають дизайн та логіку існування вітчизняної галузі критичної сировини на десятиліття вперед. Отже, в цьому контексті варто розглянути низку регуляторних перепонів, що стримують гармонізацію національного законодавства України відповідно до вищезазначених європейських стратегій:

**1) В законодавстві відсутні конкретні визначення понять «критична сировина» та «стратегічна сировина». Відповідно, без понятійної основи і її юридичного виокремлення**

неможливе прийняття окремих спеціальних норм чи окремого закону (а, отже, і відповідних програм стимулювання і підтримки).

**2) Відсутній спеціальний закон про стратегічну та критичну сировину,** аналогічний, наприклад, до закону в ЄС (European Critical Raw Material Act). Тому, відповідно, неможливе ефективне формування і регулювання політики у цій сфері, запровадження податкових стимулів, особливого дозвільного режиму і тд.

**3) Відсутні конкретні переліки видів критичної та стратегічної сировини:** на сьогодні в українському законодавстві лише у рішенні РНБО від 16.07.2021 визначено певний перелік і лише стратегічної сировини (37 видів). Необхідні конкретні переліки на рівні закону (а краще - підзаконного нормативно-правового акту, для можливості оперативної актуалізації), а також критерії відбору до цих переліків, порядок їх формування і регулярної актуалізації (наприклад, затверджує КМУ раз на 3 чи 5 років, як це пропонувалося у проекті нового Кодексу про надра. [8])

**4) Обмеження у доступі та оперуванні відомостями про запаси** корисних копалин у зв'язку з їх віднесенням до державної таємниці (згідно наказу СБУ від 23.12.2020 № 383). Це фактично блокує виконання Меморандуму з ЄС, як і будь-яку можливість оперування інформацією, ознайомлення з нею банків, інвесторів, сервісних компаній, оцінки запасів за міжнародними стандартами, стримує інвестиції. Рішенням РНБО від 19.03.2021 КМУ було доручено розглянути питання скасування грифу секретності і подати пропозиції СБУ (приклад – в лютому 2020 секретність вже знімали з берилію). Проте досі цього не виконано, позиція міністерств – до кінця воєнного стану це недоцільно.[10]

**5) Ініціювання аукціонів з продажу спецдозволів заблоковано.** Проведення аукціонів на ділянки з покладами стратегічної сировини внаслідок змін до порядку проведення аукціонів юридично прив'язано до факту наявності затвердженого урядом вичерпного переліку, власне, цих ділянок надр. Таким чином, у разі бажання інвестора не чекати оголошення аукціону і обирати із запропонованих ділянок, а самостійно номінувати іншу, цікаву саме йому ділянку, це буде можливо лише після внесення відповідних змін до переліку ділянок, затвердженого постановою КМУ. Це ускладнює і дуже затягує процедуру, обмежує ініціативу бізнесу. Аналогічно – з переліками ділянок стратегічних надр, спецдозволи на які надаватимуться через конкурс на укладення угоди про розподіл продукції (УРП).

**6) Проведення аукціонів з продажу спецдозволів заблоковано.** Адже, якщо перелік ділянок на конкурси з укладення УРП уряд встиг затвердити, то перелік ділянок на аукціон досі відсутній і весь процес поставлено на паузу. Позиція відповідальних органів – до кінця воєнного стану це недоцільно, неможливо гарантувати безпеку і доступ до ділянок для інвесторів лише з дружніх країн, ефективність робіт буде знижена і тд. Таким чином, незрозуміло, чи взагалі будуть надаватися дозволи по 37 видам корисних копалин до кінця війни. На сьогодні вже є кілька випадків відмов від Держгеонадр у ініціюванні аукціону через відсутність ухваленого відповідного переліку ділянок надр.

**7) Відсутній будь-який механізм підтримки і стимулу не лише видобування, а й переробки та виготовлення продукції в Україні.** Приклад - інвестор, який вже створив діюче виробництво продукції з корисних копалин на місці видобутку і бажає отримати нову ділянку для його продовження і розширення, повинен знову йти на аукціон і ризиковано змагатися та витрачати кошти у процесі торгів. У разі програшу – ділянка може перейти до покупця, що буде просто експортувати сировину або взагалі перепродати дозвіл, натомість створювач доданої вартості залишиться без сировини для виробництва, що не стимулює його інвестувати.

**8) Відсутність податкових та фінансових стимулів для індустріальних парків -** для добувної промисловості виключено право на: 1) звільнення від ПДВ на нове обладнання та комплектуючі у рамках інвест. проекту (Податковий Кодекс, розділ V 197.28-1); 2) звільнення на 10 років від податку на прибуток у разі його реінвестування у проект (Податковий Кодекс,



розділ III стаття 142.4.). Митні пільги, що передбачені для індустріальних парків, є несуттєвими для надкористувачів, УКТЗЕД необхідно доповнити кодами устаткування, першочергово необхідним для надкористувачів. [9]

**9) Застарілість та недостовірність результатів колишньої геологорозвідки.** Україна відчуває гострий дефіцит розвіданих запасів корисних копалин, у тому числі стратегічних. Основні родовища розвідані з часів СРСР, нові розробки проводяться на основі розвідки того ж періоду. Держава змушена довірити вивчення нових родовищ власним підприємствам, які у жахливому стані; до війни це було катастрофічно недофінансовано, а через війну практично все державне фінансування припинено. І все частішими є випадки, коли держава або не має нових перспективних лотів для аукціону, або виставляє такі, розвідка по яких проводилася ще за СРСР і на сьогодні їх геоінформація безнадійно застаріла. В результаті інвестор сплачує колосальні кошти за дозвіл, вкладає кошти у пробне буріння і виявляє, що на ділянці відсутні запаси заявленої економічної рентабельності. Механізм повернення коштів відсутній, єдиний шлях – судові спори.

**10) Відсутність стимулів для приватної геологорозвідки.** В Україні відсутній якісний і цікавий для потужних компаній ринок геологічної розвідки і недостатньо стимулів для зацікавлення приватних компаній. Адже геологічне вивчення є дуже ризикованим, витратним, а спецдозвіл надто складно та дорого отримати. Фактично єдиний стимул для інвестицій у геологічне вивчення – якщо інвестор сьогодні має спецдозвіл на вивчення і за свої кошти вивчив та затвердив запаси, то потім протягом 3 років матиме право на подання заяви на отримання надалі цієї ж ділянки для видобування без змагання на аукціоні. Проте і від цього права після змін до законодавства у 2023 році і запровадження лише «наскрізних» дозволів майже нічого не лишиться у майбутньому, лише можливість продовжити через 20 років «наскрізний» спецдозвіл для подальшого видобування. Уряд взяв курс на повний перехід на електронні аукціони з продажу спецдозволів, проте аукціони не стимулюють бізнес до геологічного вивчення, особливо на маловивчених об'єктах, а підготовка до аукціонів, в тому числі повторних, є досить тривалою, а самі вони витратні. Все частіші випадки, коли багаторазові повторні аукціони не призводять до продажу дозволу.

**11) Тривала та складна процедура оформлення землі для потреб надкористування.** В Україні правові інститути, що регулюють користування поверхнею землі та надрами під нею, розірвані між собою, регулюються різним законодавством, і набуття спецдозволу на надра не гарантує, що можна приступити до робіт – земельна ділянка не надається разом зі спецдозволом.

**12) Кредитно-страхова підтримка експорту мінеральної сировини відсутня.** Відповідно до Закону України «Про фінансові механізми стимулювання експортної діяльності» державне Експортно-кредитне агентство (ЕКА) проводить надання держпідтримки експорту шляхом страхування, перестраховування, гарантування, часткової компенсації відсоткової ставки за експортними кредитами. Але згідно частини 2 статті 8 цього Закону ЕКА не здійснює підтримку експорту товарів за кодами згідно з УКТЗЕД, за якими зазначено саме корисні копалини. Відповідно, експортери стратегічної сировини не можуть скористатися механізмами підтримки. [7]

Поступове опрацювання цих проблем є невідкладним та пріоритетним завданням Уряду в галузі надкористування та є запорукою успішного державно-приватного партнерства у добувній сфері, зокрема в сфері видобутку та перероблення критичної сировини.

#### **Список використаних джерел:**

1. Banque du France Publications: Matières premières critiques : dépendances et vulnérabilités de l'UE – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.banque-france.fr/system/files/2023->



11/Critical%20raw%20materials%20the%20dependence%20and%20vulnerabilities%20of%20the%20EU.pdf

2. European Commission. ANNEXES to the Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for Ensuring a Secure and Sustainable Supply of Critical Raw Materials and Amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020; European Commission: Brussels, Belgium, 2023.

3. European Commission. *European Green Deal*; Publications Office of the European Union: Brussels, Belgium, 2019; p. 24.

4. European Commission: Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Grohol, M. and Veeh, C., *Study on the critical raw materials for the EU 2023 – Final report*, Publications Office of the European Union, 2023, <https://data.europa.eu/doi/10.2873/725585>

5. International Energy Agency Global Critical Minerals Outlook 2024 – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf>

6. U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2024 – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024-appendixes.pdf>

7. Закон України «Про фінансові механізми стимулювання експортної діяльності» – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3497-20>

8. Кодекс України про Надра – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text>

9. Податковий кодекс України – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text>

10. УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ №122/2021 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 19 березня 2021 року "Щодо стану справ у сфері надрокористування" – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.president.gov.ua/documents/1222021-37669>

## НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТАРИФНОЇ ПОЛІТИКИ В ГАЗОПОСТАЧАННІ ЗАДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-СОЦІАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

*Метешоп І.М., metoshop07@ukr.net@gmail.com;*

*Степанюк О.С., olha.stepaniuk@nung.edu.ua;*

*Шийко В.І., vnkShiyko@gmail.com;*

*Дуб С.І., softiadub@gmail.com,*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
Івано-Франківськ, Україна*

Розглянуто шляхи вдосконалення тарифної політики в газопостачанні з метою підвищення інформаційно-соціальної безпеки. Проаналізовано існуючі проблеми в сфері тарифоутворення та їхній вплив на соціально-економічну стабільність. Запропоновано підходи, що сприяють прозорості та справедливості тарифів, зокрема через залучення громадськості до обговорення та прийняття рішень. Особлива увага приділена важливості забезпечення доступу до актуальної інформації для споживачів. Впровадження рекомендованих заходів сприятиме зміцненню довіри між споживачами та постачальниками, а також зменшенню соціальної напруги.

## DIRECTIONS FOR IMPROVING TARIFF POLICY IN GAS SUPPLY TO ENSURE INFORMATION AND SOCIAL SECURITY

*Metoshop I., metoshop07@ukr.net@gmail.com;*

*Stepaniuk O., olha.stepaniuk@nung.edu.ua;*

*Shiyko V., vnkShiyko@gmail.com;*

*Dub S., softiadub@gmail.com,*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The article explores ways to improve tariff policy in gas supply with the goal of enhancing information and social security. The existing problems in tariff formation and their impact on socio-economic stability are analyzed. Approaches that promote transparency and fairness in tariffs are proposed, particularly through involving the public in discussions and decision-making processes. Special attention is given to the importance of providing consumers with access to up-to-date information. The implementation of the proposed measures will help strengthen trust between consumers and suppliers, as well as reduce social tensions.

**Вступ.** У сучасних умовах цифрової трансформації та глобалізації енергетичних ринків питання тарифоутворення на послуги з постачання природного газу стає все більш складним і чутливим до зовнішніх і внутрішніх загроз. Неправильне або необґрунтоване формування тарифів може призвести до значних соціальних, економічних та політичних ризиків, а також порушити довіру суспільства до енергетичної системи. Процеси тарифоутворення стикаються з ризиками кібератак, несанкціонованого доступу до даних, маніпуляцій інформацією та іншими загрозами, які можуть викликати спотворення даних, економічні втрати та підірив стабільності енергетичної інфраструктури. Інформаційна безпека є ключовим інструментом для уникнення небезпеки та забезпечення прозорості процесу тарифоутворення. Вона включає захист даних від несанкціонованого доступу, забезпечення конфіденційності інформації, а також моніторинг та аудит процесів для виявлення аномалій і загроз [1].

**Актуальність.** Сфера газопостачання є критичною для енергетичної безпеки країни, а правильне формування тарифної політики безпосередньо впливає на добробут громадян, стабільність бізнесу та економічний розвиток. В умовах цифрової трансформації постає необхідність забезпечення не лише економічної ефективності тарифів, але й їхньої інформаційної та соціальної безпеки.

**Мета.** Визначити та обґрунтувати напрями вдосконалення тарифної політики в газопостачанні, що сприятимуть підвищенню рівня інформаційної прозорості та соціальної справедливості, забезпеченню захисту прав споживачів, а також мінімізації ризиків, пов'язаних

із недосконалостями у власності інфраструктури та інформаційною безпекою, для досягнення стабільності і довіри до тарифоутворення у сфері газопостачання.

**Результати.** Дослідження процесу тарифоутворення в газопостачанні було спрямоване на ідентифікацію ключових проблем та викликів, які впливають на формування тарифів, а також на визначення шляхів їх вдосконалення з урахуванням інформаційної та соціальної безпеки. Спершу було проведено систематичний огляд наукової літератури та нормативно-правових актів, що регулюють тарифоутворення в Україні. Це включало аналіз методик розрахунку тарифів на газ, регулювання ринку газу, а також соціальних і економічних чинників, які впливають на процес споживання природного газу [2]. Для проведення дослідження застосовувалися різноманітні кількісні та якісні методи. Кількісний аналіз базувався на обробці статистичних даних, таких як ціни на газ, обсяги споживання і фінансові показники газопостачальних компаній. Якісні методи включали інтерв'ю та опитування серед споживачів, експертів і представників газорозподільних компаній з метою збору інформації про їхні потреби та очікування. Одним із важливих методів було також використання кейс-стаді, що дало змогу дослідити конкретні випадки тарифоутворення в різних регіонах України.

Дослідження охоплювало як міські, так і сільські населені пункти, що дозволило виявити відмінності в процесі тарифоутворення залежно від специфіки інфраструктури, економічного стану регіонів та рівня розвитку мереж. На основі зібраних даних було проведено порівняльний аналіз української моделі тарифоутворення з міжнародним досвідом, що допомогло виявити успішні практики інших країн. Особливу увагу було приділено питанням власності інфраструктури, яка в деяких регіонах була частково профінансована домогосподарствами [3]. Це виявило значний вплив на формування тарифів, оскільки не всі внески домогосподарств враховуються в розрахунках. Додатково досліджувалися аспекти інформаційної безпеки, зокрема захист даних та вплив прозорості інформації на довіру споживачів до процесу встановлення тарифів. Було також піднято питання соціальної справедливості, адже тарифна політика не завжди враховує потреби соціально вразливих категорій населення, що викликає соціальну нерівність у різних регіонах. У табл. 1 наведено основні проблеми, які були ідентифіковані в процесі дослідження проблем тарифоутворення на газопостачання.

**Таблиця 1**

**Проблеми тарифоутворення на газопостачання та напрями їх вирішення**

Проблеми	Рішення
1. Непрозорість тарифоутворення	Впровадження відкритих платформ для публікації інформації щодо методології розрахунку тарифів. Забезпечення доступу споживачів до даних про структуру тарифів.
2. Проблема власності інфраструктури	Проведення інвентаризації газорозподільної інфраструктури. Врахування внесків домогосподарств у тарифоутворенні, надання їм пільг або компенсацій.
3. Відсутність соціальної справедливості	Введення соціально-орієнтованих тарифів для вразливих категорій населення. Розробка програм субсидування для малозабезпечених домогосподарств.
4. Застаріла інфраструктура	Залучення інвестицій у модернізацію газових мереж. Розробка довгострокових планів з оновлення інфраструктури з мінімальним впливом на тарифи.
5. Недостатня інформаційна безпека	Впровадження сучасних технологій захисту даних, таких як шифрування, багаторівнева автентифікація та системи кібербезпеки для запобігання маніпуляціям.
6. Політичний вплив на тарифоутворення	Створення незалежних регуляторних органів, які забезпечать об'єктивний підхід до встановлення тарифів на основі економічних розрахунків.

7. Недостатня інтеграція сучасних технологій	Впровадження цифрових платформ для автоматизації розрахунку тарифів та моніторингу витрат. Використання технологій для підвищення ефективності управління даними.
8. Відсутність ефективного регулювання і контролю	Посилення нагляду за діяльністю газопостачальних компаній, впровадження механізмів регулярного аудиту та контролю прозорості тарифоутворення.
9. Соціальна нерівність між регіонами	Запровадження регіональних тарифів, що враховують місцеві економічні умови та доступність інфраструктури. Надання державної підтримки для сільських регіонів.
10. Відсутність діалогу зі стейкхолдерами	Організація регулярних консультацій із зацікавленими сторонами, включаючи споживачів, для врахування їхніх потреб при встановленні тарифів.

*Джерело: сформовано автором на основі проведених досліджень [1-8]*

У дослідженні процесу тарифоутворення на послуги з постачання природного газу було виявлено кілька ключових проблем, кожна з яких була детально опрацьована, а також надано рекомендації щодо їх вирішення. Це забезпечило комплексний підхід до розробки шляхів вдосконалення тарифної політики, зокрема врахування соціальних, економічних і технологічних аспектів. Основними проблемами, що були ідентифіковані, є непрозорість тарифоутворення, проблема власності газової інфраструктури, соціальна несправедливість у нарахуванні тарифів, застарілість інфраструктури, недостатня інформаційна безпека, політичний вплив на процес встановлення тарифів, недостатня інтеграція сучасних технологій, проблеми регулювання і контролю, соціальна нерівність між регіонами та недостатня комунікація зі стейкхолдерами. Дослідження зосереджувалося на кожній із цих проблем, надаючи рішення для їх усунення та підвищення ефективності та прозорості тарифоутворення [4].

Однією з головних проблем, що була ідентифікована в дослідженні, є непрозорість процесу тарифоутворення. Споживачі часто не мають доступу до інформації щодо структури тарифу та механізмів його формування. Відсутність зрозумілих і відкритих даних щодо основних складових тарифу створює недовіру серед населення, знижує рівень підтримки газопостачальних компаній і призводить до соціальної напруги.

Для вирішення цієї проблеми було рекомендовано впровадити відкриті платформи для публікації інформації про методологію розрахунку тарифів. Це включає надання детальних звітів щодо кожної складової тарифу, таких як вартість видобутку, транспортування, розподілу та інших операційних витрат. Крім того, варто забезпечити доступ до цих даних у зручному для споживачів форматі, що дозволить зрозуміти, за що вони сплачують, і мінімізує можливість маніпуляцій та неточностей у розрахунках.

Друга важлива проблема стосується власності газорозподільної інфраструктури. У багатьох регіонах домогосподарства та місцеві громади робили значні інвестиції в будівництво газових мереж, щоб прискорити процес газифікації. Однак це не завжди враховується при встановленні тарифів, що призводить до подвійного фінансового навантаження на споживачів. Вони не лише інвестували у створення інфраструктури, але й продовжують сплачувати тарифи, до складу яких входять витрати на амортизацію цієї інфраструктури. Було рекомендовано провести інвентаризацію власності газорозподільних мереж і враховувати внески домогосподарств у тарифоутворенні. Це може включати надання пільг або компенсацій для тих домогосподарств, які фінансували будівництво мереж. Такий підхід сприятиме зниженню тарифного навантаження на цих споживачів і підвищить соціальну справедливість у процесі тарифоутворення [5-7].

Третя проблема полягає в тому, що діюча тарифна політика не завжди враховує можливості різних груп населення, особливо соціально вразливих категорій. У багатьох випадках тарифи є єдиними для всіх споживачів, що створює дисбаланс і посилює соціальну

нерівність. Соціально незахищені верстви населення, зокрема пенсіонери, малозабезпечені сім'ї та особи з інвалідністю, можуть не мати достатніх фінансових можливостей для сплати високих тарифів. Для вирішення цієї проблеми було запропоновано впровадити соціально орієнтовані тарифи, що враховуватимуть фінансовий стан споживачів. Це може передбачати зниження тарифів для певних категорій населення, надання субсидій або знижок для тих, хто потребує фінансової підтримки. Такий підхід дозволить зменшити навантаження на соціально вразливі категорії та сприятиме підвищенню соціальної справедливості у сфері газопостачання.

Значна частина газорозподільних мереж в Україні є застарілою і потребує модернізації. Це створює додаткові витрати на обслуговування та експлуатацію, які закладаються в тариф, що призводить до його постійного зростання. Водночас, недостатня модернізація інфраструктури може призвести до частих аварій, перебоїв у постачанні та підвищення втрат природного газу під час транспортування. Було рекомендовано залучати інвестиції в модернізацію газової інфраструктури, зокрема за рахунок міжнародних фінансових організацій або через державно-приватне партнерство. Для цього потрібно розробити довгострокову програму оновлення мереж з мінімальним впливом на тарифи для споживачів. Також варто впроваджувати сучасні технології моніторингу та управління інфраструктурою для підвищення її надійності та ефективності.

Проблема недостатньої інформаційної безпеки є важливою в контексті прозорості тарифоутворення та захисту даних. Недоліки в інформаційних системах можуть призвести до маніпуляцій, витоку конфіденційної інформації або до зовнішніх загроз, таких як кібератаки. Це може негативно вплинути як на постачальників, так і на споживачів, підриваючи довіру до системи тарифоутворення. Для вирішення цієї проблеми було запропоновано впровадити сучасні технології захисту інформації, включаючи шифрування даних, багаторівневу автентифікацію та системи моніторингу безпеки. Це дозволить забезпечити надійний захист від кібератак і зберегти конфіденційність інформації, що використовується в процесі тарифоутворення.

Тарифоутворення на послуги газопостачання часто піддається впливу політичних рішень. У деяких випадках тарифи коригуються відповідно до політичних мотивів, що може призвести до їх заниження або завищення. Це спотворює реальну вартість послуг і може негативно впливати на фінансову стабільність газопостачальних компаній. Було рекомендовано створити незалежні регуляторні органи, які будуть відповідати за об'єктивне та прозоре формування тарифів, з урахуванням виключно економічних факторів. Це дозволить знизити політичний вплив на тарифоутворення та забезпечити справедливе регулювання ринку.

Ще однією проблемою, яку було виявлено, є недостатня інтеграція сучасних технологій в процес тарифоутворення. Використання застарілих систем обліку та управління може призводити до неточностей у розрахунках тарифів і підвищення витрат на їх адміністрування. Рішенням цієї проблеми є впровадження цифрових платформ для автоматизації розрахунків, обліку та моніторингу тарифів. Це дозволить зменшити вплив людського фактора, підвищити точність даних і забезпечити більш ефективно управління тарифною політикою.

Існуючі регуляторні механізми не завжди забезпечують належний рівень контролю за процесом тарифоутворення. Це може створювати можливості для корупції або маніпуляцій у встановленні тарифів, що впливає на справедливість системи. Для вирішення цієї проблеми було запропоновано посилити регулювання діяльності газопостачальних компаній і запровадити регулярні аудити для перевірки обґрунтованості тарифів. Також варто впровадити чіткіші процедури контролю за виконанням тарифних зобов'язань, що забезпечить їх відповідність реальним витратам.

Ще однією проблемою є соціальна нерівність у встановленні тарифів між різними регіонами України. У деяких областях тарифи можуть бути значно вищими, що обумовлено технічними та економічними факторами, а також різним рівнем розвитку інфраструктури. Для



вирішення цієї проблеми було рекомендовано впровадити механізми крос-субсидювання між регіонами, що дозволить зменшити різницю в тарифах. Це сприятиме вирівнюванню соціально-економічної ситуації між регіонами та забезпечить рівні можливості для доступу до газопостачання для всіх споживачів [8].

Останньою проблемою, яку було виявлено, є недостатня комунікація між газопостачальними компаніями та їхніми стейкхолдерами. Споживачі часто не мають достатньої інформації про зміни у тарифній політиці, що викликає нерозуміння і спротив. Рекомендацією є створення ефективних каналів комунікації зі споживачами, через які вони зможуть отримувати актуальну інформацію про тарифи, структуру їх формування та механізми коригування.

В умовах сучасного розвитку енергетичних ринків та стрімкої діджиталізації світових економік використання штучного інтелекту (ШІ) стає надзвичайно важливим для забезпечення ефективності, прозорості та справедливості у різних сферах, зокрема у тарифоутворенні на газопостачання. Зростаючий обсяг даних, необхідність швидкого аналізу складних процесів та постійні зміни на енергетичних ринках вимагають нових підходів до управління тарифами. Традиційні методи більше не відповідають вимогам сучасності, що підштовхує до впровадження інноваційних технологій, таких як ШІ, для оптимізації рішень та підвищення гнучкості процесів. Важливо враховувати, що ШІ не лише підвищує ефективність роботи, але й сприяє підвищенню рівня інформаційної безпеки, забезпечує соціальну справедливість у розподілі тарифного навантаження, а також дозволяє адаптуватися до мінливих умов ринку. Тому впровадження ШІ в процес тарифоутворення є не лише актуальним, але й необхідним кроком для забезпечення стабільності та надійності газопостачання в сучасних умовах.

Також у процесі проведених досліджень було розроблено економіко-математичну модель тарифоутворення на постачання природного газу, яка враховує значну кількість факторів, зокрема частку приватної власності у структурі основних засобів газорозподільних мереж. Особливо важливою ця модель є для регіонів, де частину інфраструктури було профінансовано приватними домогосподарствами у процесі газифікації населених пунктів. Врахування частки приватної власності у моделі дозволяє забезпечити більш справедливий розподіл тарифного навантаження, сприяє прозорості процесу та підвищенню довіри з боку споживачів. Це також дає змогу ефективніше враховувати інтереси різних стейкхолдерів, таких як приватні інвестори та домогосподарства, що забезпечує більш стійке функціонування системи газопостачання і відповідність тарифів реальним умовам.

**Висновки.** На завершальному етапі дослідження були сформульовані основні висновки щодо ідентифікованих проблем у процесі тарифоутворення. Вони включали рекомендації з підвищення прозорості та соціальної справедливості тарифної політики, впровадження сучасних технологій інформаційної безпеки та пропозиції щодо компенсацій для домогосподарств, які вкладали власні кошти у будівництво газової інфраструктури. Результати дослідження показали, що вдосконалення тарифоутворення вимагає комплексного підходу, який включає як технологічні інновації, так і соціальні та економічні реформи для забезпечення стабільності та безпеки у сфері газопостачання.

#### **Список використаних джерел:**

1. Шекета В.І., Шийко В.І., Петришин Р.І. Аналіз ринку природного газу для прогнозування газопостачання. Соціально-економічні та енергетичні проблеми розвитку країн: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпро, 11-12 травня 2023р. Дніпро, 2023. С. 33-36. <https://www.oktanprint.cz/p/sotsialno-ekonomichni-ta-energetychni-problemy-rozvytku-krajin-23/>
2. Гораль Л.Т., Метошоп І.М., Олійник А.П., Шийко В.І. Дослідження залежності макроекономічної стабільності від змін ринку природного газу. Економічна безпека: держава, регіон, підприємство: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 17 травня 2023, С. 102-106. <https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2023/vii-ebdrp/zbirnik-2023.pdf>

3. Гораль Л.Т., Шийко В.І., Чернова О.Т., Шкварилюк М.В. Тенденційні зміни структури стейкхолдерів газопостачальної галузі. Інноваційні енерготехнології: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 11 – 15 вересня, С. 13-15

4. Гораль Л.Т., Шекета В.І., Шийко В.І. Вплив тарифної політики в газопостачання на інформаційну та соціальну безпеку в сучасному суспільстві. VIII науково-практична конференція “Надрокористування в Україні. перспективи інвестування: матеріали конференції, м. Львів, 9-12 жовтня 2023, С. 368-371. [https://conf.dkz.gov.ua/files/2023\\_materials\\_net.pdf](https://conf.dkz.gov.ua/files/2023_materials_net.pdf)

5. Гораль Л.Т., Шийко В.І., Шекета В.І. Проблематика власності газової мережі в Україні та її імпакт на формування тарифу на постачання природного газу. Актуальні проблеми соціально-економічних систем в умовах трансформаційної економіки: Збірник наукових статей за матеріалами ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції (11 – 12 квітня 2024 р.). – Дніпро: ІПБТ УДУНТ, 2024. – 102-106 ст.

6. Гораль Л.Т., Шийко В.І., Степанюк О.С., Хом’як О.В. Актуалізація питання досконалення методів оцінки стану та власності газової мережі задля соціально-відповідального тарифоутворення. Сучасні тенденції розвитку фінансових та інноваційно-інвестиційних процесів в Україні. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції 1-2 березня 2024 року : збірник наукових праць [Електронний ресурс]. – Вінниця: ВНТУ, 2024. – 27-31 ст. ISBN 978-617-8163-07-5 (PDF)

7. Metoshop I., Metoshop O. The impact of tariff formation on the sustainable development of the gas sector of Ukraine. PHILOSOPHY, ECONOMICS AND LAW REVIEW. Volume 3, no. 2, 2023. P. 89-103. [https://phelr.dduvs.in.ua/wp-content/uploads/files/3\\_2/PhELR\\_2-2023-89-103.pdf](https://phelr.dduvs.in.ua/wp-content/uploads/files/3_2/PhELR_2-2023-89-103.pdf)

8. Metoshop I., Metoshop O. The impact of tariff formation on the sustainable development of the gas sector of Ukraine. PHILOSOPHY, ECONOMICS AND LAW REVIEW. Volume 3, no. 2, 2023. P. 89-103. [https://phelr.dduvs.in.ua/wp-content/uploads/files/3\\_2/PhELR\\_2-2023-89-103.pdf](https://phelr.dduvs.in.ua/wp-content/uploads/files/3_2/PhELR_2-2023-89-103.pdf)

## **ЦИФРОВА ЕПОХА: ЯК КІБЕРАТАКИ ЗАГРОЖУЮТЬ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ?**

*Петренко А.С., apetrenko68@gmail.com,  
Асоціація газовидобувних компаній України, місто Київ, Україна*

Стрімкий розвиток цифрових технологій кардинально змінює не лише економіку, а й усе суспільство. Але попри переваги і вигоди, які б здавалося є беззаперечними, існує й інша сторона. Люди, бізнес, країни стають вразливішими, адже з кожним роком використання цифрових інновацій як зброї зростає і під удар може потрапити кожен. Сучасна війна триває не лише на полі бою, а й у кіберпросторі. І все частіше і більше під прицілом - критична інфраструктура, зокрема енергетичні системи по всьому світу, які зазнають безперервних кібератак, збоїв і зламів. У цій статті проаналізовано, чому хакери полюють на нафтогазовидобуток, який вплив мають злони на бізнес, економіку та звичайних громадян.

## **DIGITAL AGE: HOW DO CYBER ATTACKS THREATEN OIL AND GAS PRODUCTION?**

*Petrenko A., apetrenko68@gmail.com,  
Association of Gas Producers of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

The rapid development of digital technologies is fundamentally changing not only the economy but society as a whole. However, despite the advantages and benefits that may seem indisputable, another side exists. People, business, and countries are becoming more vulnerable, as each year the use of digital innovations as weapons increases, and anyone can come under attack. Modern warfare continues not only on the battlefield but also in cyberspace. Increasingly, critical infrastructure - particularly energy systems worldwide - is under target, suffering continuous attacks, disruptions and breaches. This article analyzes why hackers are hunting oil and gas production and the impact breaches have on businesses, the economy, and ordinary citizens.

Повномасштабне російське вторгнення в Україну суттєво сколихнуло весь цивілізований світ. І цифровий в тому числі. Одна з найбільших консалтингових компаній Accenture повідомила, що 97% опитаних організацій в 14-ти країнах помітили зростання кіберзагроз з початку великої війни, що демонструє глибокий вплив геополітичної напруженості на безпеку в мережі. Більшість експертів, які займаються вивченням цифрових загроз зазначають, що сьогоднішні атаки стали масштабнішими й витонченішими, ніж будь-коли раніше, і переломний момент настав саме тоді, коли РФ розпочала бойові дії проти України. Дослідження Cybersecurity Ventures розкриває просто вражаючі цифри: торік кожні 39 секунд у світі відбувалася одна кібератака, що зводилося до понад 2200 в день. Тож, під прицілом сьогодні всі – і бізнес, і державні установи, і звичайні громадяни.

### **Кібератаки на нафтогазовидобуток – питання «коли», а не «якщо»**

2022 рік став рекордним за кіберінцидентами, які були спрямовані на енергетику, нафтову і газову інфраструктуру, повідомляє S&P Global. Було зафіксовано щонайменше 13 випадків, що стало найвищим річним показником за шість років. Ймовірно, ця цифра могла бути вищою, адже компанії можуть публічно не говорити про проблеми із захистом, хіба що їх наслідки мають величезні масштаби. Торік, за даними Єврокомісара з питань внутрішнього ринку Тьєрі Бретона, було зареєстровано понад 200 кіберінцидентів на енергетичний сектор. І більше половини спрямовувалося саме на Європу.

Дослідження DNV Energy Cyber Priority 2023 показує, що нафтогазовидобувна індустрія почала більше інвестувати в кібербезпеку через геополітичну напруженість та занепокоєння щодо вразливості в епоху нових цифрових загроз. 62 % опитаних підприємств повідомили, що торік збільшили капіталовкладення в цифровий захист, якщо порівнювати з роком раніше. Більшість визнають, що на сьогодні кібератаки на галузь – це питання «коли», а не «якщо».

Найсвіжіший приклад трапився в серпні 2024-го. Під удар хакерів потрапила найбільша в світі нафтосервісна компанія Halliburton. Фахівці виявили, що неавторизована третя сторона отримала доступ до деяких систем підприємства. Кіберзлочинці вимагали викуп за розблокування, і компанії довелося тимчасово вимкнути певні системи, щоб

запобігти подальшому поширенню загрози. Інцидент спричинив збої та обмежений доступ до частин бізнес-додатків підприємства.

Скільки коштів хотіли хакери та чи платила компанія що-небудь вимагачам – наразі невідомо. Але кібератака не пройшла безслідно. На початку вересня Halliburton, у заяві до Комісії з цінних паперів і бірж США підтвердила, що її дані були викрадені. До слова, публічні компанії зобов'язані повідомляти Комісію, як того вимагає американське законодавство, коли відбуваються надзвичайні події. Масштаби та потенційний вплив кібератаки на бізнес оцінюється, але зазначається, що компанія понесла певні витрати і не виключає, що вони можуть продовжитися. Відразу після того, як стало відомо про збитки через серпневу атаку, акції компанії впали на 4% до найнижчого рівня за більш ніж рік.

### **Цифрова атака як один з елементів війни**

Хакери полюють на компанії нафтогазовидобувної галузі через те, що енергетична інфраструктура має вирішальне значення для сучасної економіки. Удар по сектору забезпечує ефект лавини, що впливає на різні індустрії й виходить далеко за межі звичайної кібератаки з метою отримання бажаного викупу. В наш час – це спроба шантажу й нагнітання паніки.

Так було акурат напередодні повномасштабного вторгнення росії в Україну.

Наприкінці січня 2022-го, коли весь світ знаходився в очікуванні чогось неминучого і в повітрі витала стурбованість, зокрема, і через енергобезпеку, хакери атакували низку компаній в Європі включно з нафтопереробним центром Амстердам-Роттердам-Антверпен (ARA). Під удар потрапили Oiltanking і Mabanafт у Німеччині, SEA-Invest у Бельгії та Evos в Нідерландах. За даними Platts, під час кібератаки постраждало 17 терміналів, 11 з яких – в Німеччині. Тоді, на щастя, глобального колапсу не сталося, але наслідки все ж були відчутні. Поки компанії усували проблеми, їм довелося призупинити деякі операції, скоротити потужності, а кілька нафтових танкерів перенаправити в інші порти. Затримки поставок становили близько тижня.

Цей неприємний інцидент викликав серйозне занепокоєння в ЄС щодо безпеки енергетичних систем у період стрімкого зростання цін на енергоносії та геополітичної напруженості. Політики і депутати остаточно зрозуміли, що настав час посилювати заходи, щоб захистити критично важливу інфраструктуру.

Впродовж кількох місяців тривала робота над модернізацією Правил кібербезпеки ЄС, які оновили Директивою NIS2. Документ з 18 жовтня 2024 року стане обов'язковим до виконання для всіх країн-членів і встановлює жорсткіші зобов'язання у питанні управління ризиками, звітності та обміну інформацією. Компанії з різних секторів економіки змушені документувати свою стратегію кібербезпеки, а недотримання або невиконання зобов'язань щодо звітності передбачає великі штрафи. Для великих підприємств і тих, які належать до об'єктів життєзабезпечення суми можуть становити €7-10 млн. Нафтогазова інфраструктура серед основних у списку до яких будуть застосовуватися нові Правила кібербезпеки.

### **\$4,4 млн викупу – історія найгучнішої кібератаки на сектор**

Та не можна говорити, що хакерські зломи – це щось нове і з'явилося лише з початком великої війни. Ще в 2016-му, за даними консалтингової компанії Deloitte, енергетичний сектор став другим за рівнем схильності до кібератак. Тоді в США більше половини нафтогазових компаній зіштовхнулися щонайменше з одним кібернападом. Це пов'язували з розвитком цифровізації сектору і запровадженням новітніх технологій у зборі інформації, розрахунках і моніторингу.

Найбільш відомий і найзухваліший інцидент трапився в травні 2021 року. Він став наймасштабнішою кібератакою на нафтову інфраструктуру в історії США, та й загалом у світі. За даними ЗМІ, це також була найбільша цифрова операція з викупу, про яку коли-небудь повідомляли.

Американська трубопровідна система Colonial Pipeline була атакована групою хакерів, які, ймовірно, знаходилися в росії. Саме по цьому трубопроводу доставляється бензин,

дизельне і авіа пальне з Техасу до Нью-Йорку. Для розуміння масштабу, Colonial Pipeline забезпечує близько 45% пального, яке споживається на східному узбережжі США, а Техас є лідером серед штатів за видобутком нафти.

Кіберзлочинцям вдалося зламати систему Colonial Pipeline, трубопровід не працював близько тижня. І це, незважаючи на той факт, що протягом кількох годин після атаки компанія заплатила хакерам викуп у розмірі майже 75 біткойнів (\$4,4 млн) в обмін на інструмент дешифрування, який, як потім виявилось, був дуже повільним й малоефективним. Тут варто зазначити, що згодом Мін'юст повідомив, що йому вдалося частково повернути викуп. Йшлося про 63.7 біткойна, але їх вартість на момент відновлення становила лише \$2,3 млн.

Одна з найгучніших кібератак, яка, як кажуть, почалася зі зламаною особистого пароля співробітника, призвела до справжнього колапсу. На тлі паніки в кількох штатах почався дефіцит пального на АЗС, середні ціни зросли до найвищого рівня з 2014 року, American Airlines тимчасово змінила розклад рейсів, а Президент Джо Байден оголосив надзвичайний стан. Дійшло навіть до того, що Комісія з безпеки споживчих товарів США радила людям «не наповнювати поліетиленові пакети бензином», а профільні міністри застерегли громадян від накопичення бензину.

Ця кібератака підкреслила вразливість критичної інфраструктури і наглядно показала, як завдяки одному удару можна паралізувати економіку і життя тисяч людей. Після інциденту було розроблено Директиву TSA для власників і операторів трубопроводів, а також низку стандартів з метою кіберстійкості.

### **Людина vs технології**

На сьогодні основними інструментами кіберзлочинців є фішинг та інфікування шкідливим програмним забезпеченням. Все популярнішими також стають атаки, які націлені на ланцюги поставок ПЗ, тобто весь процес виготовлення та реалізації продукції. Основною метою кіберзлочинців є отримання прибутку, тож вони все ретельніше шукають слабкі місця. Очікується, що глобальні збитки від кіберзлочинності зростатимуть на 15% щорічно і досягнуть \$10,5 трлн на рік до 2025-го.

Абсолютна більшість цифрових зломів у світі, як зазначають спеціалісти, відбувається через помилку людини. А саме – ненадійні паролі, невчасне встановлення оновлень безпеки ПЗ, відкриття фішингових електронних листів, розкриття конфіденційної інформації. Безперервне навчання і програми підвищення обізнаності для співробітників мають важливе значення для зменшення цифрових ризиків, пов'язаних із людськими помилками.

Але й це не панацея, адже на арені з'явилися новітні технології. Штучний інтелект і машинне навчання відіграватимуть значну роль як у кібератаках, так і в кіберзахисті в цьому й наступних роках. Приміром, ШІ може стати у нагоді, щоб ефективно захиститися від нападу, збільшуючи в разі можливості швидкого виявлення і редагування. Але в той же час штучний інтелект, в руках умілого хакера, полегшує автоматизацію та здатність здійснювати широкомасштабні атаки.

### **В полі зору хакерів – вся Україна**

Російська війна проти України ведеться не лише на полі бою, а й цифровому просторі. Найвища інтенсивність та складність атак спостерігалися напередодні повномасштабного вторгнення і в перші місяці. Але свій кібернаступальний потенціал росія почала створювати задовго до 24 лютого 2022-го.

В 2015-2016 рр. були здійснені перші атаки на енергосистему з виведенням її із ладу. Під удар потрапило кілька енергопостачальних компаній, що призвело до вимкнення світла десяткам тисяч споживачів в країні. Через рік – в червні 2017-го – Україна стала епіцентром масової атаки вірусом Petya. Жертвами знову стали енергопідприємства, а також аеропорти, Чорнобильська АЕС, урядові сайти, Київський метрополітен, Національний банк, інші фінансові установи тощо. Причиною зараження комп'ютерів, за даними кіберполіції, ймовірно було оновлення програмного забезпечення бухгалтерської програми М.Е.Дос, яку використовують підприємства, що працюють з документами українського уряду. Тоді вірус



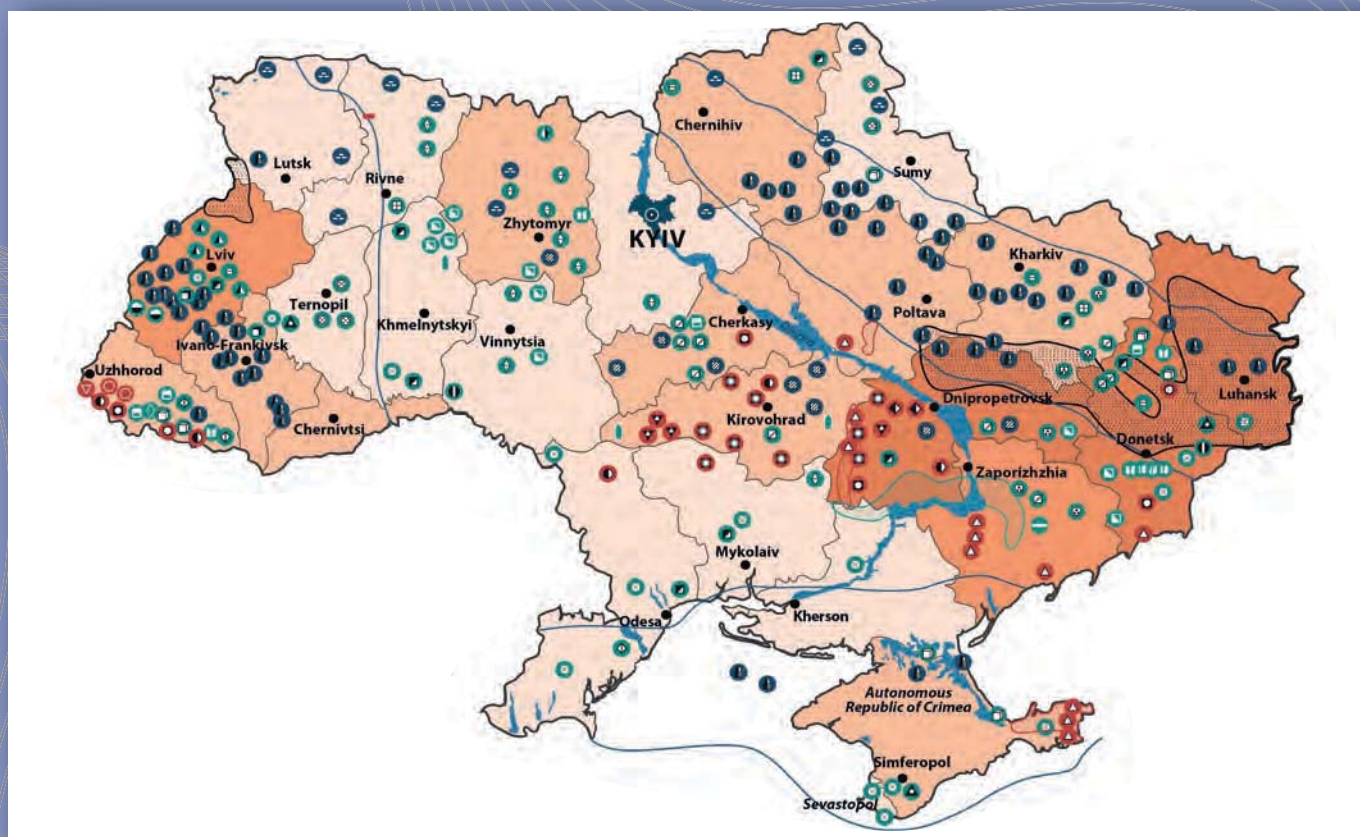
добрався до європейських країн і навіть в США і Азію, але на Україну припало 75% всіх постраждалих від атаки комп'ютерів.

З початком широкомасштабного російського вторгнення, щоб захистити українців, держава зробила кроки на випередження. Країна, яка досі була прикладом для наслідування у сфері діджиталізації, а реформа відкритих даних вважається однією з найуспішніших, вимушено призупинила цей процес. Було обмежено роботу реєстрів, Єдиного веб-порталу відкритих даних, Державного геологічного порталу, інформаційно-аналітичної системи СОТА тощо.

Досі критично важлива інформація про сферу надкористування залишається закритою. І на це є ряд вагомих причин. Щорічно, за даними СБУ, російські хакери здійснюють по Україні 4,5 тис. кібератак. Під прицілом не лише державні установи, підприємства, банки, логістичні фірми, засоби телекомунікації тощо. Росіяни полюють на будь-які відкриті дані, щоб паралізувати критичну інфраструктуру, залякати громадян, посіяти паніку. Тож, інформацію про розташування родовищ, місця видобутку вуглеводнів, запаси корисних копалин, координати ділянок, ворог може використати лише з єдиною ціллю: завдати потужного удару, розбомбити й знищити.

Російська ІТ-армія ні перед чим не зупиниться, більше того, країна-агресор готується до першої світової кібервійни. І саме на Україні вони випробують усі свої методи й навички. Так, за перші шість місяців 2024-го, за інформацією Держспецзв'язку, вже відбулося 1739 кіберінцидентів. В середньому щомісяця фіксується 290 випадків, або 9-10 щоденно. Фахівці зазначають, що кількість кібератак на енергетичний сектор України зросла більш ніж удвічі. І дедалі частіше можна спостерігати, що хакерські удари паралельно поєднуються з ракетними і дронами. Тож, кіберзахист бізнесу, держави і кожного громадянина сьогодні важливий, як ніколи раніше. Війну у цифровому просторі і на полі бою ми повинні виграти.

# УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ КОРИСНИХ КОПАЛИН ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ



## **НАЦІОНАЛЬНІ ТРЕНІНГИ UNFC ЯК ШЛЯХ РОЗУМІННЯ І УНІФІКАЦІЇ ПРОЄКТІВ НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ ТА ЄС**

*Курило М.М.<sup>1,2</sup>, д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua;*

*1 – Спілка геологів України, Київ, Україна,*

*2 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*

В роботі обґрунтовується необхідність і важливість поширення теоретичних знань і практичних навичок користування Рамковою класифікацією ООН для уніфікованої оцінки проєктів надкористування. Аналізується досвід використання класифікації в Україні і в європейських країнах. Розглядається система підготовки експертів і фахівців на міжнародному, національному і регіональному рівнях для імплементації інструментів Рамкової класифікації, яка розроблена в межах проєкту Geological service for Europe – GSEU. Розроблена послідовність заходів у вигляді національних тренінгів і воркшопів в Україні для основних стейкхолдерів – промисловості, геологічних компаній, академічних та громадських організацій.

## **UNFC NATIONAL TRAINING AS A WAY OF UNDERSTANDING AND UNIFYING EXPLORATION AND MINING PROJECTS IN UKRAINE AND THE EU**

*Kurylo M.<sup>1,2</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua;*

*1 – Ukrainian Association of Geologists (UAG), Kyiv, Ukraine,*

*2 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

The work substantiates the necessity and importance of spreading theoretical knowledge and practical skills of using the UN Framework Classification for the unified evaluation of subsoil use projects. The experience of using classification in Ukraine and in European countries is analyzed. The system of training experts and specialists at the international, national and regional levels for the implementation of tools of the Framework classification, which was developed within the framework of the project Geological service for Europe - GSEU, is under consideration. A sequence of events has been developed in the form of national trainings and workshops in Ukraine for the main stakeholders - industry, geological companies, academic and public organizations.

Україна має величезний досвід розвитку та використання класифікацій запасів та ресурсів корисних копалин, які перетинаються за часом, об'єктами та цілями оцінки. В Україні з 1997 р. діє Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин, розроблена відповідно до рішення UNECOSOC № 227/1997 та затверджена постановою Уряду України від 05.05.1997 р. № 432 (*Класифікація, 1997*). Цей документ гармонізований із Рамковою класифікацією ООН або UNFC – United Nation Framework Classification (*UNFC, 2019*). Тривалий час UNFC застосовувалася як перевідний інструмент для розуміння національних класифікаційних систем і форм обліку мінеральних ресурсів. Це в першу чергу стосувалося перевідних документів таких як: Bridging Document between the Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards Template and the United Nations Framework Classification for Resources; Bridging Document between PRMS and UNFC; Application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources.

В останні роки відбулося інтенсивне розширення практики використання UNFC як загальноєвропейської системи для всіх видів мінеральних і природних ресурсів з огляду на необхідність спільного управління ресурсами природокористування і формування єдиної системи обліку. В травні 2023 році було в ЄС прийнято Закон про критичну мінеральну, який спрямований формування диверсифікованого, безпечного та сталого постачання критично важливих сировинних матеріалів для промисловості ЄС. В самому Законі визначено, що базовим інструментом для оцінки Стратегічних для ЄС проєктів буде використано саме UNFC. За результатами першого конкурсу Стратегічних проєктів було подано 170 заяв, в межах яких передбачено проєкти видобування і переробки, включаючи літій, нікель, кобальт і графіт для батарей, а також рідкоземельних елементів для постійних магнітів. Більшість проєктів стосуються видобутку критичних видів сировини, 58 проєктів переробки, 30 – переробки відходів.



Декілька років як стартував проект створення Геологічної служби ЄС – GSEU, який має насприяти досягненню цілей Європейської зеленої угоди, Цілей сталого розвитку ООН і цілей Horizon Europe через розвиток Геологічної служби для Європи. Мінеральні ресурси і запаси критичних корисних копалин в ЄС знаходяться на різних стадіях реалізації і обліковуються відповідно до національних традиційних систем. Це ускладнює загальну систему прийняття рішень через відсутність уніфікованого підходу до обліку і управління ресурсами.

В рамках проекту GSEU система UNFC прийнято як є найбільш доступний і зрозумілий інструмент уніфікації співставної та стандартизованої інформації про ресурси на міжнародному рівні. UNFC можна використовувати для виявлення та моніторингу обмежувальних факторів, які перешкоджають розвитку проекту. Класи UNFC охоплюють максимальні кількості проектів і передумов для розвитку. Ці коди можна застосовувати для управління проектами і для сприяння переходу від нежиттєздатних до потенційно життєздатних проектів і від потенційно життєздатних проектів до життєздатних.

Застосування UNFC потрібне для моніторингу проектів у динаміці під час отримання дозволів та ліцензій. Враховуючи управління статусом проекту від активного до неактивного за допомогою UNFC або визначення наявності залишкових родовищ корисних копалин у запасах корисних копалин, UNFC є інструментом для обробки даних, які охоплюють широкий діапазон достовірності, наприклад, чітке визначення родовищ і родовищ корисних копалин незалежно від їх активного або неактивного статусу (*Report on methodology...*, 2023)

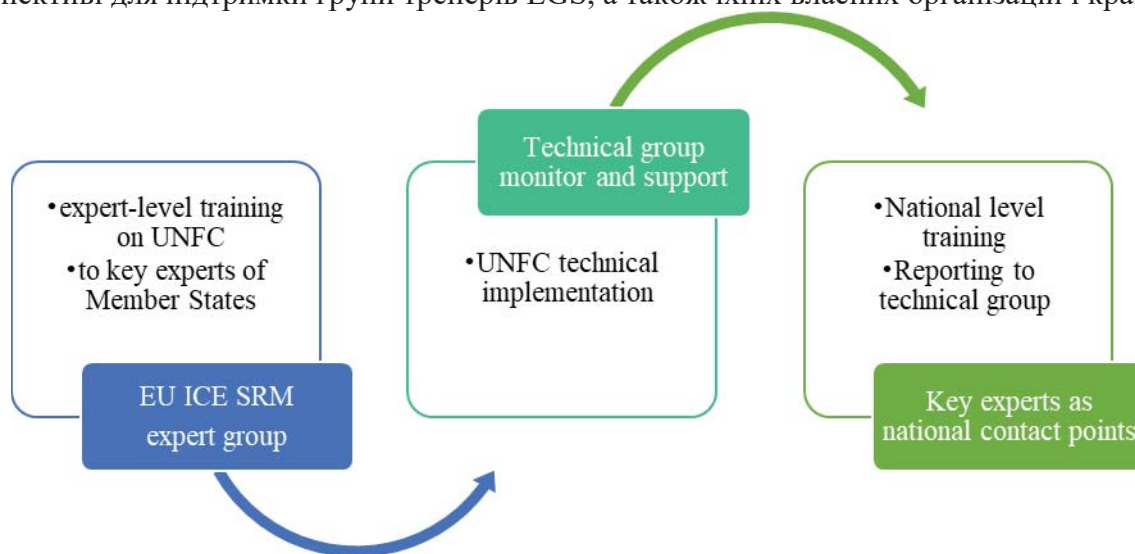
UNFC є інструментом комплексного управління ресурсами, враховуючи всі аспекти даних про ресурси, а також є першою загальновизнаною системою управління природними ресурсами для класифікації багатьох типів природних ресурсів у глобальному масштабі та порівняльним способом. UNFC також можна використовувати для звітування про проекти, враховуючи економічну, соціальну та екологічну інформацію (вісь E), технічну здійсненність (вісь F) і ступінь достовірності (вісь G). Застосування UNFC сприяє реалізації принципів Системи управління ресурсами ООН (UNRMS) (*Report on methodology*, 2023).

Для підготовки експертів для активного використання UNFC було створено Центр EU ICE SRM- EU International Centres of Excellence on Sustainable Resource Management, який створено як мережу партнерів та експертів для просування та збільшення потенціалу щодо UNFC та підтримки Системи управління ресурсами ООН (UNRMS). EU ICE SRM підтримує зацікавлені сторони (ЄС, національні та регіональні уряди та особи, які приймають рішення, НГО, промисловість тощо). EU ICE SRM також надає підтримку у вимогах до звітних даних, як того вимагає майбутній CRMA Critical Raw Material Act 2023: 1) розвиток потенціалу навчання практиків і зацікавлених сторін щодо збору, використання та візуалізації даних за допомогою UNFC; 2) встановлення спільного розуміння практичної звітності UNFC щодо національних запасів і ресурсів, наявної інформації та системи постійного оновлення, коли нова інформація стає доступною; 3) розширювати та підтримувати європейську мережу для експертів UNFC з мінеральних ресурсів, що охоплює всі види корисних у наземному та морському середовищах із первинних та вторинних джерел; 4) визначити та керувати мережею експертів та підтримувати експертизу в ЄС у сфері управління ресурсами та UNRMS; 5) визначити мережу партнерів і керувати нею для надання відповідних даних.

З боку Експертної групи ЄС ICE SRM тренінги UNFC спрямовані на експертне навчання для ключових національних експертів класифікації UNFC та узгодженого впровадження шаблонів UNFC. Експерти національного рівня здійснюють нагляд за впровадженням UNFC на національному рівні. Щоб забезпечити високу якість та послідовне навчання (відповідне меті) у всіх державах-членах ЄС у стислі терміни, навчання розділено на дві модульні програми: 1) програма навчання експертів на рівні ЄС; 2) національна програма навчання експертного рівня.

Незважаючи на те, що РКООН дозволяє переглядати та класифікувати сировинні проекти на національному рівні з огляду на динамічні соціальні, екологічні, економічні, технологічні та геологічні фактори та умови, ці контрольні фактори можуть відрізнитися між

державами-членами ЄС (*EU ICE SRM Organisational Scheme...*, 2024). Таким чином, визначення специфічних вимог країни є важливим. Кількість експертів у GSEU повинна становити принаймні одного експерта на співпрацюючу організацію, яка виступатиме в якості національного головного або асоційованого тренера в середньо- та довгостроковій перспективі для підтримки групи тренерів EGS, а також їхніх власних організацій і країн.



**Рис. 1. Структура навчання та забезпечення якості та контроль якості**

Таким чином, сьогодні створена сучасна структура підготовки експертів і фахівців користування Рамковою класифікацією ООН для уніфікованої оцінки проектів надрокористування. Досвід використання класифікації в Україні наоцічує тривалий період більше 15 років, що полегшує імплементацію базових інструментів серед вітчизняних надрокористувачів. В рамках проекту Geological service for Europe – GSEU створена і розвивається система підготовки експертів і фахівців на міжнародному, національному і регіональному рівнях для імплементації інструментів Рамкової класифікації. Розроблена послідовність заходів у вигляді національних тренінгів і воркшопів в Україні для основних стейкхолдерів – промисловості, геологічних компаній, академічних та громадських організацій.

#### **Список використаних джерел:**

1. Bridging Document between the Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards Template and the United Nations Framework Classification for Resources. Geneva, 22-26 April 2024//[https://unece.org/sites/default/files/2024-04/CRIRSCO\\_Template\\_UNFC\\_BD\\_ECE\\_ENERGY\\_GE.3\\_2024\\_5\\_ENG.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2024-04/CRIRSCO_Template_UNFC_BD_ECE_ENERGY_GE.3_2024_5_ENG.pdf)
2. Bridging Document between PRMS and UNFC 2023//<https://unece.org/sed/documents/2023/12/reports/bridging-document-between-prms-and-unfc-2023>
3. EU ICE SRM Organisational Scheme, Business Plan, Working Plan and Partner & Expert Register//[https://www.geologicalservice.eu/upload/content/1690/gseu\\_d2-3\\_eu\\_ice\\_srm\\_v1.pdf](https://www.geologicalservice.eu/upload/content/1690/gseu_d2-3_eu_ice_srm_v1.pdf)
4. Report on methodology and guidance for EU-level data harmonization with UNFC, 2023// <https://www.geologicalservice.eu/areas-of-expertise/raw-materials/european-international-centre-of-excellence-on-sustainable-resource-management>
5. UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019) //[https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E\\_ECE\\_ENERGY\\_109\\_WEB.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf)
6. UNFC and Social and Environmental Management. 2023//<https://unece.org/unfc-and-social-and-environmental-management-0>
7. United Nations Resource Management System (UNRMS)// <https://unece.org/sustainable-energy/unfc-and-sustainable-resource-management/unrms>



## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ UNFC ДЛЯ ПРОЕКТІВ ВЛОВЛЮВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ CO<sub>2</sub>

*Курило М.М.<sup>1</sup>, д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua;*

*Паюк С.О.<sup>2</sup>, asc@dkz.gov.ua,*

*1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,*

*2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна*

У роботі проводиться аналіз об'єктів оцінки та класифікаційних ознак для проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> в Рамковій класифікації ООН. Для оцінки і класифікації проектів використовують наступні ознаки: екологічна, економічна та соціальна життєздатність проекту; статус проекту та ступінь геологічного вивчення. Проект як об'єкт оцінки включає не лише ресурси геологічного середовища для зберігання CO<sub>2</sub> та кількості вловлювання і зберігання, а також все обладнання та системи, необхідні для цих процесів, в тому числі нагнітальні та спостережні свердловини, наземне обладнання, шлейфи закачування та центр управління операціями, свердловини для скидання тиску та обладнання для переробки видобутого флюїду. Залежно від місця передачі на зберігання проект може включати трубопровід закачування. Показні відмінності класифікації проектів на різних стадіях промислового освоєння. Відзначено, що ознаки і класи РК ООН повинні застосовуватись не лише для ресурсів геологічного середовища для зберігання CO<sub>2</sub> як основного, але й як супутнього виду господарської діяльності.

## APPLICATION PECULARITIES OF THE UN FRAMEWORK CLASSIFICATION TO CO<sub>2</sub> CAPTURE AND STORAGE PROJECTS

*Kurylo M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua;*

*Payuk S.<sup>2</sup>, asc@dkz.gov.ua,*

*1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

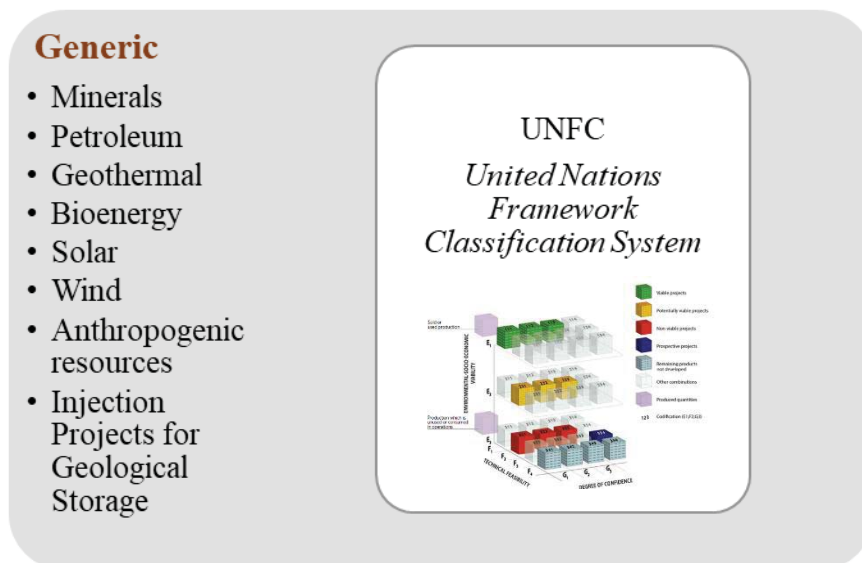
*2 – State Commission of Ukraine on Mineral Reserves, Kyiv, Ukraine*

The study analyzes the assessment objects and classification features for CO<sub>2</sub> capture and storage projects in the UN Framework Classification. The following features are used to assess and classify projects: environmental, economic and social viability of the project; project maturity and level of geological study. The project as an assessment object includes not only the resources of the geological environment for the storage of CO<sub>2</sub> and the capture and storage amount, but also all the equipment and systems necessary for these processes, including injection and monitoring wells, surface equipment, injection loops and an operations control center, pressure relief wells and equipment for processing the extracted fluid, the project may include an injection pipeline. It was noted the features and classes of the UNFC should be applied not only to resources of the geological environment for CO<sub>2</sub> storage as the main one, but also as an additional type of economic activity.

Сьогодні проекти вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> розглядаються як важлива складова зеленого енергетичного переходу і управління змін клімату і за останні роки сформували окремий вид бізнесу, який часто пов'язаний із комплексним освоєнням виснажених родовищ вуглеводнів. Розвиток і масштаби цієї діяльності сформували необхідність нормалізації способів звітності про потенціал і ресурси для вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub>. Загальна система оцінки та порівняння таких проектів потрібна інвесторам, регуляторним органам, урядам і споживачам як основа для всебічного огляду поточних і майбутніх сценаріїв енергетичної стійкості на рівні проекту, компанії, країни, регіону або світу.

Оцінка ресурсів зберігання CO<sub>2</sub> передбачає кількісну і якісну оцінку, а також ступінь зрілості і невизначеності проектів (SRMS, 2024). Ці оцінки пов'язані з проектами розробки на різних стадіях проектування та реалізації. Використання узгодженої системи класифікації покращує співставність між проектами та групами проектів, а також ефективність зберігання. Класифікаційна система повинна враховувати як технічні, так і комерційні фактори, які впливають на економічну доцільність проекту, його продуктивний термін експлуатації та відповідні грошові потоки

У роботі проводиться аналіз об'єктів оцінки та класифікаційних ознак для ресурсів та проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> в Рамковій класифікації ООН/UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC, 2019) з метою встановлення ознак, які дозволяють проводити оперативне управління ресурсами.



**Рис. 1. Система документів і специфікацій РКООН/UNFC**

*United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources.*

Європейська економічна комісія ООН має загальну систему класифікації викопних енергетичних та мінеральних запасів і ресурсів під назвою Рамкова класифікація викопних енергетичних та мінеральних запасів і ресурсів ООН.

Основна увага в Специфікації РКООН для проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> приділяється класифікації проектів закачування, пов'язаних з геологічним зберіганням CO<sub>2</sub>, однак, ті самі принципи зрілості проекту можуть бути застосовні й до інших проектів закачування, якщо рідини закачуються в підземний геологічний пласт для зберігання.

Головними об'єктами оцінки в Специфікації (*Supplementary Specifications, 2024*) розглядаються проекти, ресурси і геологічне сховище.

Термін «геологічне зберігання» відноситься головним чином до постійного утримання CO<sub>2</sub> у підземних геологічних пластах (колекторах), з метою ізоляції. Колектором-сховищем може бути виснажений нафтогазовий колектор або мінералізований водоносний горизонт. CO<sub>2</sub>, азот або природний газ іноді закачують на нафтовому родовищі на стадії розробки для збільшення кількості вуглеводнів, які вилучаються. Названий документ (*Supplementary Specifications, 2024*) був розроблений в першу чергу з урахуванням геологічного зберігання CO<sub>2</sub>, але також може бути застосований до інших форм проектів закачування, де флюїд зберігається в геологічних пластах. Підземне зберігання водню іноді називають геологічним зберіганням водню. Оскільки зберігання водню, швидше за все, є тимчасовим, а не постійним, це можна більшою мірою порівняти з підземним зберіганням газу, як описано нижче.

РКООН класифікує самі проекти, а також кількості ресурсів, пов'язані з проектами вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub>. Кожен проект пов'язаний з певною кількістю, яка може бути видобута за наявності певного технічного рішення та певних інвестицій. Проекти можуть бути різного масштабу та мати різний ступінь зрілості. Для проектів закачування з метою геологічного зберігання ресурсом є колектор, доступний для геологічного зберігання. Класифікована кількість - це кількість певного флюїду, наприклад, CO<sub>2</sub>, який може зберігатися в цьому колекторі за умови реалізації проекту закачування.

Особливістю специфікації РКООН для ресурсів проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> є використання єдиних базових критеріїв систематизації геологічної, технічної, економічної та всіх інших видів інформації, що дозволяє оцінювати, порівнювати, проводити

експертизи та забезпечувати прийняття рішень не лише регіональних проектів, але й традиційних енергетичних ресурсів та комплексних проектів використання надр.

РКООН для проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> базується на використанні названої Класифікації як універсальної системи, в якій запаси систематизують на основі трьох фундаментальних критеріїв: 1) економічної і соціальної життєздатності проекту (вісь E); 2) статусу й обґрунтованості проекту освоєння родовища (вісь F); 3) геологічної вивченості (вісь G) з використанням цифрової системи кодів. Комбінації цих критеріїв створюють тривимірну систему кодів (рисунк 2).

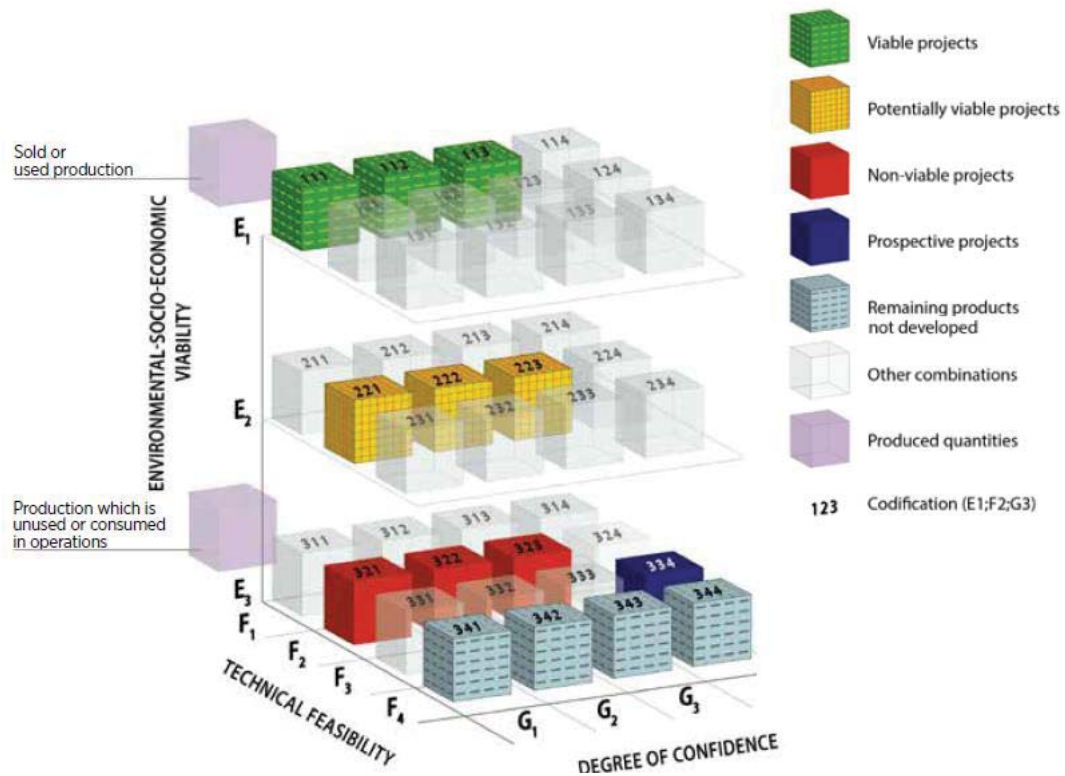


Рис. 2. Категорії UNFC і приклади класів (UNFC, 2019)

Перша група категорій (вісь E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>) визначає ступінь сприятливості соціальних та економічних умов для забезпечення комерційної життєздатності проекту, які включають ринкові ціни, відповідні юридичні, нормативні, природоохоронні і контрактні умови. Друга група категорій (вісь F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>) визначає результати опрацювання технологій, досліджень і взятих зобов'язань, потрібних для реалізації проекту. Вони охоплюють ланку від початкових досліджень до опрацьованого (чинного) проекту і відображають стандартні принципи керування виробничо-збутовим ланцюгом. Третя група категорій (вісь G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, G<sub>4</sub>) визначає ступінь достовірності оцінки об'єму продукції, що отримується під час реалізації проекту. Комбінація категорій визначає клас проекту (стадію та перспективність). З метою більшої прозорості за глобального обміну інформацією в UNFC визначено додаткові типові підкласи, що засновані на повній деталізації за додатковими підкатегоріями (UNFC, 2019; UNFC, 2023).

Основні терміни Класифікації РКООН/UNFC, які стосуються ресурсів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> подані відповідно до документу Supplementary Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Resources (Update 2019) to Injection Projects for the Purpose of Geological Storage (Specifications..., 2024). Оцінка і класифікація включає оцінку наступних складових:

- кількості закачування та зберігання флюїду, який був закачаний та наразі зберігається в колекторі. Проекти на цьому етапі все ще можуть вимагати таких заходів, як

моніторинг будь-якого руху флюїду, щоб переконатися в наявності впевненості в тому, що флюїд утримується в колекторі.

- кількості втрат, тобто визначення кількості, які можуть бути доставлені до місця закачування, але втрачаються під час транспортування або в наземному обладнанні до закачування. Еквівалентні некомерційному видобутку.

- комерційні та потенційно комерційні проекти: геологічне зберігання, пов'язане з відомим пластом, в який триває закачування з метою геологічного зберігання або який може бути використаний для зберігання в майбутньому. Класифікація базується на технічних та комерційних дослідженнях, пов'язаних з певними видами закачування.

- некомерційні проекти закачування: додаткове геологічне зберігання, пов'язане з відомим колектором, який не використовується для зберігання в жодному з визначених на поточний момент проектів закачування.

- проекти скринінгу: геологічне зберігання, пов'язане з невідкритим колектором, який може бути використаний для зберігання в майбутньому за умови підтвердження наявності колектора;

- об'єкти, для яких зберігання недоцільне: колектор, який не буде доступний для зберігання або колектор, в якому зберігання з будь-якої причини є недоцільним.

Систематизація цих об'єктів наведена в таблиці 1.

Окремими пунктами в Специфікації відзначено обов'язкову оцінку життєвого циклу реалізації проекту, при цьому відзначено, що техніко-економічне обґрунтування проекту повинно включати два компоненти: закачування флюїду та утримання флюїду за допомогою однієї або декількох технологій. Проект повинен включати заходи після припинення активного закачування, в тому числі моніторинг будь-якого переміщення флюїду та забезпечення впевненості в тому, що закачуваний флюїд утримується в колекторі. Те, як це вплине на загальний життєвий цикл проекту, залежатиме від специфіки проекту, колектора, закачуваного флюїду та застосованих норм та приписів.

Таблиця 1

**Скорочена версія UNFC з основними класами і категоріями, адаптована для застосування в проектах вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub>**

<i>Класи РКООН-2009, визначені за категоріями для проектів закачування з метою геологічного зберігання</i>						
Загальний об'єм	Кількість ресурсів закачування та зберігання					
	Кількість втрат <sup>a</sup>					
		Клас	Категорія			
			E	F	G	
		Майбутнє зберігання в рамках комерційних проектів закачування	Комерційні проекти закачування <sup>c</sup>	1	1	1, 2, 3
		Майбутнє зберігання у відомих колекторах в рамках проектів закачування	Потенційно комерційні проекти закачування	2	2	1, 2, 3
			Некомерційні проекти закачування	3	2	1, 2, 3
		Зберігання недоцільно		3	4	1, 2, 3
	Потенційне майбутнє зберігання у невідкритих колекторах в рамках проектів закачування	Проекти скринінгу	3	3	4	
	Зберігання недоцільно		3	4	4	

**Класи і підкласи РКООН-2009, визначені підкатегоріями, адаптовані для застосування в проектах закачування з метою геологічного зберігання<sup>a</sup>**

Класи РКООН-2009, визначені за категоріями і підкатегоріями для проектів закачування						
Кількості закачування та зберігання						
Втрачені кількості						
	Клас	Підклас	Категорія			
			E	F	G	
Загальний об'єм геологічного зберігання	Відомий колектор	Активне закачування	1	1.1	1, 2, 3	
		Комерційні проекти закачування	Погоджені до розробки	1	1.2	1, 2, 3
			Виправдані для розробки	1	1.3	1, 2, 3
			Потенційно комерційні проекти закачування	Очікується розробка	2 <sup>b</sup>	2.1
		Розробка призупинена		2	2.2	1, 2, 3
		Некомерційні проекти закачування	Розробка не з'ясована	3.2	2.2	1, 2, 3
			Розробка недоцільна	3.3	2.3	1, 2, 3
	Зберігання недоцільно			3.3	4	1, 2, 3
	Невідкритий колектор	Проекти скрінінгу	Ідентифіковане геологічне сховище	3.2	3.1 <sup>c</sup>	4
			Визначене геологічне сховище	3.2	3.2 <sup>c</sup>	4
Прогнозоване геологічне зберігання			3.2	3.3 <sup>c</sup>	4	
Зберігання недоцільно			3.3	4	4	

Таким чином, класифікація проектів проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> за ознаками і класами РКООН передбачає визначення їх екологічної, економічної та соціальної життєздатності, статусу проекту та ступеня геологічного вивчення. Обов'язково в якості об'єкту розглядається проект, який включає не лише ресурси геологічного середовища для зберігання CO<sub>2</sub> та кількості вловлювання і зберігання, а також все обладнання та системи, необхідні для цих процесів, в тому числі нагнітальні та спостережні свердловини, наземне обладнання, шлейфи закачування та центр управління операціями, свердловини для скидання тиску та обладнання для переробки видобутого флюїду. Залежно від місця передачі на зберігання проект може включати трубопровід закачування.

Ознаки і класи РК ООН повинні застосовуватись не лише для ресурсів геологічного середовища для зберігання CO<sub>2</sub> як основного, але й як супутнього виду господарської діяльності. CO<sub>2</sub>, азот або природний газ можуть бути використані паралельно з видобуванням на нафтовому родовищі на стадії розробки для збільшення кількості вуглеводнів, які вилучаються.

**Список використаних джерел:**

1. Rudko, G. I. (2017). UNFC mineral reserves and resources as a tool for harmonizing world classifications. *Mineral resources of Ukraine*, (4), 7-10. <https://mru-journal.com.ua/index.php/mru/article/view/223>.



2. *SRMS* CO<sub>2</sub> Storage Resources 5 Management System//  
[https://www.spe.org/media/filer\\_public/6f/2f/6f2ff44b-abae-4894-821a-f17c35df22ea/srms\\_draft6\\_public\\_review.pdf](https://www.spe.org/media/filer_public/6f/2f/6f2ff44b-abae-4894-821a-f17c35df22ea/srms_draft6_public_review.pdf)
3. Supplementary Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Resources (Update 2019) to Injection Projects for the Purpose of Geological Storage, (2024) // <https://unece.org/sites/default/files/2024-07/UNFC%20Injection%20Project%20Specs%20update%202024.pdf>
4. UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019) // [https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E\\_ECE\\_ENERGY\\_109\\_WEB.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf)
5. UNFC and Social and Environmental Management. 2023//<https://unece.org/unfc-and-social-and-environmental-management-0>

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ UNFC ДЛЯ ПРОЕКТІВ ВЛОВЛЮВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ CO<sub>2</sub>

*Курило М.М.<sup>1</sup>, д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua;*

*Паюк С.О.<sup>2</sup>, asc@dkz.gov.ua,*

*1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,*

*2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна*

У роботі проводиться аналіз об'єктів оцінки та класифікаційних ознак для проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> в Рамковій класифікації ООН. Для оцінки і класифікації проектів використовують наступні ознаки: екологічна, економічна та соціальна життєздатність проекту; статус проекту та ступінь геологічного вивчення. Проект як об'єкт оцінки включає не лише ресурси геологічного середовища для зберігання CO<sub>2</sub> та кількості вловлювання і зберігання, а також все обладнання та системи, необхідні для цих процесів, в тому числі нагнітальні та спостережні свердловини, наземне обладнання, шлейфи закачування та центр управління операціями, свердловини для скидання тиску та обладнання для переробки видобутого флюїду. Залежно від місця передачі на зберігання проект може включати трубопровід закачування. Показні відмінності класифікації проектів на різних стадіях промислового освоєння. Відзначено, що ознаки і класи РК ООН повинні застосовуватись не лише для ресурсів геологічного середовища для зберігання CO<sub>2</sub> як основного, але й як супутнього виду господарської діяльності.

## APPLICATION PECULARITIES OF THE UN FRAMEWORK CLASSIFICATION TO CO<sub>2</sub> CAPTURE AND STORAGE PROJECTS

*Kurylo M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua;*

*Payuk S.<sup>2</sup>, asc@dkz.gov.ua,*

*1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

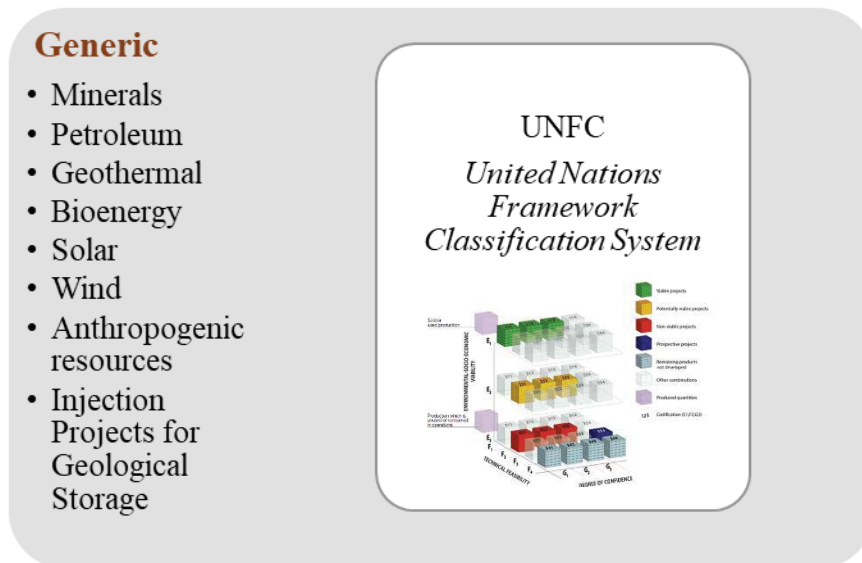
*2 – State Commission of Ukraine on Mineral Reserves, Kyiv, Ukraine*

The study analyzes the assessment objects and classification features for CO<sub>2</sub> capture and storage projects in the UN Framework Classification. The following features are used to assess and classify projects: environmental, economic and social viability of the project; project maturity and level of geological study. The project as an assessment object includes not only the resources of the geological environment for the storage of CO<sub>2</sub> and the capture and storage amount, but also all the equipment and systems necessary for these processes, including injection and monitoring wells, surface equipment, injection loops and an operations control center, pressure relief wells and equipment for processing the extracted fluid, the project may include an injection pipeline. It was noted the features and classes of the UNFC should be applied not only to resources of the geological environment for CO<sub>2</sub> storage as the main one, but also as an additional type of economic activity.

Сьогодні проекти вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> розглядаються як важлива складова зеленого енергетичного переходу і управління змін клімату і за останні роки сформували окремий вид бізнесу, який часто пов'язаний із комплексним освоєнням виснажених родовищ вуглеводнів. Розвиток і масштаби цієї діяльності сформували необхідність нормалізації способів звітності про потенціал і ресурси для вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub>. Загальна система оцінки та порівняння таких проектів потрібна інвесторам, регуляторним органам, урядам і споживачам як основа для всебічного огляду поточних і майбутніх сценаріїв енергетичної стійкості на рівні проекту, компанії, країни, регіону або світу.

Оцінка ресурсів зберігання CO<sub>2</sub> передбачає кількісну і якісну оцінку, а також ступінь зрілості і невизначеності проектів (SRMS, 2024). Ці оцінки пов'язані з проектами розробки на різних стадіях проектування та реалізації. Використання узгодженої системи класифікації покращує співставність між проектами та групами проектів, а також ефективність зберігання. Класифікаційна система повинна враховувати як технічні, так і комерційні фактори, які впливають на економічну доцільність проекту, його продуктивний термін експлуатації та відповідні грошові потоки

У роботі проводиться аналіз об'єктів оцінки та класифікаційних ознак для ресурсів та проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> в Рамковій класифікації ООН/UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC, 2019) з метою встановлення ознак, які дозволяють проводити оперативне управління ресурсами.



**Рис. 1. Система документів і специфікацій РКООН/UNFC**

*United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources.*

Європейська економічна комісія ООН має загальну систему класифікації викопних енергетичних та мінеральних запасів і ресурсів під назвою Рамкова класифікація викопних енергетичних та мінеральних запасів і ресурсів ООН.

Основна увага в Специфікації РКООН для проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> приділяється класифікації проектів закачування, пов'язаних з геологічним зберіганням CO<sub>2</sub>, однак, ті самі принципи зрілості проекту можуть бути застосовні й до інших проектів закачування, якщо рідини закачуються в підземний геологічний пласт для зберігання.

Головними об'єктами оцінки в Специфікації (*Supplementary Specifications, 2024*) розглядаються проекти, ресурси і геологічне сховище.

Термін «геологічне зберігання» відноситься головним чином до постійного утримання CO<sub>2</sub> у підземних геологічних пластах (колекторах), з метою ізоляції. Колектором-сховищем може бути виснажений нафтогазовий колектор або мінералізований водоносний горизонт. CO<sub>2</sub>, азот або природний газ іноді закачують на нафтовому родовищі на стадії розробки для збільшення кількості вуглеводнів, які вилучаються. Названий документ (*Supplementary Specifications, 2024*) був розроблений в першу чергу з урахуванням геологічного зберігання CO<sub>2</sub>, але також може бути застосований до інших форм проектів закачування, де флюїд зберігається в геологічних пластах. Підземне зберігання водню іноді називають геологічним зберіганням водню. Оскільки зберігання водню, швидше за все, є тимчасовим, а не постійним, це можна більшою мірою порівняти з підземним зберіганням газу, як описано нижче.

РКООН класифікує самі проекти, а також кількості ресурсів, пов'язані з проектами вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub>. Кожен проект пов'язаний з певною кількістю, яка може бути видобута за наявності певного технічного рішення та певних інвестицій. Проекти можуть бути різного масштабу та мати різний ступінь зрілості. Для проектів закачування з метою геологічного зберігання ресурсом є колектор, доступний для геологічного зберігання. Класифікована кількість - це кількість певного флюїду, наприклад, CO<sub>2</sub>, який може зберігатися в цьому колекторі за умови реалізації проекту закачування.

Особливістю специфікації РКООН для ресурсів проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> є використання єдиних базових критеріїв систематизації геологічної, технічної, економічної та всіх інших видів інформації, що дозволяє оцінювати, порівнювати, проводити

експертизи та забезпечувати прийняття рішень не лише регіональних проектів, але й традиційних енергетичних ресурсів та комплексних проектів використання надр.

РКООН для проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> базується на використанні названої Класифікації як універсальної системи, в якій запаси систематизують на основі трьох фундаментальних критеріїв: 1) економічної і соціальної життєздатності проекту (вісь E); 2) статусу й обґрунтованості проекту освоєння родовища (вісь F); 3) геологічної вивченості (вісь G) з використанням цифрової системи кодів. Комбінації цих критеріїв створюють тривимірну систему кодів (рисунк 2).

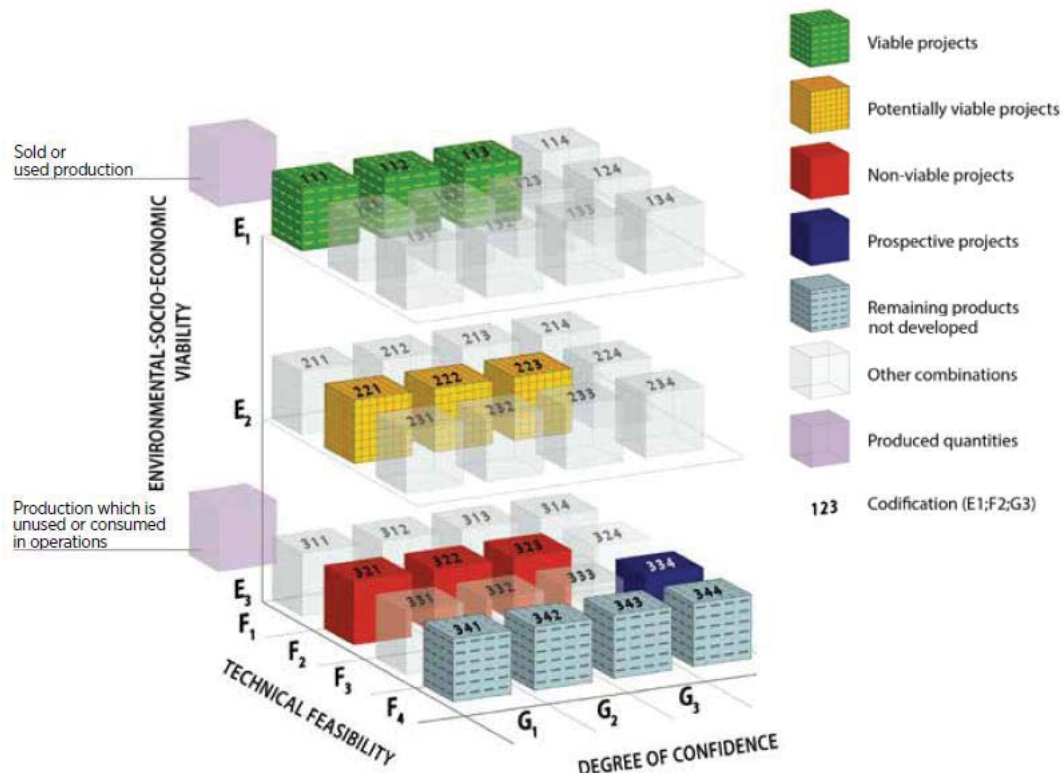


Рис. 2. Категорії UNFC і приклади класів (UNFC, 2019)

Перша група категорій (вісь E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>) визначає ступінь сприятливості соціальних та економічних умов для забезпечення комерційної життєздатності проекту, які включають ринкові ціни, відповідні юридичні, нормативні, природоохоронні і контрактні умови. Друга група категорій (вісь F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>) визначає результати опрацювання технологій, досліджень і взятих зобов'язань, потрібних для реалізації проекту. Вони охоплюють ланку від початкових досліджень до опрацьованого (чинного) проекту і відображають стандартні принципи керування виробничо-збутовим ланцюгом. Третя група категорій (вісь G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, G<sub>4</sub>) визначає ступінь достовірності оцінки об'єму продукції, що отримується під час реалізації проекту. Комбінація категорій визначає клас проекту (стадію та перспективність). З метою більшої прозорості за глобального обміну інформацією в UNFC визначено додаткові типові підкласи, що засновані на повній деталізації за додатковими підкатегоріями (UNFC, 2019; UNFC, 2023).

Основні терміни Класифікації РКООН/UNFC, які стосуються ресурсів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> подані відповідно до документу Supplementary Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Resources (Update 2019) to Injection Projects for the Purpose of Geological Storage (Specifications..., 2024). Оцінка і класифікація включає оцінку наступних складових:

- кількості закачування та зберігання флюїду, який був закачаний та наразі зберігається в колекторі. Проекти на цьому етапі все ще можуть вимагати таких заходів, як

моніторинг будь-якого руху флюїду, щоб переконатися в наявності впевненості в тому, що флюїд утримується в колекторі.

- кількості втрат, тобто визначення кількості, які можуть бути доставлені до місця закачування, але втрачаються під час транспортування або в наземному обладнанні до закачування. Еквівалентні некомерційному видобутку.

- комерційні та потенційно комерційні проекти: геологічне зберігання, пов'язане з відомим пластом, в який триває закачування з метою геологічного зберігання або який може бути використаний для зберігання в майбутньому. Класифікація базується на технічних та комерційних дослідженнях, пов'язаних з певними видами закачування.

- некомерційні проекти закачування: додаткове геологічне зберігання, пов'язане з відомим колектором, який не використовується для зберігання в жодному з визначених на поточний момент проектів закачування.

- проекти скринінгу: геологічне зберігання, пов'язане з невідкритим колектором, який може бути використаний для зберігання в майбутньому за умови підтвердження наявності колектора;

- об'єкти, для яких зберігання недоцільне: колектор, який не буде доступний для зберігання або колектор, в якому зберігання з будь-якої причини є недоцільним.

Систематизація цих об'єктів наведена в таблиці 1.

Окремими пунктами в Специфікації відзначено обов'язкову оцінку життєвого циклу реалізації проекту, при цьому відзначено, що техніко-економічне обґрунтування проекту повинно включати два компоненти: закачування флюїду та утримання флюїду за допомогою однієї або декількох технологій. Проект повинен включати заходи після припинення активного закачування, в тому числі моніторинг будь-якого переміщення флюїду та забезпечення впевненості в тому, що закачуваний флюїд утримується в колекторі. Те, як це вплине на загальний життєвий цикл проекту, залежатиме від специфіки проекту, колектора, закачуваного флюїду та застосованих норм та приписів.

Таблиця 1

**Скорочена версія UNFC з основними класами і категоріями, адаптована для застосування в проектах вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub>**

<i>Класи РКООН-2009, визначені за категоріями для проектів закачування з метою геологічного зберігання</i>						
Загальний об'єм	Кількість ресурсів закачування та зберігання					
	Кількість втрат <sup>a</sup>					
		Клас	Категорія			
			E	F	G	
		Майбутнє зберігання в рамках комерційних проектів закачування	Комерційні проекти закачування <sup>c</sup>	1	1	1, 2, 3
		Майбутнє зберігання у відомих колекторах в рамках проектів закачування	Потенційно комерційні проекти закачування	2	2	1, 2, 3
			Некомерційні проекти закачування	3	2	1, 2, 3
		Зберігання недоцільно		3	4	1, 2, 3
	Потенційне майбутнє зберігання у невідкритих колекторах в рамках проектів закачування	Проекти скринінгу	3	3	4	
	Зберігання недоцільно		3	4	4	



**Класи і підкласи РКООН-2009, визначені підкатегоріями, адаптовані для застосування в проектах закачування з метою геологічного зберігання<sup>a</sup>**

Класи РКООН-2009, визначені за категоріями і підкатегоріями для проектів закачування						
Кількості закачування та зберігання						
Втрачені кількості						
	Клас	Підклас	Категорія			
			E	F	G	
Загальний об'єм геологічного зберігання	Відомий колектор	Активне закачування	1	1.1	1, 2, 3	
		Комерційні проекти закачування	Погоджені до розробки	1	1.2	1, 2, 3
			Виправдані для розробки	1	1.3	1, 2, 3
			Потенційно комерційні проекти закачування	Очікується розробка	2 <sup>b</sup>	2.1
		Розробка призупинена		2	2.2	1, 2, 3
		Некомерційні проекти закачування	Розробка не з'ясована	3.2	2.2	1, 2, 3
			Розробка недоцільна	3.3	2.3	1, 2, 3
	Зберігання недоцільно			3.3	4	1, 2, 3
	Невідкритий колектор	Проекти скрінінгу	Ідентифіковане геологічне сховище	3.2	3.1 <sup>c</sup>	4
			Визначене геологічне сховище	3.2	3.2 <sup>c</sup>	4
			Прогнозоване геологічне зберігання	3.2	3.3 <sup>c</sup>	4
		Зберігання недоцільно			3.3	4

Таким чином, класифікація проектів проектів вловлювання і зберігання CO<sub>2</sub> за ознаками і класами РКООН передбачає визначення їх екологічної, економічної та соціальної життєздатності, статусу проекту та ступеня геологічного вивчення. Обов'язково в якості об'єкту розглядається проект, який включає не лише ресурси геологічного середовища для зберігання CO<sub>2</sub> та кількості вловлювання і зберігання, а також все обладнання та системи, необхідні для цих процесів, в тому числі нагнітальні та спостережні свердловини, наземне обладнання, шлейфи закачування та центр управління операціями, свердловини для скидання тиску та обладнання для переробки видобутого флюїду. Залежно від місця передачі на зберігання проект може включати трубопровід закачування.

Ознаки і класи РК ООН повинні застосовуватись не лише для ресурсів геологічного середовища для зберігання CO<sub>2</sub> як основного, але й як супутнього виду господарської діяльності. CO<sub>2</sub>, азот або природний газ можуть бути використані паралельно з видобуванням на нафтовому родовищі на стадії розробки для збільшення кількості вуглеводнів, які вилучаються.

**Список використаних джерел:**

1. Rudko, G. I. (2017). UNFC mineral reserves and resources as a tool for harmonizing world classifications. *Mineral resources of Ukraine*, (4), 7-10. <https://mru-journal.com.ua/index.php/mru/article/view/223>.

2. *SRMS* CO<sub>2</sub> Storage Resources 5 Management System//  
[https://www.spe.org/media/filer\\_public/6f/2f/6f2ff44b-abae-4894-821a-f17c35df22ea/srms\\_draft6\\_public\\_review.pdf](https://www.spe.org/media/filer_public/6f/2f/6f2ff44b-abae-4894-821a-f17c35df22ea/srms_draft6_public_review.pdf)
3. Supplementary Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Resources (Update 2019) to Injection Projects for the Purpose of Geological Storage, (2024) // <https://unece.org/sites/default/files/2024-07/UNFC%20Injection%20Project%20Specs%20update%202024.pdf>
4. UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019) // [https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E\\_ECE\\_ENERGY\\_109\\_WEB.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf)
5. UNFC and Social and Environmental Management. 2023//<https://unece.org/unfc-and-social-and-environmental-management-0>

## UNFC CLASSIFICATION OF CCS REGIONAL SCENARIOS FOR DIRECT INJECTION OF CO<sub>2</sub> FROM SHIPS WITHIN THE CTS PROJECT

*Dudu A.-C.<sup>1</sup>, alexandra.dudu@geoecomar.ro;*

*Kurylo M.<sup>2</sup>, marikurylo@meta.ua,*

*Demchuk Yu.<sup>3</sup>, 24yulya@gmail.com,*

*Bratakh M.<sup>4</sup>, Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua,*

*Virshylo I.<sup>4</sup>, ivirshylo@gmail.com,*

*Berenblyum R.<sup>5</sup>, robe@norceresearch.no,*

*1 – National Institute for Research and Development on Marine Geology and Geo-ecology – GeoEcoMar, Romania,*

*2 – Taras Shevchenko, National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

*3 – NGO Geothermal Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*4 – Ukrgasvydobuvannya JSC (UGV), Naftogaz Group, Kyiv, Ukraine,*

*5 – Norwegian Research Center NORCE, Norway*

The work analyzes regional CO<sub>2</sub> capture and storage projects directly from ships within the framework of the CTS project. Within the scope of the project, a feasibility study of direct injection of CO<sub>2</sub> from ships is provided to reveal the potential of CCS for industry. This improves the flexibility of technical and logistical solutions to create CCS value, reduce costs and demonstrate storage potential in four defined regions: the North Sea, the Black Sea, the Baltic Sea and the Atlantic coast of Portugal. The work examines objects and resources of the geological environment for CO<sub>2</sub> capture and storage projects within the Black Sea - for Romanian and Ukrainian projects. Classification of projects in the UNFC was carried out, taking into account the environmental, economic and social viability of the project; project status and degree of geological study. It was established that the projects within the Ukrainian territory correspond to the Screening Projects code - 334 - predicted geological storage, the projects of the Romanian territory with the code 334 have a wider scope of definitions - identified - determined and predicted geological storage.

## UNFC КЛАСИФІКАЦІЯ РЕГІОНАЛЬНИХ СЦЕНАРІЇВ ВЛОВЛЮВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ СО<sub>2</sub> БЕЗПОСЕРЕДНЬО З КОРАБЛІВ В МЕЖАХ ПРОЕКТУ CTS

*Дуду А.-К.<sup>1</sup>, alexandra.dudu@geoecomar.ro;*

*Курило М.<sup>2</sup>, marikurylo@meta.ua,*

*Демчук Ю.<sup>3</sup>, 24yulya@gmail.com,*

*Братах М.<sup>4</sup>, Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua,*

*Віришило І.<sup>4</sup>, ivirshylo@gmail.com,*

*Беренблум Р.<sup>5</sup>, robe@norceresearch.no,*

*1 – Національний інститут досліджень і розвитку морської геології та геоecології – GeoEcoMar, Румунія,*

*2 – Тараса Шевченка, Київський національний університет, Київ, Україна,*

*3 – ГО «Геотермал Україна», Київ, Україна,*

*4 – АТ «Укргазвидобування» (УГВ), Група Нафтогаз, Київ, Україна,*

*5 – Норвезький дослідницький центр NORCE, Норвегія*

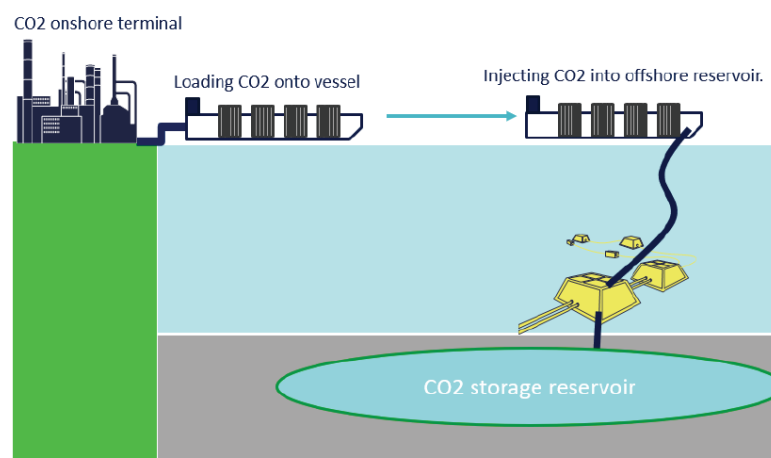
У роботі проводиться аналіз регіональних проектів вловлювання і зберігання СО<sub>2</sub> безпосередньо з кораблів в межах проекту CTS. В межах проекту передбачено техніко-економічне обґрунтування прямого закачування СО<sub>2</sub> з кораблів для розкриття потенціалу CCS для промисловості. Це покращує еластичність технічних і логістичних рішень для створення вартості CCS, зниження витрат і демонстрації потенціалу зберігання в чотирьох визначених регіонах: Північне море, Чорне море, Балтійське море та Атлантичне узбережжя Португалії. У роботі розглядаються об'єкти і ресурси геологічного середовища для проектів вловлювання і зберігання СО<sub>2</sub> в межах Чорного моря – для румунських і українських проектів.

Проведено класифікацію проектів в UNFC з врахуванням екологічної, економічної та соціальної життєздатності проекту; статус проекту та ступінь геологічного вивчення. Встановлено, що проекти в межах української території відповідають коду Проектів скрінінгу – 334 - прогнозоване геологічне зберігання, проекти румунської території із кодом 334 мають більш широкий масштаб визначень – ідентифіковане – визначене та прогнозоване геологічне сховище.

It is widely accepted that CCUS (Carbon Capture, transport, Utilization and Storage) is required to address the emission from hard-to-abate sectors in the net-zero society. It is a key technology enabler to decarbonize a wide range of industrial applications. In many regions of Europe offshore storage provides a viable option due to a large variety of technological factors (such as availability of fitting geological formations) but also societal factors, as it is often easier to accept offshore storage rather than local storage onshore.

Traditional solutions for offshore storage comprise onshore terminals and hubs and pipelines or ships connecting these to subsurface templates or offshore hubs. Ships are considered solely as the transport solution for gathering the CO<sub>2</sub> at ports and delivering to the above-mentioned hubs. CTS will investigate the possibility to use ships as injection vessels.

Large costs and complexity of CCUS value chains hinder spread of technology especially for smaller emitters and storage operators. The CTS team will investigate how using ships as transport and injection vessels can unlock CCUS potential and speed up deployment of CCUS technologies.



**Fig. 1. Concept of direct ship injection as presented by NEMO Maritime**

The CTS projects' main objective is to demonstrate techno-economic applicability of direct injection from ship to unlock CCS potential for the industry by increasing flexibility and versatility of the CCS value chain, reduce costs and show storage potential in the four defined regions: the North Sea, Black Sea, Baltic Sea and Atlantic coast of Portugal. The project will contribute to accelerate the development of CCS within the EU community and enable the industry to reach the targets for CCS that have been presented by the EU commission on March 16th, as part of the Net-Zero Industry Act.

Norway, Netherlands, Denmark and UK are pioneering the development of offshore storage in Europe<sup>4</sup>, where large projects like Northern Lights, Porthos, Aramis, Bifrost and Greensand, HyNet, Teesside together with Humber can be mentioned. ENI is also developing a project for offshore storage in the Ravenna hub in the Adriatic Sea and is planning to demonstrate CO<sub>2</sub> storage soon offshore in the west of the UK and in Italy. Heidelberg Materials in Bulgaria is developing a CCS cluster in Varna region with Black Sea storage in ANRAV project.

In geographical regions covered by CTS a considerable effort has been done in order to create CCS value chains. This value chain scenarios lay a solid foundation for CTS project activities. Based on the above-mentioned efforts and with respect to overall Storage Maturation Level (SRL/SML) in the areas selected the following state of the art and progress beyond it can be expected with CTS:

CTS will study the impact of direct injection from ship on the definition of capture clusters and storage facilities by developing CCS scenarios in four different offshore regions in Europe: Norwegian Continental Shelf, Baltics, Black Sea and Atlantic coast of Portugal. The Black Sea scenario is composed from an interlinked Romanian and Ukrainian scenarios.



Romanian scenario. Implementation of CCS in the Black Sea (Romanian part) has been previously assessed in STRATEGY CCUS project as part of Galați region CCUS scenario. The original scenario contained two subclusters, Galați and Tulcea, with different emitters, transport options and storage solutions.

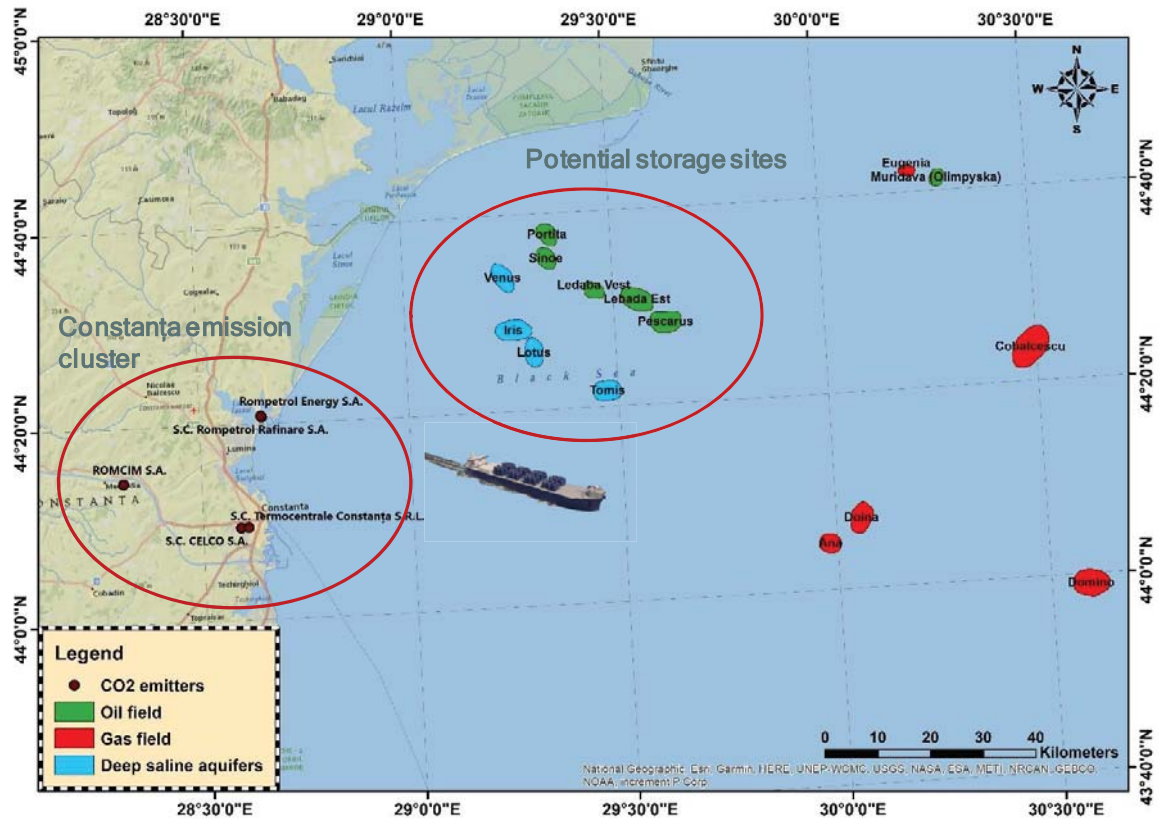


Fig. 2. Emitters and potential storage sites to be used in the updated Romanian CTS scenario

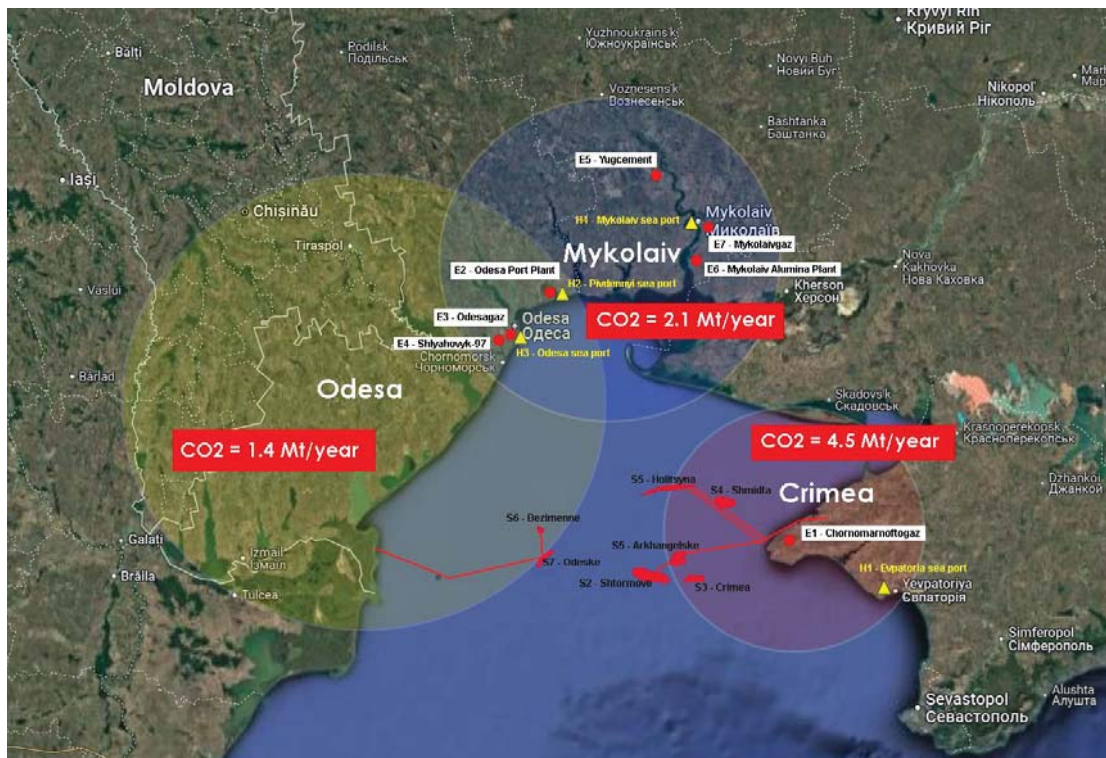


Fig. 3. Ukrainian CTS scenario



The Black Sea integrated scenario will merge the Romanian and Ukrainian scenario, simulating storage of all emissions into Romanian structures but also storage of all emissions into Ukrainian potential storage sites. These simulations will be useful in order to analyze the benefits and potential bottlenecks of cross-border projects. The synergy from cross border cooperation would be estimated by economic modeling in next steps of the CET Partnership project.

As part of the project, a comprehensive feasibility study on the direct injection of CO<sub>2</sub> from ships has been conducted to assess the potential of CCS for industrial applications. This study enhances the flexibility of both technical and logistical solutions, aiming to optimize CCS value chains, reduce costs, and demonstrate storage potential across four key regions: the North Sea, the Black Sea, the Baltic Sea, and the Atlantic coast of Portugal. Focusing on CO<sub>2</sub> capture and storage initiatives within the Black Sea, specifically for Romanian and Ukrainian projects, the study evaluates geological formations and resources.

The classification of these projects follows the UNFC framework, with particular emphasis on their environmental, economic and social viability, as well as their status and degree of geological exploration. It was determined that projects in Ukraine fall under the UNFC code 334, classified as "Screening Projects" with predicted geological storage. Meanwhile, Romanian projects, also classified under code 334, demonstrate a broader scope, with both identified and predicted geological storage.

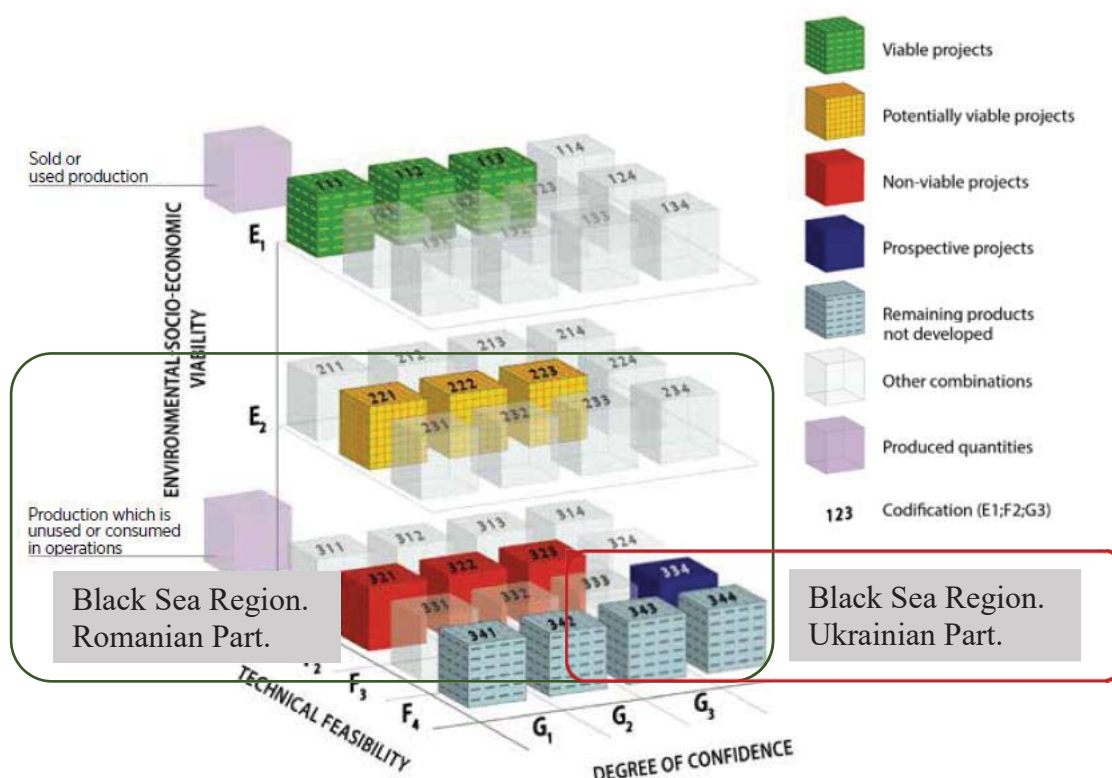


Fig. 4a. UNFC classification of regional CO<sub>2</sub> scenarios directly from ships within the CTS project (on the cubic scheme)

		Injected and Stored Quantities				
		Lost Quantities				
		Class	Sub-class	Categories		
E	F			G		
Total Geological Storage	Known Reservoir	Commercial Injection Projects	Active Injection	1	1.1	1, 2, 3
			Approved for Development	1	1.2	1, 2, 3
			Justified for Development	1	1.3	1, 2, 3
		Potentially Commercial Injection Projects	Development Pending	2 <sup>b</sup>	2.1	1, 2, 3
			Development on Hold	2	2.2	1, 2, 3
		Non-Commercial Injection Projects	Development Unclassified	3.2	2.2	1, 2, 3
			Development not Viable	3.3	2.3	1, 2, 3
	Storage Not Feasible		3.3	4	1, 2, 3	
	Undiscovered Reservoir	Screening Projects	Geological Storage Identified	3.2	3.1 <sup>c</sup>	4
			Geological Storage Indicated	3.2	3.2 <sup>c</sup>	4
			Geological Storage Inferred	3.2	3.3 <sup>c</sup>	4
		Storage Not Feasible		3.3	4	4

Fig. 4b. UNFC classification of regional CO2 scenarios directly from ships within the CTS project (on the table scheme)

- Black Sea Region. Ukrainian Part
- Black Sea Region. Romanian Part

*Acknowledgement:* This research was funded by CETPartnership, the Clean Energy Transition Partnership under the 2022 CETPartnership joint call for research proposals, co-funded by the European Commission (GA N°101069750) and with the funding organizations detailed on <https://cetpartnership.eu/funding-agencies-and-call-modules>.”

**Список використаних джерел:**

1. SRMS CO2 Storage Resources 5 Management System// [https://www.spe.org/media/filer\\_public/6f/2f/6f2ff44b-abae-4894-821a-f17c35df22ea/srms\\_draft6\\_public\\_review.pdf](https://www.spe.org/media/filer_public/6f/2f/6f2ff44b-abae-4894-821a-f17c35df22ea/srms_draft6_public_review.pdf)
2. Supplementary Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Resources (Update 2019) to Injection Projects for the Purpose of Geological Storage, (2024) // <https://unece.org/sites/default/files/2024-07/UNFC%20Injection%20Project%20Specs%20update%202024.pdf>
3. UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019) // [https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E\\_ECE\\_ENERGY\\_109\\_WEB.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf)
4. UNFC and Social and Environmental Management. 2023// <https://unece.org/unfc-and-social-and-environmental-management-0>

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ НА НАФТУ І ГАЗ

*Харченко М.В., канд. геол.-мін. наук, e-mail:ukraineuser@gmail.com;  
Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна*

Підвищення ефективності пошуково-розвідувального буріння вимагає аналізу всього наявного геолого-геофізичного матеріалу. Чинне місце в цьому аналізі повинно належати також аналізу негативних результатів буріння. Ігнорування даного виду аналізу призводить до зниження ефективності проведення пошуково-розвідувального буріння. Недостатньо провадився аналіз негативних результатів буріння для окремих частин Західного нафтогазоносного регіону України та акваторії Чорного моря. В Східному нафтогазоносному регіоні ефективність геологорозвідувальних робіт є достатньо високою.

## WAYS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF GEOLOGICAL EXPLORATION WORKS FOR OIL AND GAS

*Kharchenko M., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), e-mail: ukraineuser@gmail.com;  
State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine*

Increasing the efficiency of exploratory drilling requires the analysis of all available geological and geophysical material. Understanding negative consequences of drilling is an important aspect of this analysis. Ignoring this type of analysis leads to an efficiency decrease in exploratory drilling. The analysis of negative drilling results for certain parts of the Western oil and gas region of Ukraine and the Black Sea water area was insufficiently conducted. In the Eastern oil and gas region in Ukraine, the efficiency of geological exploration is quite high.

Визначення напрямків геологорозвідувальних робіт (ГРР) базується на аналізі результатів проведених попередніх робіт. Комплексне використання всього наявного геолого-геофізичного матеріалу сприяє прийняттю правильного управлінського рішення і досягнення максимального економічного ефекту. Особливо важливо це при визначенні напрямків пошуково-розвідувального буріння, вартість якого значно вище у порівнянні з іншими геолого-геофізичними роботами (сейсморозвідка, електророзвідка та інші методи), і відповідно, зростають ризики. При визначенні напрямків пошуково-розвідувального буріння важливе місце серед методів дослідження приналежить аналізу результатів попередніх бурових робіт, в тому числі аналіз негативних результатів буріння. Останній повинен бути обов'язковою складовою ГРР. Проте, на жаль, аналізу негативних результатів буріння приділяється недостатньо уваги, а інколи даний аналіз провадиться формально і поверхнево (наприклад Волино-Поділля, окремі ділянки Північно-Західного шельфу Чорного моря тощо) і, по суті, даний аналіз не виконує своєї функції.

Аналізи негативних результатів буріння для **пошукових** і **розвідувальних** робіт можуть суттєво різнитися. При отриманні негативних результатів **розвідувального** буріння надрокористувач майже завжди коригує свою подальшу роботу: уточнення місце буріння і задачі наступної свердловини чи проведення спочатку додаткової сейсміки (або інших геолого-геофізичних досліджень), чи взагалі припинення буріння. Необхідно також зазначити, що далеко не завжди негативні результати **розвідувального** буріння є наслідком неякісного прогнозу нафтогазоносності і не повинні сприйматися як невдача. Розвідка покладу завершується його оконтуренням і, по суті, законтурна (непродуктивна !) **розвідувальна** свердловина підтверджує масштаби покладу. Наприклад, навряд чи можна сприймати за велику невдачу результат буріння на Прикерченському шельфі Чорного моря в складних геологічних умовах (наявність численних тектонічних порушень) свердловини № 3 Суботіна після продуктивних свердловин №№ 403, 1 та 2. Свердловина № 3 Суботіна, хоча і мала категорію «пошукова свердловина», для продуктивного майкопського горизонту М-3 (в якому зосереджено більше половини запасів нафтового родовища) виконувала розвідувальні завдання. В даному тектонічному блоці промисловий приплив нафти у відкладах продуктивного горизонту М-3 отримано в параметричній свердловині № 403 Суботіна. В свердловині № 3 Суботіна при випробуванні продуктивного горизонту М-

З отримано приплив води дебітом декілька десятків метрів. Це свідчило про законтурне розташування даної свердловин, що дозволяло оцінити масштаби нафтогазоносності та визначати подальші напрямки геологорозвідувальних робіт на цьому об'єкті.

Інший сценарій може бути при отриманні негативних результатів при буріння **пошукових** свердловин. Тут ситуація може бути неоднозначною. По-перше, необхідно враховувати, що окремі надрокористувачі інколи мають обмежену кількість спеціальних дозволів на користування надрами (або взагалі навіть один) і тому даного надрокористувача може зовсім не цікавити подальша доля ГРР при отриманні негативних результатів на конкретному нафтогазоперспективному об'єкті. В такому випадку аналіз негативних результатів може не провадитися, що, безумовно, не сприяє підвищенню ефективності ГРР на інших ділянках регіону, в т.ч. у інших надрокористувачів.

З трьох нафтогазоносних регіонів України (Східного, Західного і Південного, в т.ч. акваторії) найбільш виражена ситуація, мабуть, в Східному регіоні. Врахування всіх результатів попередніх ГРР (в т.ч. аналіз негативних результатів пошукового буріння) при плануванні наступного пошукового буріння на нових об'єктах сприяють, звичайно, підвищенню ефективності проведення пошукового буріння. Це підтверджується, зокрема, аналізом [ 1 ] результатів проведення ГРР в Східному нафтогазоносному регіоні України.

Наприклад [ 1 ], за 20 років (1998-2017 рр.) пошукове буріння в Східному регіоні було проведено на 118 нафтогазоперспективних об'єктах, на яких відкрито 62 родовища ВВ і 56 структур виведено із негативними результатами буріння. *Коефіцієнт успішності пошукових робіт*, який визначається як [ 2 ] співвідношення кількості відкритих родовищ до загальної кількості об'єктів, де було проведено ГРР, таким чином дорівнює **0,53**. Відносно високий *коефіцієнт успішності пошукових робіт* (в світовій практиці, зазвичай, вважається успішність приблизно 0,3-0,35) пояснюється, зокрема, зосередженням пошукового буріння на ділянках із вже доведеною промисловою нафтогазоносністю, а в окремих випадках – в сусідніх блоках чи склепіннях вже відкритих раніше родовищ ВВ.

Як приклад ефективного (і оперативного !) аналізу результатів буріння можна навести північний схил Срібнянської депресії. Ця ділянка характеризується значною кількістю тектонічних порушень і тому, свого часу, тут певні перспективи пов'язувалися з тектонічно екранованими пастками. Проте відкриття свердловиною № 314 Волошківського газоконденсатного родовища в пастках **літологічно екранованого типу** і не підтвердження **тектонічного** фактору екранування на деяких сусідніх об'єктах (Горківська, Олексинська, Західно-Олексинська структури тощо) дозволило зробити висновок про зосередження наступних пошукових робіт саме на **літологічно** екрановані пастки, а не **тектонічно** екрановані. І, як наслідок, відкриття на цій ділянці декількох покладів вуглеводнів (пов'язаних з літологічним [ 3 ] фактором екранування) в межах Зимницького та Карпилівського газоконденсатних родовищ.

Неоднозначна ситуація з ефективністю в Західному регіоні і на акваторії Чорного моря. В Західному регіоні основні його частини, Більче-Волицька і Бориславсько-Покутська зони, характеризуються за 1948-2003 рр. успішністю пошукових робіт, яка відповідає звичайній світовій практиці – відповідно 0,38 та 0,34 [ 4 ]. В той же час, за аналогічний період третя (за обсягом пошукового буріння) частина Західного регіону (Волино-Поділля) характеризується дуже низькою ефективністю – 0,06 [ 4 ]. Тут при бурінні на 32 нафтогазоперспективних об'єктах відкрито лише два газових родовища : Локачинське та Великомоствівське.

Неоднозначна ситуація і на акваторії Південного регіону, зокрема в межах північно-західного шельфу Чорного моря. І якщо Каркінітський прогин характеризується високою ефективністю пошукового буріння – відкрито 7 газових і газоконденсатних родовищ при бурінні на 14 структурах (тобто *коефіцієнт успішності пошукових робіт* складає **0,5**). В той же час на південь від Штормового і Кримського родовищ (південний схил Каркінітського прогину і Каламитський вал) при бурінні на 9 (!!!) пошукових об'єктах не відкрито жодного родовища вуглеводнів.



Не можна сказати, що аналіз негативних результатів пошукового буріння на Волино-Поділлі та Північно-Західному шельфі Чорного моря не провадився взагалі. Є окремі тематичні роботи, присвячені цьому питанню, інколи достатньо великі за обсягом (десятки сторінок). Проте часто-густо у звіті дуже докладно викладається багато зайвої, як для такого типу звітів, інформації про свердловину, включаючи «Заходи з охорони надр і навколишнього середовища», «Метрологічне забезпечення робіт» тощо. В той же час про негативні результати повідомляється в 2-3 рядках загальних речень без жодної конкретики. Інколи взагалі в якості причини негативних результатів зазначається «обводненість геологічного розрізу». Хоча «обводненість геологічного розрізу» є, безумовно, **наслідком** негативних результатів, а не їх **причиною**. Навряд чи можна позитивно сприймати такі висновки, «що основною причиною негативних результатів буріння є те, що пластиколектори виявилися водонасиченими». І чи можна вважати нормальним, коли свердловина закінчена бурінням з негативним результатом у 1987 р., а відповідний звіт був підготовлений аж у 2003 р.? І за період між 1987 р. та 2003 р. в цій же зоні пробурено з негативними результатами ще 5 свердловин.

Таке легковажне відношення до негативних результатів пошукового буріння знайшло своє відображення і на важливих інформаційних матеріалах («прикрашаючи» тим самим ефективність ГРР). На Kartі фонду структур Південного нафтогазоносного регіону станом на 01.01.2020 (на жаль, це остання карта із щорічних) замість усіх 13 структур з негативним результатом на Північно-Західному шельфі зазначено лише 9. І якщо стосовно структур Сельського та Штильова ще якось можна пояснити тим, що вони знову у фонді підготовлених об'єктів, то відсутність серед негативних структур Іллічівської та Центральної пояснити нема чим.

При аналізі негативних результатів буріння обов'язково повинна бути зазначена **конкретна** причина отримання від'ємних результатів : відсутність пасткових умов (наприклад, відсутність антиклінального підняття чи його занадто мала амплітуда; витриманість колектора по площі замість його виклинювання; неекрануючі властивості тектонічних порушень або взагалі відсутність порушення і так далі), відсутність кондиційного колектора, технічні/технологічні причини тощо. Цей перелік не є вичерпним. Тільки в такому випадку можна вважати, що аналіз негативних результатів буріння виконаний і його висновки повинні бути враховані при визначенні напрямків подальших пошукових робіт.

### **Висновки**

Підвищення ефективності пошуково-розвідувального буріння вимагає аналізу всього наявного геолого-геофізичного матеріалу, в т.ч. аналізу негативних результатів буріння. Необхідно у всіх випадках отримання негативних результатів пошукового буріння оперативно визначати причину отримання негативних результатів і відповідно коригувати подальші плани проведення пошукового буріння (місцеположення свердловин, їх глибини, перспективні стратиграфічні комплекси, типи пасток, технологія буріння та розкриття перспективних відкладів тощо). При аналізі негативних результатів буріння повинно бути не просто перелік результатів буріння, а обов'язково зазначена **конкретна** причина отримання від'ємних результатів : відсутність пасткових умов, колекторів, технічні/технологічні причини тощо. Ігнорування аналізу негативних результатів буріння, або його формальне проведення, призводить до зниження ефективності проведення пошуково-розвідувального буріння. Особливо це актуально у випадку проведення подальшого пошукового буріння на Волино-Поділлі та на акваторії Чорного моря

### **Список використаних джерел:**

1. Харченко М. В., Пономаренко Л. С., Ковалко О. М., Чепіль П. М. Достовірність прогнозу нафтогазоносності перспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької западини// Нафтогазова галузь України - 2019. - № 5. – С. 09-13.



2. СОУ 73.1-41-02.01.38:2007 Аналіз фонду нафтогазоперспективних об'єктів. Методичні вказівки.
3. Аналіз вуглеводнево-сировинної бази та розробка перспективних напрямків її нарощування на 2004-2008 рр. в Східному нафтогазоносному регіоні. Чернігів: 2008, 296 с. - Звіт про НДР, Дем'яненко І., Лукін О., Пригаріна Т., та ін.
4. Геолого-економічна оцінка ресурсів вуглеводнів Західного нафтогазоносного регіону України станом на 01.01.2004 р. та визначення обсягів і напрямів геологорозвідувальних робіт. Львів : 2007, 436 с. - Звіт про НДР, Вуль М.Я., Вишняков І.Б., Заволянський Б.Б., та ін.

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ НА НАФТУ І ГАЗ

*Харченко М.В., канд. геол.-мін. наук, e-mail:ukraineuser@gmail.com;  
Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна*

Підвищення ефективності пошуково-розвідувального буріння вимагає аналізу всього наявного геолого-геофізичного матеріалу. Чинне місце в цьому аналізі повинно належати також аналізу негативних результатів буріння. Ігнорування даного виду аналізу призводить до зниження ефективності проведення пошуково-розвідувального буріння. Недостатньо провадився аналіз негативних результатів буріння для окремих частин Західного нафтогазоносного регіону України та акваторії Чорного моря. В Східному нафтогазоносному регіоні ефективність геологорозвідувальних робіт є достатньо високою.

## WAYS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF GEOLOGICAL EXPLORATION WORKS FOR OIL AND GAS

*Kharchenko M., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), e-mail: ukraineuser@gmail.com;  
State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine*

Increasing the efficiency of exploratory drilling requires the analysis of all available geological and geophysical material. Understanding negative consequences of drilling is an important aspect of this analysis. Ignoring this type of analysis leads to an efficiency decrease in exploratory drilling. The analysis of negative drilling results for certain parts of the Western oil and gas region of Ukraine and the Black Sea water area was insufficiently conducted. In the Eastern oil and gas region in Ukraine, the efficiency of geological exploration is quite high.

Визначення напрямків геологорозвідувальних робіт (ГРР) базується на аналізі результатів проведених попередніх робіт. Комплексне використання всього наявного геолого-геофізичного матеріалу сприяє прийняттю правильного управлінського рішення і досягнення максимального економічного ефекту. Особливо важливо це при визначенні напрямків пошуково-розвідувального буріння, вартість якого значно вище у порівнянні з іншими геолого-геофізичними роботами (сейсморозвідка, електророзвідка та інші методи), і відповідно, зростають ризики. При визначенні напрямків пошуково-розвідувального буріння важливе місце серед методів дослідження приналежить аналізу результатів попередніх бурових робіт, в тому числі аналіз негативних результатів буріння. Останній повинен бути обов'язковою складовою ГРР. Проте, на жаль, аналізу негативних результатів буріння приділяється недостатньо уваги, а інколи даний аналіз провадиться формально і поверхнево (наприклад Волино-Поділля, окремі ділянки Північно-Західного шельфу Чорного моря тощо) і, по суті, даний аналіз не виконує своєї функції.

Аналізи негативних результатів буріння для **пошукових і розвідувальних робіт** можуть суттєво різнитися. При отриманні негативних результатів **розвідувального буріння** надрокористувач майже завжди коригує свою подальшу роботу: уточнення місце буріння і задачі наступної свердловини чи проведення спочатку додаткової сейсміки (або інших геолого-геофізичних досліджень), чи взагалі припинення буріння. Необхідно також зазначити, що далеко не завжди негативні результати **розвідувального буріння** є наслідком неякісного прогнозу нафтогазоносності і не повинні сприйматися як невдача. Розвідка покладу завершується його оконтуренням і, по суті, законтурна (непродуктивна!) **розвідувальна** свердловина підтверджує масштаби покладу. Наприклад, навряд чи можна сприймати за велику невдачу результат буріння на Прикерченському шельфі Чорного моря в складних геологічних умовах (наявність численних тектонічних порушень) свердловини № 3 Суботіна після продуктивних свердловин №№ 403, 1 та 2. Свердловина № 3 Суботіна, хоча і мала категорію «пошукова свердловина», для продуктивного майкопського горизонту М-3 (в якому зосереджено більше половини запасів нафтового родовища) виконувала розвідувальні завдання. В даному тектонічному блоці промисловий приплив нафти у відкладах продуктивного горизонту М-3 отримано в параметричній свердловині № 403 Суботіна. В свердловині № 3 Суботіна при випробуванні продуктивного горизонту М-

З отримано приплив води дебітом декілька десятків метрів. Це свідчило про законтурне розташування даної свердловин, що дозволяло оцінити масштаби нафтогазоносності та визначати подальші напрямки геологорозвідувальних робіт на цьому об'єкті.

Інший сценарій може бути при отриманні негативних результатів при буріння **пошукових** свердловин. Тут ситуація може бути неоднозначною. По-перше, необхідно враховувати, що окремі надрокористувачі інколи мають обмежену кількість спеціальних дозволів на користування надрами (або взагалі навіть один) і тому даного надрокористувача може зовсім не цікавити подальша доля ГРР при отриманні негативних результатів на конкретному нафтогазоперспективному об'єкті. В такому випадку аналіз негативних результатів може не провадитися, що, безумовно, не сприяє підвищенню ефективності ГРР на інших ділянках регіону, в т.ч. у інших надрокористувачів.

З трьох нафтогазоносних регіонів України (Східного, Західного і Південного, в т.ч. акваторії) найбільш виражена ситуація, мабуть, в Східному регіоні. Врахування всіх результатів попередніх ГРР (в т.ч. аналіз негативних результатів пошукового буріння) при плануванні наступного пошукового буріння на нових об'єктах сприяють, звичайно, підвищенню ефективності проведення пошукового буріння. Це підтверджується, зокрема, аналізом [ 1 ] результатів проведення ГРР в Східному нафтогазоносному регіоні України.

Наприклад [ 1 ], за 20 років (1998-2017 рр.) пошукове буріння в Східному регіоні було проведено на 118 нафтогазоперспективних об'єктах, на яких відкрито 62 родовища ВВ і 56 структур виведено із негативними результатами буріння. *Коефіцієнт успішності пошукових робіт*, який визначається як [ 2 ] співвідношення кількості відкритих родовищ до загальної кількості об'єктів, де було проведено ГРР, таким чином дорівнює **0,53**. Відносно високий *коефіцієнт успішності пошукових робіт* (в світовій практиці, зазвичай, вважається успішність приблизно 0,3-0,35) пояснюється, зокрема, зосередженням пошукового буріння на ділянках із вже доведеною промисловою нафтогазоносністю, а в окремих випадках – в сусідніх блоках чи склепіннях вже відкритих раніше родовищ ВВ.

Як приклад ефективного (і оперативного !) аналізу результатів буріння можна навести північний схил Срібнянської депресії. Ця ділянка характеризується значною кількістю тектонічних порушень і тому, свого часу, тут певні перспективи пов'язувалися з тектонічно екранованими пастками. Проте відкриття свердловиною № 314 Волошківського газоконденсатного родовища в пастках **літологічно екранованого типу** і не підтвердження **тектонічного** фактору екранування на деяких сусідніх об'єктах (Горківська, Олексинська, Західно-Олексинська структури тощо) дозволило зробити висновок про зосередження наступних пошукових робіт саме на **літологічно** екрановані пастки, а не **тектонічно** екрановані. І, як наслідок, відкриття на цій ділянці декількох покладів вуглеводнів (пов'язаних з літологічним [ 3 ] фактором екранування) в межах Зимницького та Карпилівського газоконденсатних родовищ.

Неоднозначна ситуація з ефективністю в Західному регіоні і на акваторії Чорного моря. В Західному регіоні основні його частини, Більче-Волицька і Бориславсько-Покутська зони, характеризуються за 1948-2003 рр. успішністю пошукових робіт, яка відповідає звичайній світовій практиці – відповідно 0,38 та 0,34 [ 4 ]. В той же час, за аналогічний період третя (за обсягом пошукового буріння) частина Західного регіону (Волино-Поділля) характеризується дуже низькою ефективністю – 0,06 [ 4 ]. Тут при бурінні на 32 нафтогазоперспективних об'єктах відкрито лише два газових родовища : Локачинське та Великомоствівське.

Неоднозначна ситуація і на акваторії Південного регіону, зокрема в межах північно-західного шельфу Чорного моря. І якщо Каркінітський прогин характеризується високою ефективністю пошукового буріння – відкрито 7 газових і газоконденсатних родовищ при бурінні на 14 структурах (тобто *коефіцієнт успішності пошукових робіт* складає **0,5**). В той же час на південь від Штормового і Кримського родовищ (південний схил Каркінітського прогину і Каламитський вал) при бурінні на 9 (!!!) пошукових об'єктах не відкрито жодного родовища вуглеводнів.

Не можна сказати, що аналіз негативних результатів пошукового буріння на Волино-Поділлі та Північно-Західному шельфі Чорного моря не провадився взагалі. Є окремі тематичні роботи, присвячені цьому питанню, інколи достатньо великі за обсягом (десятки сторінок). Проте часто-густо у звіті дуже докладно викладається багато зайвої, як для такого типу звітів, інформації про свердловину, включаючи «Заходи з охорони надр і навколишнього середовища», «Метрологічне забезпечення робіт» тощо. В той же час про негативні результати повідомляється в 2-3 рядках загальних речень без жодної конкретики. Інколи взагалі в якості причини негативних результатів зазначається «обводненість геологічного розрізу». Хоча «обводненість геологічного розрізу» є, безумовно, **наслідком** негативних результатів, а не їх **причиною**. Навряд чи можна позитивно сприймати такі висновки, «що основною причиною негативних результатів буріння є те, що пластиколектори виявилися водонасиченими». І чи можна вважати нормальним, коли свердловина закінчена бурінням з негативним результатом у 1987 р., а відповідний звіт був підготовлений аж у 2003 р.? І за період між 1987 р. та 2003 р. в цій же зоні пробурено з негативними результатами ще 5 свердловин.

Таке легковажне відношення до негативних результатів пошукового буріння знайшло своє відображення і на важливих інформаційних матеріалах («прикрашаючи» тим самим ефективність ГРР). На Kartі фонду структур Південного нафтогазоносного регіону станом на 01.01.2020 (на жаль, це остання карта із щорічних) замість усіх 13 структур з негативним результатом на Північно-Західному шельфі зазначено лише 9. І якщо стосовно структур Сельського та Штильова ще якось можна пояснити тим, що вони знову у фонді підготовлених об'єктів, то відсутність серед негативних структур Іллічівської та Центральної пояснити нема чим.

При аналізі негативних результатів буріння обов'язково повинна бути зазначена **конкретна** причина отримання від'ємних результатів : відсутність пасткових умов (наприклад, відсутність антиклінального підняття чи його занадто мала амплітуда; витриманість колектора по площі замість його виклинювання; неекрануючі властивості тектонічних порушень або взагалі відсутність порушення і так далі), відсутність кондиційного колектора, технічні/технологічні причини тощо. Цей перелік не є вичерпним. Тільки в такому випадку можна вважати, що аналіз негативних результатів буріння виконаний і його висновки повинні бути враховані при визначенні напрямків подальших пошукових робіт.

### **Висновки**

Підвищення ефективності пошуково-розвідувального буріння вимагає аналізу всього наявного геолого-геофізичного матеріалу, в т.ч. аналізу негативних результатів буріння. Необхідно у всіх випадках отримання негативних результатів пошукового буріння оперативно визначати причину отримання негативних результатів і відповідно коригувати подальші плани проведення пошукового буріння (місцеположення свердловин, їх глибини, перспективні стратиграфічні комплекси, типи пасток, технологія буріння та розкриття перспективних відкладів тощо). При аналізі негативних результатів буріння повинно бути не просто перелік результатів буріння, а обов'язково зазначена **конкретна** причина отримання від'ємних результатів : відсутність пасткових умов, колекторів, технічні/технологічні причини тощо. Ігнорування аналізу негативних результатів буріння, або його формальне проведення, призводить до зниження ефективності проведення пошуково-розвідувального буріння. Особливо це актуально у випадку проведення подальшого пошукового буріння на Волино-Поділлі та на акваторії Чорного моря

### **Список використаних джерел:**

1. Харченко М. В., Пономаренко Л. С., Ковалко О. М., Чепіль П. М. Достовірність прогнозу нафтогазоносності перспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької западини// Нафтогазова галузь України - 2019. - № 5. – С. 09-13.

2. СОУ 73.1-41-02.01.38:2007 Аналіз фонду нафтогазоперспективних об'єктів. Методичні вказівки.
3. Аналіз вуглеводнево-сировинної бази та розробка перспективних напрямків її нарощування на 2004-2008 рр. в Східному нафтогазоносному регіоні. Чернігів: 2008, 296 с. - Звіт про НДР, Дем'яненко І., Лукін О., Пригаріна Т., та ін.
4. Геолого-економічна оцінка ресурсів вуглеводнів Західного нафтогазоносного регіону України станом на 01.01.2004 р. та визначення обсягів і напрямів геологорозвідувальних робіт. Львів : 2007, 436 с. - Звіт про НДР, Вуль М.Я., Вишняков І.Б., Заволянський Б.Б., та ін.



## **ВАЖКОВИДОБУВНІ ЗАПАСИ УКРАЇНСЬКИХ ГАЗОВИХ РОДОВИЩ – ШЛЯХ ДО НАРОЩУВАННЯ ВИДОБУТКУ ГАЗУ**

*Гафич І.П., к. геол.-мін. н., Коляда М.І., kolyadaMI@dtek.com,  
ТОВ “ДТЕК Нафтогаз”, Київ, Україна*

Розглядається проблема забезпечення власного видобутку газу в Україні за рахунок розробки нетрадиційних видів вуглеводнів. За результатами проведеного аналізу встановлено значну кількість запасів газу, що на сьогодні обліковуються Державним балансом, але за наявними фільтраційно-ємнісними властивостями та технологіями видобутку не розробляються. Такий тип газу слід класифікувати як газ колекторів щільних порід. Лише в межах ДДЗ запаси газу колекторів щільних порід становлять біля 100 млрд.м<sup>3</sup>. Розробка газу колекторів щільних порід потребує застосування дороговартісних технологій від геології і буріння до облаштування свердловин, організації та управління розробкою. ТОВ “ДТЕК Нафтогаз” на практиці доведено можливість розробки колекторів з погіршеними колекторськими властивостями. Розробка газу колекторів щільних порід можлива у найближчі роки, адже він зосереджений на діючих родовищах з наявною інфраструктурою. Пропонується надання газу колекторів щільних порід правового статусу окремої корисної копалини, розроблення методичних рекомендацій ДКЗ з обрахування та затвердження запасів газу колекторів щільних порід, постановки його на Державний баланс як окремого типу запасів газу, встановити в Податковому кодексі стимулюючі фіскальні умови для розробки газу колекторів щільних порід.

## **HARD-TO-RECOVER RESERVES OF UKRAINIAN GAS FIELDS – PATHWAY TO INCREASE GAS PRODUCTION**

*Hafych I., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Koliada M., kolyadaMI@dtek.com,  
DTEK Oil&Gas, Kyiv, Ukraine*

Issue of insurance of Ukrainian gas production by developing non-traditional hydrocarbon deposits is considered. According to the results of carried out analysis, significant amount of gas reservoirs has been identified and accounted by State Balance but are not developed due to the reservoir properties and state of production technologies. This type of gas should be classified as tight gas. Volume of tight gas reservoirs in DDB area is around 100 billion m<sup>3</sup>. Processes of developing tight gas reservoirs requires expensive technological solutions in geology, drilling, well placement and control over development. DTEK “Oil and Gas” LLC has proved in practice the possibility of developing reservoirs with derated properties. Development of tight gas reservoirs is possible in the coming years, as it is concentrated in existing fields with existing infrastructure. It is proposed to provide (assign) tight gas a separate mineral reserve legal status, to develop methodological recommendation of State Balance for calculation and approval of gas reserves, consider it as separate type of gas reserve, establish stimulation conditions in the Tax Code for further development of tight gas reservoirs.

Енергетична незалежність країни можлива лише за умови нарощування видобутку власного газу. На сьогодні обсяги видобутку газу 19 млрд м<sup>3</sup> і їх можливо суттєво наростити у найближчі роки. Це дозволить забезпечити власні потреби у споживанні газу та в перспективі експортувати газ у країни Європи.

Пріоритетними напрямки у забезпеченні збільшення власного газовидобутку є розробка нетрадиційних видів вуглеводнів – газу центральнобасейнового типу, сланцевого газу, проте розробка даних проектів знаходиться лише на початковій стадії геологічної оцінки і потребує технологій і значних термінів та капітальних затрат на їх реалізацію.

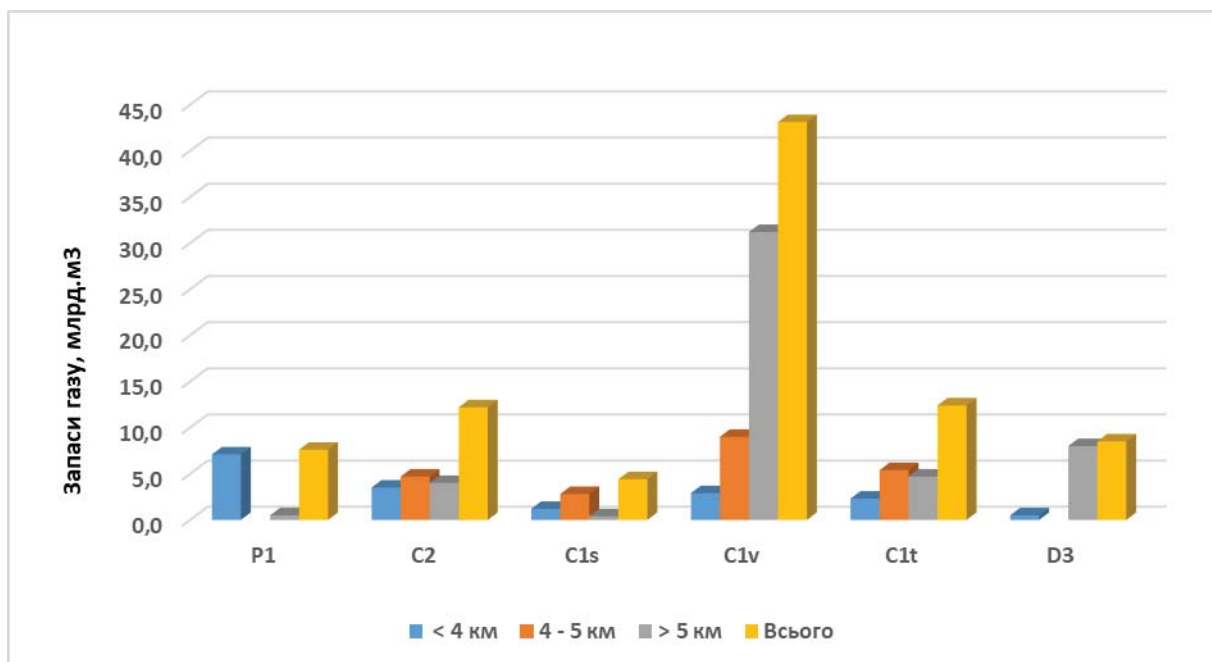
Водночас, за результатами проведеного аналізу на існуючих родовищах виявлено значну кількість запасів газу, що за наявними фільтраційно-ємнісними властивостями колекторів та технологій видобутку не розробляються. Це газ колекторів щільних порід діючих родовищ.

За даними Державного балансу запаси газу ущільнених колекторів лише в межах східного нафтогазоносного регіону (Дніпровсько-Донецька западина) становлять біля 100 млрд м<sup>3</sup>, з яких майже 50 млрд м<sup>3</sup> залягають на глибині понад 5000 м.

Можна припустити, що орієнтовно така ж частка запасів діючих родовищ, пов’язаних з ущільненими колекторами, була списана в процесі розробки через невідповідність геологічної будови, не отримання промислових дебітів та інші причини.

На основі аналізу результатів буріння свердловин на багатьох родовищах встановлено, що при випробуванні ущільнених колекторів припливів газу не отримано, або

отримано непромислові припливи, хоча за промислово-геофізичними дослідження пісковики характеризуються як газонасичені. Інтенсифікація припливу методом змінних тисків, який традиційно використовувався при дослідженні газових свердловин, також не призводила до отримання промислового припливу газу.



**Рис. 1. Розподіл запасів газу ущільнених порід Дніпровсько-Донецької западини за стратиграфічними комплексами та глибиною**

**Таблиця 1**

**Розподіл запасів газу ущільнених порід Дніпровсько-Донецької западини за стратиграфічними комплексами та глибиною**

Глибина, км	P <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1s</sub>	C <sub>1v</sub>	C <sub>1t</sub>	D <sub>3</sub>	Всього ДДз
< 4 км	7,1	3,5	1,2	2,9	2,3	0,5	17,5
4–5 км		4,7	2,8	9,0	5,4		21,9
> 5 км	0,5	4,0	0,4	31,2	4,7	8,0	48,8
Всього ДДз	7,6	12,2	4,6	43,1	12,4	8,5	88,2

Аналізуючи колекторські властивості порід за даними промислово-геофізичних досліджень та лабораторного вивчення зразків керна встановлено, що у більшості випадків пористість пісковиків змінюється в межах 6,0-8,0%, проникність, визначена по керну, становить від  $0,1 \times 10^{-15} \text{ м}^2$  до  $1,5-2,0 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ . В окремих випадках зафіксована відсутність припливу газу із колекторів зі значно вищими фільтраційно-ємнісними властивостями - пористість 10-12%, проникність до  $20 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ .

Враховуючи статистичні дані результатів досліджень можливо стверджувати, що газ колекторів щільних порід – це газ зосереджений у колекторах з погіршеними фільтраційно-ємнісними властивостями на діючих родовищах, з яких під час випробування отримано некомерційні припливи (або припливу не отримано). На сьогодні, за наявними фільтраційно-ємнісними властивостями порід та технологіями видобутку, запаси газу щільних колекторів не розробляються.

За сукупністю геологічних, технологічних та економічних факторів газ ущільнених колекторів відноситься до важковидобувного.

**Фільтраційно-ємнісні властивості та результати випробування ущільнених колекторів родовищ Дніпровсько-Донецької западини**

Родовище	Кількість св-н	Інтервал дослідження, м	Вік	Параметри горизонту			Дебіт газу
				Неф, м	Кп, %	Кпр, мД	
Семиренківське	9	5000-5670	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	0,8-17,2	6,0-9,3	0,11-5,6	до 11 тис. м <sup>3</sup> /д
Комишнянське	9	5000-5690	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	1,2-11,4	6,5-11,6	1,2-19,3	до 3,5 тис. м <sup>3</sup> /д
Кавердинське	4	4640-5150	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	2,0-17,4	7,0-9,0	0,1-6,2	виділення газу
Вакулівське	1	4685-4675	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	4,6	8,8-9,7		“сухо”
Відрадненське	6	4330-5185	C <sub>1</sub> V <sub>1</sub> - D <sub>3</sub> fm	1,0-7,0	5,1-9,5		виділення газу
Свистуньківсько-Червонолуцьке	2	5480-5950	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	1,2-8,6	6,0-7,9	0,1-5,8	слабкий приплив
Західно-Солохівське	3	4705-4890	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	1,0-5,4	7,0-9,5	3,46-6,7	виділення газу
Котелевське	5	5190-5920	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	1,2-9,0	6,5-11,0	0,04-5,1	слабкий приплив
Харківцівське	9	4730-5330	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	1,8-9,2	7,0-10,0	0,1-3,0	слабкий приплив
Сарське	1	5330-5270	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	8,8	6,5-8,5		слабкий приплив
Савинківське	2	5750-5830	C <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	1,2-5,4	7,4-10,4	0,1-13,6	до 1,02 тис. м <sup>3</sup> /д

В цілому можливо дати наступне визначення газу щільних колекторів: **газ колекторів щільних порід - природний горючий газ, який знаходиться у порах порід-колекторів, які відповідають значенням пористості не більше 8% або проникності не більше ніж 1 мілідарсі.**

Освоєння газу ущільнених колекторів діючих родовищ має ряд переваг у порівнянні з іншими проектами по розробці нетрадиційних запасів, які дають можливість швидкого нарощування видобутку:

- достатня вивченість покладів. За даними пробурених свердловин встановлено основні умови залягання та фільтраційно-ємнісні властивості порід;
- наявність існуючої інфраструктури газовидобутку діючих родовищ;
- наявність апробованих технологій по розробці газу щільних колекторів.

На практиці ДТЕК Нафтогаз реалізовано комплекс геолого-технологічних рішень за усім ланцюжком бізнес-процесу видобутку газу від геології і буріння до облаштування свердловин, організації та управління розробкою покладів з важковидобувними запасами. Таким чином на практиці доведено ефективність застосування у колекторах з погіршеними фільтраційно-ємнісними властивостями сучасних технологій із інтенсифікації припливу.

У свердловині 16 Семиренківська при випробуванні горизонту В-17 отримано нестабільний та короточасний приплив газу із непромисловими дебітами. Свердловина довгий час перебувала у режимі накопичення тиску, при стравлюванні тиску 1 раз на місяць відбір газу становив 12-20 тис. м<sup>3</sup>. Після проведення інтенсифікації припливу методом ГРП отримано промисловий дебіт газу та повернуто свердловину у видобувний фонд.

Таким чином, головним фактором комерціалізації освоєння запасів газу ущільнених колекторів є застосування додаткових сучасних технологій.

В цілому комплекс робіт з виявлення та освоєнню запасів газу щільних колекторів на основі застосування сучасних технологій має таку послідовність:

1. Геологорозвідувальні площадні роботи та обробка даних:

- широкоазимутальна 3D сейсмозвідка;
- технології обробки сейсмічних даних (глибинна міграція із збереженням амплітуд);
- технології пошуку зон “sweet spot” та їх типізація по рок-типам, еластична і стохастична інверсія;

- технології пошуку зон з підвищеною тріщинуватістю порід: структурна реконструкція, сейсмічна горизонтальна анізотропія, міграція дуплексних хвиль;
- сіквенс-стратиграфічний аналіз та детальна міжсвердловинна кореляція для створення тонкошаруватої геологічної моделі розподілу фацій та фільтраційно-ємнісних властивостей.

## 2. Геологорозвідувальні роботи в свердловинах:

- спеціалізовані методи промислово-геофізичних досліджень в опорних свердловинах: – ядерно-магнітний каротаж, кросдипольна акустика, нейтронна спектроскопія, спектральній гама-каротаж;
- відбір та лабораторне дослідження керн: стандартні та спеціальні (визначення рок-типів, умов осадконакопичення, внутрішньої архітектури порового простору, мінералогічний склад, геомеханічні дослідження, в тому числі визначення параметрів ГРП);
- комплексне тестування ущільнених порід (leak off test, випробувач на трубах/кабелі з відбором зразків);
- розробка та тестування бурових розчинів та рідин інтенсифікації на керновому матеріалі з моделюванням умов свердловини і пласта;
- профільне багаторівневе 2D ВСП для деталізації геологічної моделі та прогнозу “sweet spot”.

3. Геомеханічні дослідження для вибору конструкції, проектування технологій буріння та подальшої розробки родовища.

4. Буріння свердловин – використання систем управління траєкторіями, розчини на вуглеводневій основі, пакерні системи.

5. Технології облаштування вибоїв свердловин, організація сумісної експлуатації різних продуктивних горизонтів, інтенсифікації, створення ПДГТМ та зведеної гідродинамічно-геомеханічної моделі.

Розробку газу ущільнених колекторів можливо розпочати вже найближчим часом. Прогноз видобутку газу ущільнених колекторів базується на даних про обсяги запасів за даними Державного балансу.

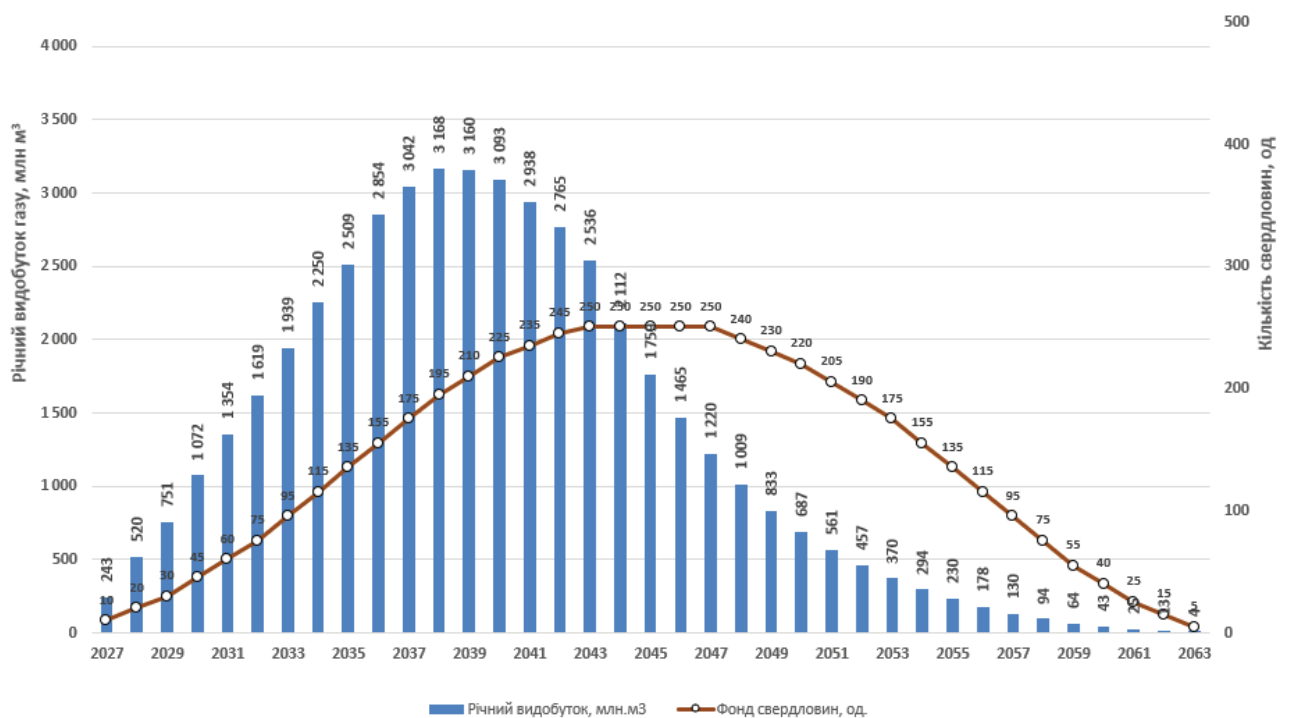


Рис. 2. Прогноз видобутку газу колекторів щільних порід

Відповідно до прогнозних розрахунків додатковий накопичений видобуток за рахунок газу ущільнених колекторів може скласти 47,4 млрд.м<sup>3</sup> до 2059 року. Максимальний річний видобуток газу 3,2 млрд.м<sup>3</sup> очікується до 2038 року.

Проте, розробка запасів газу колекторів щільних порід, яким властива низька проникність та пористість, суттєво відрізняється від розробки родовищ традиційного газу. Зокрема, видобуток газу колекторів щільних порід є менш економічно привабливим для розробки, адже потребує значних капітальних інвестицій, враховуючи надзвичайну складність буріння та ризикованість таких проектів. Можливість видобутку газу колекторів щільних порід обумовлена обов'язковим застосуванням наддорогих сучасних технологій.

Чинне галузеве законодавство України не враховує специфіку високовартісного видобутку газу колекторів щільних порід, фактично урівнюючи собівартість видобутку газу колекторів щільних порід та традиційного газу. Це суперечить фактичній виробничо-економічній дійсності та суттєво знижує інвестиційну привабливість видобутку газу колекторів щільних порід.

На сьогодні українські газовидобувні компанії не зацікавлені інвестувати кошти в розробку та видобуток газу колекторів щільних порід при діючому зоканодавстві, а країна фактично позбавлена шансу використовувати наявний потенціал такого газу, який дозволить в найближчі роки розпочати видобуток, враховуючи, що частину такого газу можна видобувати на вже пробурених свердловинах діючих родовищ.

Натомість, міжнародний досвід доводить доцільність точкового регуляторного стимулювання видобутку покладів, які не будуть розроблятися за звичайних умов. Такий підхід покликаний привабити інвесторів, пропонуючи їм диверсифікацію ризиків таких капіталомістких проектів.

Для стимулювання розробки газу колекторів щільних порід пропонується:

1. Розробка чітких і зрозумілих критеріїв виділення газу щільних колекторів за глибинами, комплексами порід, технологіями освоєння, техніко-економічними умовами розробки.

2. Завершення процедури надання газу колекторів щільних порід правового статусу.

Наразі в чинному законодавстві України відсутнє визначення «газ колекторів щільних порід» як окремої корисної копалини, в той же час є окреме визначення для традиційного та нетрадиційного природного газу. Проте робота в даному напрямку вже йде. На сайті Державної служби геології та надр України опубліковано проєкт про внесення змін до постанови КМУ від 12.12.1994 № 827 “Про затвердження переліку корисних копалин загальнодержавного значення”. Згідно цих змін до переліку горючих газоподібних корисних копалин окремо вноситься газ колекторів щільних порід.

3. Розроблення прозорої методики визначення та затвердження запасів газу колекторів щільних порід.

ДКЗ України необхідно розробити та погодити з органами влади спеціальні методичні рекомендації щодо геолого-економічної оцінки запасів газу колекторів щільних порід.

Затвердження прозорих Методичних рекомендацій для газу колекторів щільних порід дозволить користувачам нафтогазоносними надрами та ДКЗ здійснювати максимально коректну геолого-економічну оцінку родовищ газу колекторів щільних порід, з урахуванням специфіки, як окремого виду корисних копалин та технологій її видобутку. Розроблені Методичні рекомендації повинні стати базисом для запровадження стимулів для видобутку газу колекторів щільних порід.

4. Розробити процедуру постановки на Державний баланс як окремого типу запасів газу колекторів щільних порід.

5. В Податковому кодексі встановити стимулюючі фіскальні умови для розробки запасів газу колекторів щільних порід.



### **Список використаних джерел:**

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 12 грудня 1994 року № 827 “Про затвердження переліку корисних копалин загальнодержавного значення та місцевого значення”.
2. Державний баланс запасів корисних копалин України. Газ природний. Випуск 23 – Київ, ДНВП “Геоінформ України” – 2024.
3. Атлас родовищ з нафти і газу України // гол. Редактор М.М. Іванюта. – Львів: Центр Європи, 1998. – Т. V.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІТЧИЗНЯНОГО НАДРОКОРИСТУВАННЯ

*Жикаляк М.В., д. економ. н., к. геол. н., dongeo@ukr.net,*

*Бондар О.П., dongeo@ukr.net,*

*ДРГП «Донецькгеологія», м. Бахмут-м.Київ, Україна*

Розглянуто основні аспекти функціонування вітчизняного надрокористування в умовах воєнного стану, високої енергоємності виробництва, значних цінових коливань, перманентних кризових явищ і недосконалого державного регулювання. Рекомендованого обґрунтувати нову Державну мінерально-сировинну політику на основі інноваційної актуалізації Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на 2025-2030 роки, удосконалення нормативно-правових актів та використання оновленого Стандарту Ініціативи прозорості видобувних галузей – Стандарту-2023.

## EFFICIENCY OF DOMESTIC SUBSOIL USE

*Zhikalyak M., Dr. Sci.(Econ.), Cand. Sci. (Geol.), dongeo@ukr.net,*

*Bondar O., dongeo@ukr.net,*

*DRGP «Donetskgeology», Bakhmut-Kyiv, Ukraine*

The main aspects of the functioning of domestic subsoil use in conditions of martial law, high energy intensity of production, significant price fluctuations, permanent crisis phenomena and imperfect state regulation are considered. It is recommended to substantiate the new State mineral and raw materials policy based on the innovative updating of the National Program for the development of the mineral and raw materials base of Ukraine for 2025-2030, the improvement of regulatory acts and the use of the updated Standard of the Initiative for the Transparency of Extractive Industries - Standard-2023.

**Вступ.** Для України як і для будь-якої країни її природні ресурси, особливо невідновлювальні мінерально-сировинні – це подароване природним середовищем багатство, яке належить не тільки нинішньому, але й майбутнім поколінням і тому використовувати їх необхідно максимально ефективно та екологічно ощадливо з найбільшою користю для власних громадян і держави. Надійне функціонування базових галузей промисловості та інноваційно-інвестиційні перспективи їх повоєнного розвитку визначаються, головним чином ефективністю вітчизняного мінерально-сировинного комплексу (МСК) та конкурентоспроможністю мінерально-сировинної бази України в цілому. Однак, тривала деградація вітчизняної мінерально-сировинної бази (МСБ) в умовах олігархізації базових галузей промисловості та відсутність підготовлених конкурентоспроможних родовищ корисних копалин для відкриття нових переробних підприємств, призвели до занепаду МСК України.

Основними бар'єрами сталого розвитку надрокористування в Україні залишається застаріла оцінка запасів корисних копалин за неадаптованими до міжнародних стандартів і ринкових умов показниками. При цьому, в умовах тривалої відсутності масштабних пошуково-розвідувальних робіт, дана проблема стала системною і практично не вирішеною, а реструктуризація в 2021-2022 роках єдиного в галузі Українського державного геологорозвідувального інституту (УкрДГРІ) обумовила відсутність будь-якого науково-методичного супроводу як геологічного вивчення ділянок надр, так і надрокористування в цілому.

**Аналіз основних аспектів.** Невисока конкурентоспроможність нерозподіленого фонду надр і значна енергоємність промислового виробництва в умовах цінових коливань та перманентних кризових явищ обумовили гіперболізацію значення відновлювальних джерел енергії та нав'язування України постіндустріального розвитку («зеленої економіки»), замість неоіндустріальної модернізації. Більшість розвіданих у минулі роки родовищ і включених у державний баланс запасів корисних копалин(резервний фонд надр) непридатні для промислового освоєння в сучасних соціально-економічних умовах у зв'язку з тим, що розвідка і техніко-економічна оцінка запасів проводилася за застарілими методиками, а наявна зараз геологічна та економічна інформація про них є недостатньою для достовірної геолого-економічної оцінки і прийняття інвесторами позитивних рішень. Перманентна деградація вітчизняної мінерально-сировинної бази особливо посилювалася після реформування у 2011 році Державної геологічної служби в Державну службу геології та надр

України (Держгеонадра) за аналогією з країною-агресором (Росгеонедра). При цьому, за висновком експертів Єврогеослужби та геологічних служб Канади і США, фактична структура та функції Держгеонадр стали некомпетентними, фрагментарними і малоефективними із згубним впливом на національну економіку та інноваційно-інвестиційне удосконалення мінерально-сировинного комплексу держави.

Застарілі технології і висока енергоємність видобутку та переробки корисних копалин не можуть забезпечити збільшення видобутку стратегічно важливих і корисних видів мінеральної сировини з доцільністю 100% забезпечення потреб України до 2030 року. При цьому, податки у видобувній промисловості є одним з найвищих у світі, що не сприяє рентабельній роботі більшості видобувних підприємств, шахт і компаній. Податок за використання надр для видобування корисних копалин нараховується в залежності від вартості видобутку одиниці мінеральної сировини. Упереджено не враховується величина гірничої ренти родовищ, якісні характеристики корисних копалин і гірничо-геологічні умови розробки покладів, а саме головне вартості корисних копалин без урахування витрат на їх збагачення та постачання мінеральної сировини споживачу. В результаті виходить, що надрокористувач, у якого більша вартість видобування по причині складних гірничо-геологічних умов і меншої якості корисних копалин, буде платити вище рентні податки, хоча все повинно бути навпаки.

Відмічені об'єктивні обставини, а також упереджено знищена протягом останніх 12-15 років система сталого природоохоронного запасів корисних копалин у надрах для компенсації видобутих і доведення до кризового стану геологічної галузі в цілому обумовили знаходження в довоєнні роки у реальному мінерально-сировинному комплексі України 10 % великих родовищ, які забезпечували 51% усього обсягу видобування корисних копалин, близько 27% середніх родовищ із 24% видобутку та більше 63% малих, на які припадало лише 25% від загального видобутку мінеральної сировини.

Протягом 2023 року Держгеонадрами було видано 385 спеціальних дозволів на користування надрами, в тому числі 149 спецдозволів без проведення аукціону, 26-на продовження строку дії та 1- на переоформлення. За результатами електронних торгів видано 85 спеціальних дозволів на користування надрами із 106 виставлених на торги. Одночасно наказами Держгеонадр було анульовано 119 раніше виданих спеціальних дозволів на користування надрами і щодо 123 зупинена їх дія. Для порівняння у 2022 році без проведення аукціону було надано 206 спеціальних дозволів на користування надрами, 89 – за результатами електронних торгів, 112 спецдозволів анульовано, щодо 65 зупинена їх дія та щодо 69 спецдозволів поновлена дія на користування надрами.

Постійне удосконалення Електронного кабінету надрокористувача дозволяє Держгеонадрам попередньо перевірити наявність у межах виділеної ділянки для оформлення спецдозволу на користування надрами водних об'єктів, водозаборів питних вод природозаповідного фонду (ПЗФ), земель лісового призначення та інфраструктурних об'єктів тощо. При цьому, Єдину державну електронну геоінформаційну систему доцільно доповнити іншими електронними ресурсами та базами даних. Перш за все, це стосується економічної стратегії розвитку України на період до 2030 року і подальшу перспективу, потреб вітчизняної промисловості в мінеральній сировині, кон'юнктури мінерально-сировинних ринків щодо критичних і стратегічних корисних копалин, показників угод про розподіл продукції в межах наявних спецдозволів на користування надрами, ведення автоматизованої звітності державного обліку запасів нафти і газу, обсягів сплачених надрокористувачами податків і зборів за видами корисних копалин, протоколів рішення науково-технічної ради Держгеонадр, прогнозування змін геологічного середовища, виданих комплектів інтерактивної Держгеокарти-200 та заходів щодо модернізації Державної служби геології та надр України згідно із західними стандартами ринкової економіки. Крім того, необхідно проаналізувати стан виконання загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року з метою уточнення та актуалізації реальних програмних показників згідно потреб вітчизняної промисловості та Національної економічної стратегії на період 2030 року і подальшу перспективу.

З метою актуалізації геологічного вивчення та освоєння корисних копалин, які мають стратегічне значення для неоіндустріального розвитку економіки та обороноздатності держави Держгеонадра обмежилися тільки внесенням проекту постанови Кабінету Міністрів України щодо затвердження Переліку відповідних родовищ і ділянок надр, яких ще немає або стосовно освоєння та переробки яких геолого-економічна оцінка, відсутні сучасні технології та відповідні підприємства. Не дивно, що запровадження цього Переліку перенесено на 2024 рік або буде відтерміновано до закінчення воєнного стану. Ще більш некомпетентними і упередженими є заходи Держгеонадр, які стосуються проведення оцінки (а необхідно переоцінки) запасів корисних копалин, які обліковуються у Державному балансі запасів, але не розробляються, у відповідності до вимог Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 №432 (зі змінами). Загальновідомо, що переведення запасів корисних копалин стосовно родовищ, які розвідувалися в минулі роки, але не розробляються, може здійснюватися лише за результатами виконання геологічних робіт з їх переоцінки по кожному об'єкту і по кожній мінеральній сировині окремо згідно чинних інструкцій, класифікацій та вимог Державної комісії по запасам (ДКЗ) України.

**Удосконалення нормативно-правових актів.** Удосконалення законодавства у сфері користування надрами необхідно здійснювати для створення прозорої, збалансованої та економічно рівнобісної перманентної системи користування надрами, яка забезпечить підвищення конкуренції мінеральної сировини на внутрішньому і зовнішніх ринках, зменшить тіньову частку в процесі гірничої діяльності, сприятиме раціональному, екологічно ощадливому надрокористуванню та унеможливить корупційно-рентоорієнтовані прояви в процесі державного регулювання використання надр.

Верховна Рада України в умовах широкомасштабної збройної агресії Російської Федерації проти України прийняла закон України від 01.12.2022 №2805-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами». Затверджені цим законом правові норми стосуються головним чином уточнення та розширення процедурних аспектів оформлення спеціальних дозволів на користування надрами, порядку їх видачі строків дії, внесення змін про умови користування надрами, державної реєстрації робіт з геологічного вивчення надр із функціонуванням єдиної державної геоінформаційної системи тощо.

Актуалізованою мінерально-сировинною Програмою-2030 на період 2025-2030 років передбачено:

- 1. Проведення пошукових робіт для оновлення даних щодо більше 80 пріоритетних проявів корисних копалин, переважно стратегічного значення,*
- 2. Забезпечення сталого розвитку сектора критичної сировини, збільшення його внеску в національну економіку та зміцнення позицій України на глобальному ринку критичних матеріалів і продуктів з доданою вартістю.*
- 3. Завершення робіт з детального (а де поділося середньомасштабне?) геологічного картування території України з метою розширення фонду перспективних ділянок надр шляхом виділення не менше 500 нових інвестиційних об'єктів для постановки пошукових і пошуково-оцінювальних робіт.*
- 4. Забезпечення проведення моніторингу стану ресурсної бази і зручного (а чому не онлайн-доступного?) доступу до геологічної інформації з використанням GIS-технологій.*
- 5. Здійснення постійного моніторингу підземних вод і небезпечних геологічних процесів для гарантування сталого забезпечення потреб населення якісною питною водою та зниження негативного впливу небезпечних геологічних процесів на життєдіяльність людей.*
- 6. Забезпечення моніторингу раціонального використання й охорони надр шляхом здійснення перевірок виконання програм робіт надрокористувачами, запобігання незаконного видобутку корисних копалин і нарахування збитків, нанесених державі.*
- 7. Використання для оцінки ресурсів і запасів стратегічних і критичних корисних копалин міжнародної системи класифікації РК ООН.*

Зараз, в умовах воєнного стану та недосконалих ринкових відносин, планування і реалізацію заходів щодо сталого розвитку мінерально-сировинної бази та надрокористування в Україні доцільно здійснювати у дві взаємопов'язані стадії-оперативних системних дій та стратегічних розробок. Основні напрями інноваційної реструктуризації вітчизняної мінерально-сировинної бази та надрокористування повинні передбачати запровадження принципово нової методики оцінки освоєних і резервних родовищ корисних копалин (а не тільки нав'язування класифікації ООН) у відповідності з реальним станом гірничовидобувної та переробної промисловості, адаптованих до ринкових умов оціночних параметрів і стандартів та врахування європейського досвіду уніфікації реформування мінерально-сировинної бази 10 країн-перших нових членів Європейського Союзу.

**Ініціатива прозорості видобувних галузей.** Ініціативу прозорості видобувних галузей (ІПВГ) впроваджено у 57 країнах світу. Метою ІПВГ є сприяння відкритому та ефективному управлінню природними ресурсами країни. Україна приєдналася до ІПВГ у 2013 році, а в 2020 році охоплювала 10 видобувних галузей;

- видобування кам'яного вугілля;
- видобування нафти і природного газу;
- видобування руд заліза;
- видобування руд титану;
- видобування руд марганцю;
- видобування вогнетривких глин;
- видобування тугоплавких глин;
- видобування піску кварцевого скляного;
- видобування будівельного каміння;
- транспортування нафти і природного газу.

ІПВГ дає змогу державам, що впроваджують Стандарт прозорості, не лише продемонструвати готовність до удосконалення надрокористування, проведення ефективних реформ і боротьби з корупційно-рентоорієнтованими проявами, а й підвищити міжнародний імідж країни, забезпечити довіру інвесторів та вдосконалити процес збору податків на користь держави. Приєднання до ініціативи прозорості видобувних галузей було однією з вимог міжнародних фінансових інститутів, які відкрили Україні кредитні лінії та є надзвичайно важливими у контексті інтеграції України до Європейського Союзу. Зараз Україна готується впроваджувати оновлений Стандарт ІПВГ, затверджений у червні 2023 року на Глобальній конференції ІПВГ у Дакарі – Стандарт-2023. У відповідності до Стандарту 2023 року країни-учасниці ІПВГ зобов'язані розкривати інформацію про те, як проводиться контроль та перевіряється достовірність даних про видобуток та експорт мінеральної сировини нафтогазовими і гірничовидобувними підприємствами, включаючи старательський та дрібномасштабний видобуток. Для отримання дезагрегованих даних щодо експорту корисних копалин окремими підприємствами і компаніями або фінансовими операціями рекомендується внести відповідні зміни до форм звітності про платежі на користь держави. Крім того, необхідно удосконалити систему моніторингу та перевірок точності даних про видобуток і запаси корисних копалин, включаючи старательський та дрібномасштабний видобуток. Рекомендується також забезпечити моніторинг видобувних компаній та удосконалити управління ризиками щодо втрат доходів через застосування надмірних віртуальних внутрішньофірмових витрат або наявності тіньових неоподаткованих доходів.

Нові положення Стандарту-2023 обумовлюють обов'язковість нормативно-правового супроводу і прозорості процедурних аспектів видачі спецдозволів на користування надрами і передачу ділянок надр у користування за результатами оновлення законодавчих норм із запровадженням прискорених або «спрощених» процесів видачі чи передачі спеціальних дозволів на користування надрами

Підвищенню ефективності вітчизняного надрокористування сприятиме цифровізація нафтогазових і гірничовидобувних компаній з використанням платформи ІПВГ, яка стане потужним інструментом для взаємодії надрокористувачів з державними органами щодо звітності, обліку і розкриття даних згідно з Стандартом-2023. Вимагається також



необхідність опублікування видобувних або сервісних угод, договорів і контрактів, включаючи всі угоди щодо користування надрами та угод з органами місцевого самоврядування стосовно фінансування соціальних чи інфраструктурних проєктів і програм. Обов'язковим є подання даних про кінцевих бенефіціарних власників гірничовидобувних компаній, які володіють часткою від 10%.

Рекомендується визначити види корисних копалин, які є критичною сировиною для виробництва низьковуглецевих технологій та обґрунтування і зтвердження в установленому порядку їх запасів.

Одним із заходів щодо підвищення ефективності вітчизняного надрокористування повинно стати удосконалення нормативно-правової бази, що регулює здійснення контролю і перевірок достовірності даних про видобуток і облік балансових запасів та наявність у відкритому доступі даних про результати проведення державної експертизи, оцінки та затвердження запасів корисних копалин.

**Висновки.** З урахуванням викладеного, до закінчення воєнного стану необхідно обґрунтувати нову Державну мінерально-сировинну політику з метою забезпечення інноваційного розвитку вітчизняного мінерально-сировинного комплексу на основі довгострокового прогнозування споживання основних видів мінеральної сировини не тільки на період до 2030 року, а й на перспективу до 2050 року. Тільки за таких умов мінерально-сировинна база і мінерально-сировинний комплекс держави можуть стати важливою складовою національної економіки. При цьому гірничо-видобувна промисловість повинна забезпечити потужний поштовх розвитку вітчизняної промисловості, її інноваційно-технологічну модернізацію, зростання доходів у державний і місцевий бюджети та створення нових робочих місць.

## ДО ПИТАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ ГЕОФІЗИЧНОГО ТА ГЕОЛОГІЧНОГО ПІДКЛАСІВ

*Кордіяка І.М., igorwankor@gmail.com,*

*Чалий Д.О., к. тех. н., доцент, d.chalyu@ldubgd.edu.ua;*

*Карабин В.В., д. тех. н., професор, vasyk.karabyn@gmail.com,*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна*

Небезпечні ситуації природного походження є суттєвою загрозою для безпеки та добробуту населення, вимагаючи швидкої реакції з боку влади та громадськості. У 2022 році світ зазнав 387 стихійних лих, внаслідок яких загинуло понад 30 тис. осіб, а 185 мільйонів постраждало, економічні втрати становили близько 223,8 млрд доларів США. Ці ситуації залишаються небезпечними, а їх дослідження та класифікація є важливими для ефективного управління. В Україні застосовується Національний класифікатор надзвичайних ситуацій, який визначає види надзвичайних ситуацій залежно від їх характеру: техногенні, природні, соціальні та воєнні. Надзвичайні ситуації природного характеру поділені на геофізичні, геологічні, метеорологічні, гідрологічні морські, медико-біологічні, гідрологічні надзвичайні ситуації поверхневих вод, надзвичайні ситуації пов'язані з пожежами в природних екологічних системах. Кожен тип природних надзвичайних ситуацій має свої особливості, що визначає заходи з їх попередження та мінімізації наслідків. Автори пропонують переглянути класифікацію, об'єднавши деякі види надзвичайних ситуацій у спільні категорії для більш ефективного управління.

## ON THE ISSUE OF GEOPHYSICAL AND GEOLOGICAL SUBCLASSES OF NATURAL DISASTERS CLASSIFICATION

*Kordiaka I., igorwankor@gmail.com,*

*Chalyu D., Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., d.chalyu@ldubgd.edu.ua;*

*Karabyn V., Dr. Sci. (Eng.), Prof., vasyk.karabyn@gmail.com,*

*Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

The risk to human lives and wellbeing posed by naturally occurring hazards is significant, necessitating a prompt response from the relevant authorities and the general public. In 2022, the global incidence of natural disasters reached 387, resulting in over 30,000 fatalities and affecting 185 million individuals. The economic toll of these events is estimated at approximately USD 223.8 billion. It is of the utmost importance to continue researching and classifying these situations in order to ensure effective management. The National Classifier of Emergencies, as employed by Ukraine, defines the types of emergencies according to their nature, categorising them as man-made, natural, social or military. Natural emergencies are classified into the following categories: geophysical, geological, meteorological, hydrological marine, medical and biological, and hydrological surface water emergencies, as well as emergencies related to fires in natural ecological systems. The specific characteristics of each type of natural disaster determine the measures required to prevent and minimize its consequences. The authors put forth a proposal to revise the classification system by combining select types of emergencies into a more unified categorization structure, with the aim of enhancing the efficacy of emergency management.

Небезпечні ситуації природного характеру є тестами для суспільства, ставлять під загрозу безпеку і благополуччя населення, та вимагають швидкого реагування та координації зусиль з боку владних структур та громадськості.

У 2022 році у світі зафіксовано 387 стихійних лих і катастроф внаслідок чого загинуло 30704 осіб та постраждало 185 мільйонів осіб. Економічні збитки склали близько 223,8 млрд доларів США [1]. Хвилі спеки спричинили понад 16 000 смертей у Європі, тоді як посухи вразили 88,9 млн людей в Африці. Ураган «Іен» сам завдав збитків на американському континенті на 100 млрд доларів США. Катастрофічні забруднення вод не спричиняють раптових смертей, але є «тихими вбивцями» багатьох людей [2-4]. Тобто надзвичайні ситуації природного походження все ще є дуже небезпечними, а відтак їх вивчення є дуже актуальним.

Серед різних наукових методів, окреме місце належить класифікації. Класифікація - це науковий метод, який використовується для систематизації та групування об'єктів, явищ, ідей або даних на основі спільних ознак чи характеристик. Вона має важливе значення в наукових

дослідженнях, оскільки дозволяє нам розуміти, описувати та аналізувати різноманітність об'єктів і явищ у структурований спосіб.

В Україні діє Національний класифікатор "Класифікатор надзвичайних ситуацій", який застосовують для збирання адміністративних даних та організації взаємодії органів центральної виконавчої влади, відомств, організацій, підприємств під час вирішування питань, пов'язаних із надзвичайними ситуаціями (НС) [5].

Відповідно до ДК 019:2010 "Класифікатор надзвичайних ситуацій" надзвичайна ситуація – це порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом чи іншою небезпечною подією, зокрема епідемією, епізоотією, епіфітотією, пожежею, що призвело (може призвести) до виникнення великої кількості постраждалих, загрози життю та здоров'ю людей, їх загибелі, значних матеріальних утрат, а також до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності [5].

Залежно від характеру походження подій, що можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій на території України, визначають такі види надзвичайних ситуацій:

- техногенного характеру;
- природного характеру;
- соціального характеру;
- воєнного характеру.

Надзвичайна ситуація природного характеру - порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, пов'язане з небезпечним геофізичним, геологічним, метеорологічним або гідрологічним явищем, деградацією ґрунтів чи надр, пожежею у природних екологічних системах, зміною стану повітряного басейну, інфекційною захворюваністю та отруєнням людей, інфекційним захворюванням свійських тварин, масовою загибеллю диких тварин, ураженням сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками тощо [5].

Відповідно до ДК 019:2010 "Класифікатор надзвичайних ситуацій" НС природного характеру позначається кодом 2000.

Серед НА природного характеру виділяють [5]:

- |20100| геофізичні НС
- |20200| геологічні НС
- |20300| метеорологічні НС
- |20400| гідрологічні морські НС
- |20500| гідрологічні НС поверхневих вод
- |20600| НС, пов'язані з пожежами в природних екологічних системах
- |20700| медико-біологічні НС

Класифікація надзвичайних ситуацій природного походження за типами допомагає краще зрозуміти природу таких явищ та розробити ефективні заходи для їх запобігання та управління. Кожен тип надзвичайних ситуацій природного походження має свої особливості та характеристики.

До групи геофізичних класифікатор відносить сейсмічні надзвичайні ситуації.

До геологічних НС класифікатор відносить:

- НС, пов'язана з виверженням грязьового вулкана;
- НС, пов'язана зі зсувом;
- НС, пов'язана з обвалом або осипом;
- НС, пов'язана з осіданням (провалля) земної поверхні;
- НС, пов'язана з карстовими провалами;
- НС, - пов'язана з підвищенням рівня ґрунтових вод (підтопленням) [5].

Автори вважають недоцільним виділення геофізичних НС в окрему категорію. Натомість пропонуємо серед геологічних НС виділити групи ендегенних та екзогенних НС.

#### **Висновки**

1. Чинна класифікація надзвичайних ситуацій в Україні закріплена у документі ДК 019:2010 "Класифікатор надзвичайних ситуацій". Серед класу НС природного виділено підкласи: геофізичні НС, геологічні НС, метеорологічні НС, гідрологічні морські НС, гідрологічні НС поверхневих вод, НС, пов'язані з пожежами в природних екологічних системах, медико-біологічні НС.

2. Запропоновано зміни до класифікації НС у частині підкласів «Геофізичні НС» та «Геологічні НС». Запропоновано виділити підклас «Геологічні НС» та групи «Ендегенні геологічні НС» та «Екзогенні геологічні НС».

#### **Список використаних джерел:**

1. EM-DAT. <https://www.cred.be/> Інтернет ресурс. Дата звернення 7.09.2024 р.
2. Карабин В.В., Колодій В.В., Яронтовський О.Г., Козак Ю.М., Карабин О.О. Щодо динаміки забруднення ґрунтових вод Передкарпаття у зоні техногенезу родовищ нафти // Праці наукового товариства імені Шевченка. Том XIX. Геологічний збірник. 2007. С. 182-190.
3. Карабин В.В. Закономірності зміни макрокомпонентного хімічного складу вод ріки Білий Черемош // Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2015. №1. С. 114-121.
4. Kuzyk, A., Karabyn, V., Shuryhin, V., Sushko, Y., Stepova, K., Karabyn, O. (2023). The River System Pollutant Migration in the Context of the Sudden One-Time Discharge with Consideration of the Bottom Sediments Influence (Case of Benzene Migration in the Stryi River, Ukraine). *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 46-54. <https://doi.org/10.12912/27197050/154909>
5. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 0192001, затверджений наказом Держстандарту України від 19 листоп. 2002 р. № 552 // Бюл. законодавства і юрид. практики України. 2002. № 12

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТИПІВ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ ВИРОБІВ З ДЕКОРАТИВНОГО КАМІННЯ НА ЇХ ДОВГОВІЧНІСТЬ

*Гелета О.Л., к. геол. н., член-кореспондент Академії будівництва України, olgel@gems.org.ua;  
Сергієнко І.А., sia.gems@gmail.com,  
Державний гемологічний центр України, Київ, Україна*

Досліджено вплив різних типів обробки виробів з декоративного каміння, на його якісні характеристики, зокрема, довговічність. З метою встановлення впливу типу обробки лицевої поверхні (оброблена дробом, водоструминна, обпалена вогнем (термооброблена)) на споживчі властивості виробів з декоративного каміння було проведено дослідження і встановлено найбільш заощадливі щодо збереженості для лабрадоритів фактурні обробки, аналогічні за експлуатаційною функціональністю.

## STUDY OF THE INFLUENCE OF TYPES OF SURFACE TREATMENT OF DECORATIVE STONE PRODUCTS ON THEIR DURABILITY

*Geleta O., Cand. Sci. (Geol.), corres. member of the Academy of Construction of Ukraine,  
olgel@gems.org.ua;  
Sergienko I., sia.gems@gmail.com,  
State Gemological Center of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

The influence of various types of decorative stone products on its quality characteristics, in particular, durability, was studied. In order to establish the influence of the type of treatment of the front surface (shot-blasted, water-blasted, fire-burnt (heat-treated)) on the consumer properties of decorative stone products, a study was conducted and the most economical in terms of the preservation of labradorite texture treatments, similar in terms of operational functionality, were determined.

**Вступ.** Серед якісних характеристик декоративного каміння чільне місце посідає довговічність, що визначає терміни практичної експлуатації виробів з нього. Довговічність декоративного каміння залежить від його петрографічної будови, умов експлуатації виробів, типу обробки поверхні. Відомо, що найбільшу довговічність мають кам'яні вироби з полірованою поверхнею обробки. У своєму дослідженні було розглянуто залежність довговічності виробів з декоративного каміння від обробки їх поверхні обпаленням (термообробкою), обробки дробом, обробки струменями води.

Обпалена (термооброблена) поверхня (flamed finish) – фактура обробки поверхні декоративного каміння, отримана у результаті її обпалення вогняним струменем при температурі 2300-2700 °С. У результаті такої обробки породоутворюючі мінерали декоративного каміння вилущуються, утворюючи рівномірно-шорстку поверхню з асиметрією рельєфу до 10 мм.

Оброблена дробом поверхня декоративного каміння є різновидом піскоструменевої обробки (sand blasted finish), але замість піску тут використовується залізний дріб, який розбиваючи верхній шар каменю, утворює рівномірно-шорстку поверхню.

Поверхня з водоструминною обробкою (water jet stream finish) – матова поверхня, отримана в результаті обробки поверхні декоративного каміння струменем води під високим тиском.

Дані типи обробки поверхні мають однакове функціональне призначення – ефективно забезпечувати протиковзні функції у виробах з декоративного каміння і рекомендуються для плит мощення, сходів і сходових майданчиків, накривних плит, для облицювальних плит в оздобленні цоколів будинків, а також для створення ефекту старожитності виробів.

**Виклад основного матеріалу.** Для проведення досліджень було використано зразки плитки лабрадоритів родовищ Кам'яна Піч і Слобідське, які знаходяться в межах Коростенського плутону Українського щита (Житомирська обл.). Досліджені зразки були квадратної форми з розміром бічних граней 13x13 см і поверхнею, обробленою обпаленням (термообробкою), дробом, струменями води, згідно з п. 4.1.8.2 ДСТУ EN 1469:2007 «Вироби з природного каменю. Облицювальні плити. Вимоги». Поверхня бічних і тильних сторін даних зразків була пиляна.



Для дослідження довговічності лабрадоритів було проведено визначення їх водопоглинання при атмосферному тиску, згідно вимог ДСТУ Б EN 13755:2007 «Методи випробування природного каменю. Визначення водопоглинання при атмосферному тиску», і визначення стану збереженості матеріалу даних зразків згідно вимог Методики визначення стану збереженості пам'яток з декоративного каміння України за допомогою ультразвукового зондування, затвердженої наказом Державного гемологічного центру України від 12.01.2015 № 2/15-5 для електронних ультразвукових п'єзоелектричних дефектоскопів. Для проведення досліджень використано електронний ультразвуковий п'єзоелектричний дефектоскоп MATEST C372N з частотою ультразвукових коливань 55 кГц.

У якості еталонних (маркерних) зразків використано плитки з полірованою поверхнею обробки як такі, що зазнали найменшого руйнуючого впливу при обробці поверхні. Еталонні зразки є аналогічними за місцем походження (родовища Кам'яна Піч і Слобідське), розміром і формою тим зразкам, що досліджувались.

За результатами дослідження водопоглинення зразків лабрадоритів родовищ Кам'яна Піч і Слобідське було отримано показники, наведені у табл. 1.

Загалом при збільшенні водопоглинання декоративного каміння зменшується його довговічність, так як каміння швидше руйнується через процеси замерзання-розтавання вологи, що поглинається матеріалом. Чим більшим стає водопоглинання, тим швидше будуть протікати процеси поверхневого і, згодом, внутрішнього руйнування декоративного каміння.

Таблиця 1

**Показники водопоглинання при атмосферному тиску ( $A_b$ ) зразків лабрадориту родовищ Кам'яна Піч і Слобідське і їх порівняння з еталонними зразками**

№	Родовище	Тип обробки поверхні	Показник водопоглинання ( $A_b$ ), % мас.	Збільшення водопоглинання порівняно з еталонними зразками
1	Кам'яна Піч	полірована (еталонний зразок)	0,027	1,00
2		водоструминна обробка	0,047	1,74
3		оброблена дробом	0,121	4,48
4		обпалена (термооброблена)	0,127	4,70
5	Слобідське	полірована (еталонний зразок)	0,044	1,00
6		водоструминна обробка	0,076	1,73
7		оброблена дробом	0,102	2,32
8		обпалена (термооброблена)	0,113	2,57

Визначення стану збереженості зразків лабрадориту родовищ Кам'яна Піч і Слобідське було здійснено шляхом порівняння швидкості поширення пружних хвиль Релея у матеріалі зразків лабрадоритів, що досліджувались (оброблені обпаленням (термообробкою), дробом, струменями води), та у матеріалі еталонних зразків лабрадоритів (поліровані).

Швидкість пружних ультразвукових хвиль ( $V'$ ) обчислюється діленням відстані між випромінювачем та детектором ( $L$ ) на мінімальний час проходження хвилі ( $t$ ), який було зафіксовано приладом.

Параметром, що характеризує ступінь збереженості матеріалу зразків лабрадоритів, є акустичний коефіцієнт ( $K_a$ ), який дорівнює відношенню швидкості пружних хвиль, виміряних на досліджуваному об'єкті ( $V'$ ), до швидкості в еталонних зразках ( $V$ ).

Чим більше є поверхневих і внутрішніх руйнувань матеріалу досліджуваних зразків, тим меншим буде значення акустичного коефіцієнту  $K_a$  (у разі відсутності руйнувань матеріалу декоративного каміння, значення  $K_a = 1$ ; при збільшенні таких руйнувань, що потребуватиме реставрації або повної заміни виробу, значення  $K_a$  буде наближатися до нуля).

За результатами досліджень стану збереженості зразків лабрадоритів родовищ Кам'яна Піч і Слобідське отримано показники, наведені у табл. 2.

Таблиця 2

**Показники стану збереженості зразків лабрадориту родовищ Кам'яна Піч і Слобідське (акустичний коефіцієнт (Ka) і їх порівняння з еталонними зразками)**

№	Родовище	Тип обробки поверхні	Швидкість (V'), км/с	Зменшення акустичного коефіцієнта (Ka) порівняно з еталонними зразками
1	Кам'яна Піч	полірована (еталонний зразок)	5,25	1,00
2		водоструминна обробка	4,87	0,93
3		оброблена дробом	4,58	0,87
4		обпалена (термооброблена)	3,40	0,65
5	Слобідське	полірована (еталонний зразок)	5,01	1,00
6		водоструминна обробка	4,66	0,93
7		оброблена дробом	4,19	0,84
8		обпалена (термооброблена)	2,50	0,50

Дослідження стану збереженості зразків лабрадориту родовища Кам'яна Піч і Слобідського родовища (Житомирська обл.) показали, що найкращий стан мають зразки з водоструминною обробкою поверхні (для обох родовищ по Ka = 0,93 збереженості відносно еталонного зразку).

Гіршою є збереженість для зразків з поверхнею, обробленою дробом (Ka = 0,87 у родовища Кам'яна Піч і Ka = 0,84 – у Слобідського родовища відносно еталонного зразку).

Найгірша збереженість у зразків, які мають обпалену вогнем (термооброблену) поверхню (Ka = 0,65 у родовища Кам'яна Піч і Ka = 0,50 у Слобідського родовища відносно еталонного зразку) (див. табл. 2).

На прикладі проведених досліджень лабрадориту родовищ Кам'яна Піч і Слобідське (Житомирська обл.) встановлено безпосередній вплив типу обробки поверхні декоративного каміння на його споживчі властивості, зокрема на збереженість і, відповідно, довговічність подальшої експлуатації.

Таблиця 3

**Прогнозований термін ймовірної довговічності лабрадоритів родовищ Кам'яна Піч і Слобідське після обробки їх поверхні струменями води, дробом і обпаленням (термообробка)**

Родовище	Прогнозований термін довговічності	Тип обробки поверхні			
		полірована	водоструминна	дробом	обпалена (термооброблена)
Кам'яна Піч	Ka (акустичний коефіцієнт)	1	0,93	0,87	0,65
	роки	<b>220 - 350</b>	<b>205 - 326</b>	<b>191 - 305</b>	<b>143 - 228</b>
Слобідське	Ka (акустичний коефіцієнт)	1	0,93	0,84	0,5
	роки	<b>220 - 350</b>	<b>205 - 326</b>	<b>185 - 294</b>	<b>110 - 175</b>

З літературних джерел (Семенченко Ю.В., Агафонова Т.Н., Солонинко І.С. та ін., 1974) довговічність лабрадоритів становить 220 - 350 років. Враховуючи, що ці дані стосуються непорушеного процесами поверхневого і внутрішнього руйнування декоративного каміння, в таблиці 3 наведено прогнозований термін ймовірної довговічності

лабрадоритів родовища Кам'яна Піч і Слобідського родовища після обробки їх поверхні струменями води, дробом і обпаленням (термообробка).

**Висновки.** За результатами досліджень встановлено безпосередній вплив обробки лицевої поверхні обпаленням (термообробкою), дробом і струменями води виробів з лабрадориту родовищ Кам'яна Піч і Слобідське на їх довговічність.

Враховуючи стан збереженості матеріалу досліджених зразків, зроблено прогнозування ймовірних термінів експлуатації виробів з цих лабрадоритів (див. табл. 3).

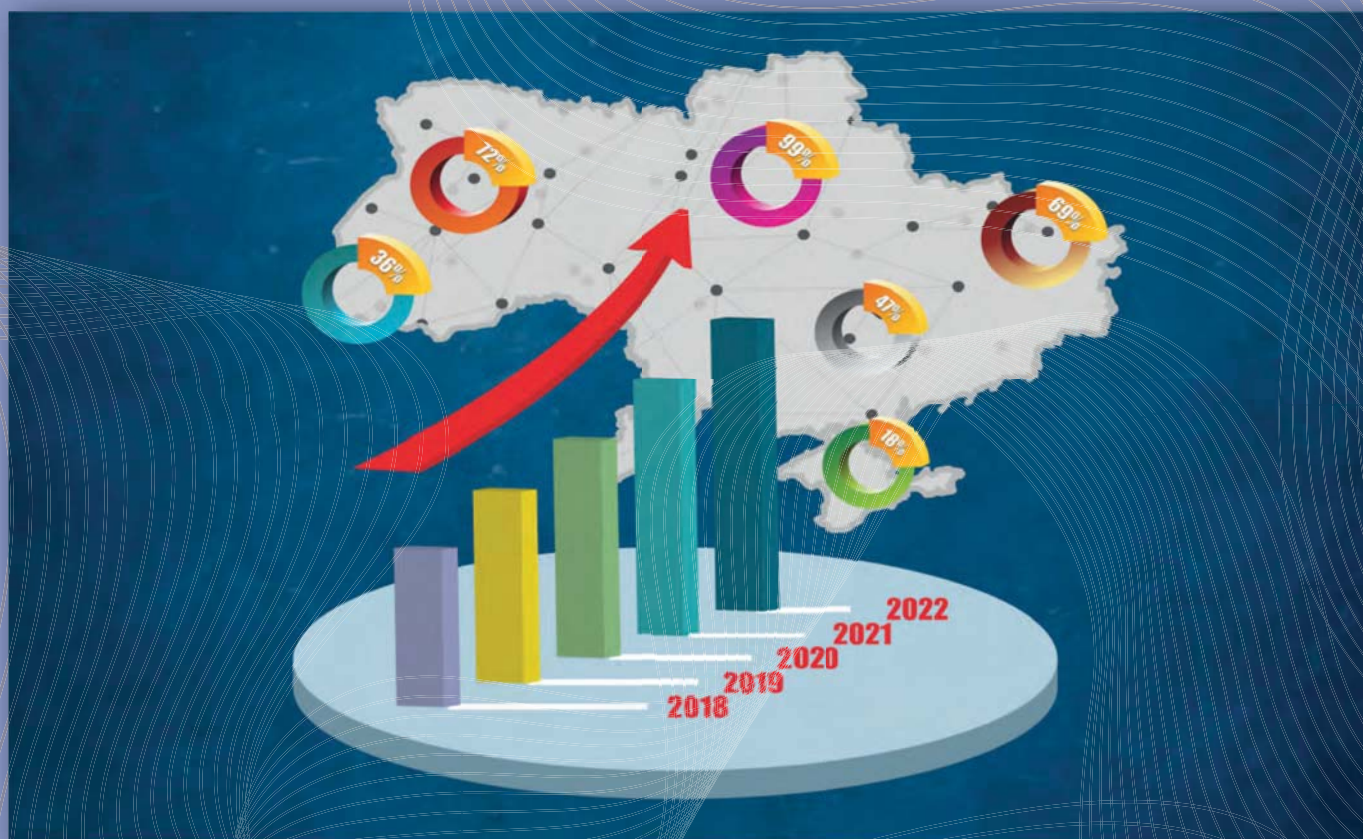
Найбільш руйнівним типом обробки поверхні для цілісності декоративного каміння, який найбільше буде зменшувати терміни його експлуатації, є обпалення вогнем (термообробка), менш руйнівним – обробка дробом і найменш руйнівним – водоструминна обробка.

При цьому ці висновки будуть справедливими не лише для лабрадоритів, а й для інших петрографічних різновидів декоративного каміння.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гелета О.Л., Захарченко П.В. (2017). Товарознавство та експертна оцінка декоративного каміння: навч. посіб., Центр учбової літератури, Київ, 300 с.
2. Семенченко Ю.В., Агафонова Т.Н., Солонинко І.С., Львова Т.В., Назаренко В.В. (1974). Цветные камни Украины, Будівельник, Київ, 188 с.

# ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ





## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ БУДІВЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ ЯВОРІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Гайовський О.В.<sup>1</sup>, к. геол. н., доцент, oleh.hayovskyu@lnu.edu.ua;*

*Панов Д.Г.<sup>2</sup>, dgp.panov@gmail.com;*

*Петрівський П.В.<sup>1</sup>, 380636403454p@gmail.com;*

*1 – ЛНУ імені Івана Франка, Львів, Україна,*

*2 – ДП «Західукргеологія» НАК «Надра України», Львів, Україна*

У 2023 році ДП «Західукргеологія» сумісно з ЛНУ імені Івана Франка розробили геолого-інвестиційний паспорт Яворівської територіальної громади з метою розвитку інвестиційного потенціалу мінерально-сировинної бази, інвентаризації корисних копалин, визначення ділянок надр, які є перспективними для інвестування, надання актуальної інформації місцевим органам влади для прийняття управлінських рішень у сфері використання надр [1]. У паспорті наведено геологічну та гідрогеологічну характеристику території Яворівської територіальної громади, інформацію про мінерально-сировинний потенціал, детально описано корисні копалини з зазначенням стану й обсягів запасів, якісних показників корисних копалин, напрямів і перспектив їхнього використання, процедури отримання спеціальних дозволів. Також схарактеризовано актуальний стан екзогенних геологічних процесів – проявів карсту і зсувів ґрунту, об'єктів природно-заповідного фонду та Смарагдової мережі Європи на території територіальної громади.

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE MINERAL AND RAW MATERIAL BASE OF CONSTRUCTION INDUSTRY OF YAVORIVSK TERRITORIAL COMMUNITIES OF LVIV REGION

*Haiovskyi O.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., oleh.hayovskyu@lnu.edu.ua;*

*Panov D.<sup>2</sup>, dgp.panov@gmail.com;*

*Petrivskyi P.<sup>1</sup>, 380636403454p@gmail.com;*

*1 – Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine,*

*2 – SE «Zakhidukrheolohiia» JSC «Nadra Ukrainy», Lviv, Ukraine*

In 2023, the State Enterprise «Zakhidukrheolohiia» together with the Ivan Franko National University of Lviv developed a geological investment passport of the Yavoriv territorial community with the aim of (1) developing the investment potential of the mineral and raw material base, (2) inventorying minerals, (3) determining subsoil areas, promising for investment, (4) providing up-to-date information to local authorities for making management decisions in the field of subsoil use [1]. The passport contains the geological and hydrogeological characteristics of the territory of the Yavoriv territorial community and information about the mineral and raw material potential of the region. Minerals are described in detail, indicating their reserves, quality indicators, directions and prospects for their use, as well as the procedure for obtaining special permits. The modern development of dangerous exogenous geological processes (karst, landslides) and the state of the objects of the nature reserve fund and the Emerald Network of Europe are characterized.

**Вступ.** Геотектонічна позиція та геологічна будова території Яворівської територіальної громади (ТГ) зумовила наявність певних видів корисних копалин. У межах ТГ виявлено родовища і прояви самородної сірки, торфу, питних, мінеральних і промислових підземних вод, вуглеводнів, а також будівельної сировини – піску, вапняку, глини, суглинку [2, 3]. Всього в межах Яворівської ТГ враховано 82 об'єкти корисних копалин, з них 13 родовищ будівельних матеріалів, два родовища і 11 проявів самородної сірки, чотири родовища і три прояви вуглеводнів, сім родовищ і два прояви торфу, три ділянки підземних питних вод (централізоване водопостачання, розробляють відповідно до дозволів на спецводокористування), одне родовище і 12 проявів підземних мінеральних вод, 24 прояви підземних промислових вод (рис. 1).

**Виклад основного матеріалу.** Серед будівельної сировини Яворівська ТГ налічує 10 родовищ суглинків і глин, одне родовище вапняку і піску, одне родовище піску, одне родовище вапняку і пісковика (рис. 2).



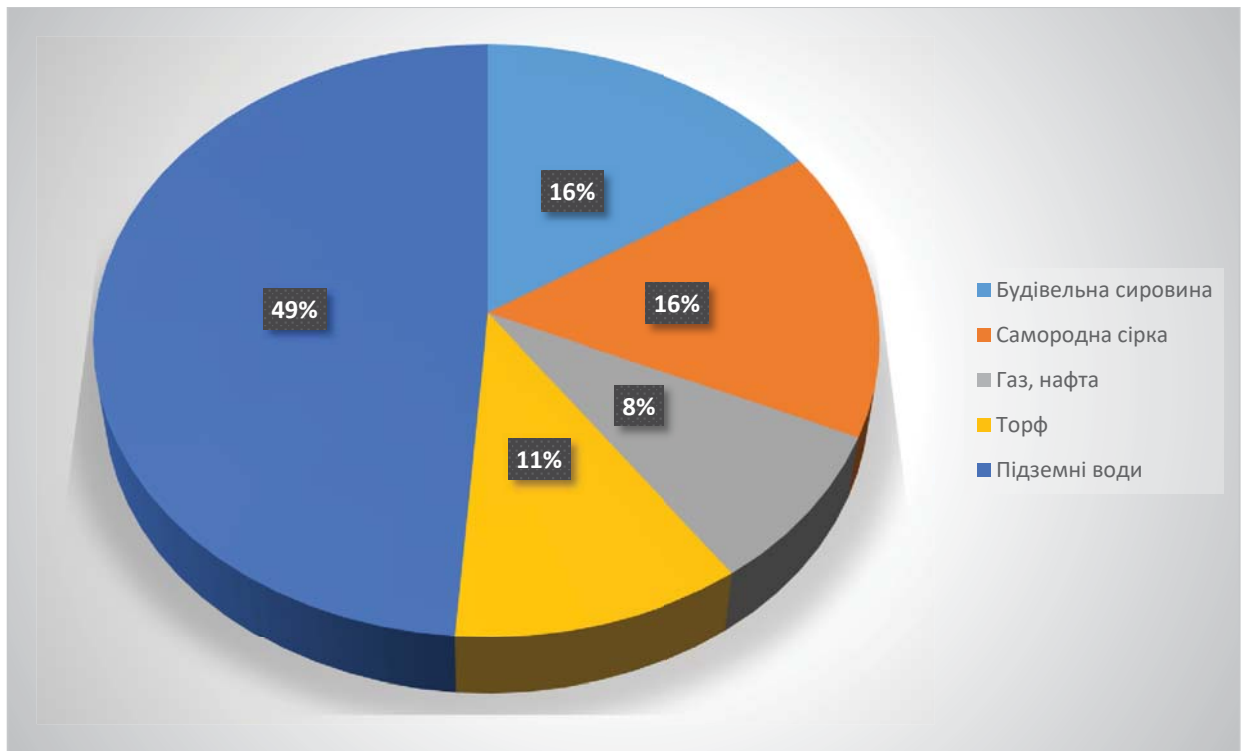


Рис. 1. Діаграма стану мінерально-сировинної бази Яворівської територіальної громади

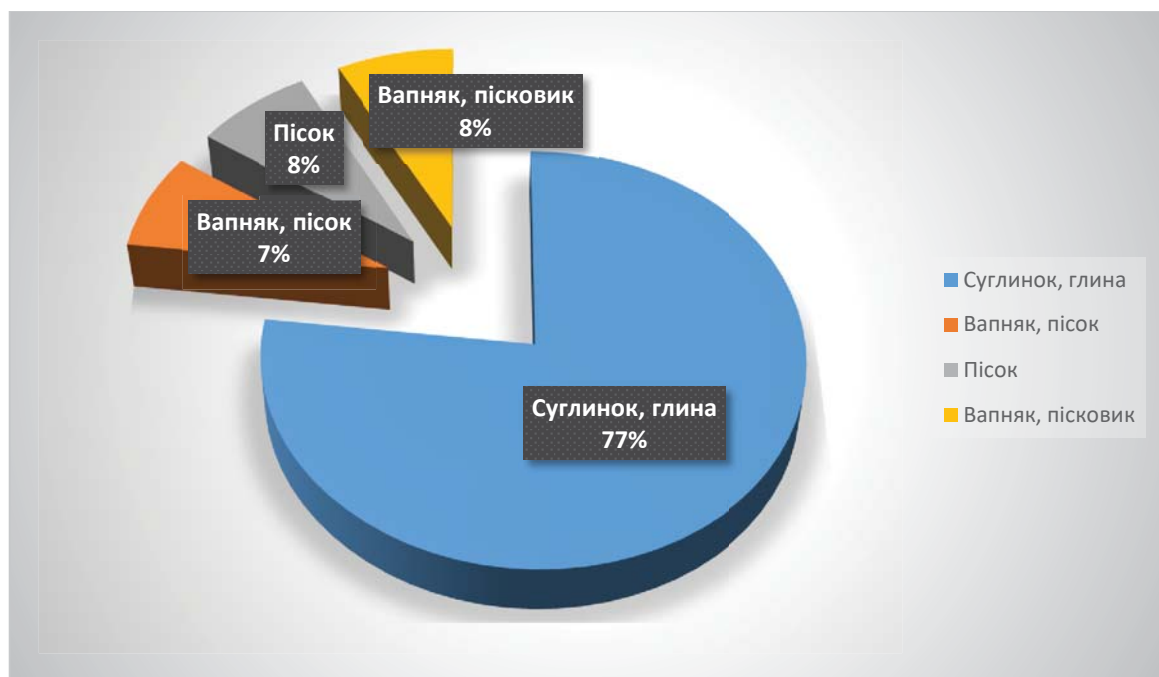


Рис. 2. Діаграма стану будівельної сировини Яворівської територіальної громади

**Карбонатні породи** становлять незначну групу корисних копалин, які поширені в межах Яворівської ТГ. Вони представлені баденськими *пелітоморфними і рифовими органогенними вапняками* міоцену. Вапняки майже повсюдно виходять на денну чи підчетвертинну поверхню, широко поширені на північному сході району, у межах Розточчя, залягають на незначних глибинах і цілком доступні для розробки. Вапняки можна використовувати як сировину для виробництва вапна і муки вапнякової, випалювання вапна, виробництва цементу, як будівельне каміння і щебінь.

Перспективи промислового освоєння вапняків як нерудної сировини визначені потужністю розкривних порід, потужністю і якістю корисної копалини та гідрогеологічними умовами розробки.

До перспективних і першочергових об'єктів у межах Яворівської ТГ належить **Сопітське родовище рифових органогенних вапняків**. Вапняки родовища можна використовувати як сировину для виробництва вапна і муки вапнякової. Середня потужність розкривних порід становить 2,0 м. Середня потужність вапняків 14,83 м. За якістю вапняки відповідають вимогам ГОСТу 21-27-76 «Породи карбонатні для виробництва будівельного вапна», отримане вапно – ГОСТу 9179-77 «Вапно будівельне. Технічні вимоги».

Супутньою корисною копалиною на Сопітському родовищі є пісок будівельний для виробництва силікатної цегли.

Вапняки не обводнені. Піски обводнені лише в нижній частині розрізу.

Родовище має значну площу (61,9 га) з підрахованими запасами (протокол № 149 від 4.11.1993 р.) за категоріями А+В+С<sub>1</sub> – 7774 тис. т. Запаси піску за категоріями В+С<sub>1</sub> – 7587,0 тис. м<sup>3</sup>, С<sub>2</sub> – 11788 тис. м<sup>3</sup>. Родовище не розробляється.

**Уламкові породи** в межах Яворівської ТГ представлені верхньобаденськими *пісковиками* міоцену. Пісковики можна використовувати як бутове і стінове каміння, а також як щебінь у дорожньому будівництві. Їхня якість невитримана, умови залягання доволі складні, оскільки вони часто перешаровані, або заміщені за простяганням пісками, або залягають лінзами. Різкі зміни якості цих порід є часто негативним показником під час їхньої оцінки як кам'яних будівельних матеріалів. У межах Яворівської ТГ відоме **Немирівське родовище вапняку, пісковіку**. Пісковики придатні для комплексного використання разом з вапняком.

Пісковики характеризуються щільністю 2,60–2,69 г/см<sup>3</sup>, об'ємною вагою 2,26–2,63 г/см<sup>3</sup>, водопоглиненням 0,8–1,9 %, межею міцності на стиснення 236–612 кг/см<sup>2</sup>. Пісковик придатний для буту в будівництві.

Гідрогеологічні і гірничотехнічні умови родовища сприятливі для його відкритої розробки. Запаси пісковіку за категорією В становлять 9,7 тис. м<sup>3</sup>.

Однак родовище не розробляється, перебуває у вибухонебезпечній зоні і тому рекомендоване до списання з балансу запасів.

Родовища *пісків* характеризуються порівняно незначним поширенням на території Яворівської ТГ та приурочені до відкладів нижнього неогену (бадену) і четвертинних утворень. Значна частина родовищ пісків розташована в центральній і північній частинах Яворівської ТГ. Усього виділено три родовища пісків, з яких одне Немирівське родовище пісків і два родовища (Сопітське і Яворівське), в яких пісок є супутньою корисною копалиною.

Доцільність використання піщаної сировини залежить від вимог промисловості до її речовинного, гранулометричного складу і гірничотехнічних умов розробки. Тому застосування пісків для різних цілей у кожному конкретному випадку розглядається з урахуванням технічних умов, за яких вони можуть раціонально розроблятися.

За промисловим використанням піски Яворівської ТГ розділено на піски бетонні і будівельні. Піски бетонні використовують для виготовлення звичайного бетону, пінобетону і піносилікату. Піски будівельні використовує будівельна промисловість для приготування штукатурних і укладальних розчинів.

Найперспективнішим і першочерговим для розробки є лише одне **Немирівське родовище піску**. Потужність пісків тут змінюється від 1,8 до 8,3 м. У пісках наявні прошарки пісковіку потужністю 0,2–0,4 м. Потужність перекиривних порід 2,6–7,8 м.

На підставі фізико-механічних і хімічних досліджень, окремі проби пісків відповідають вимогам ГОСТу 2781-50 і цей пісок можна використовувати для виготовлення бетону.

За даними всіх інших проб пісок Немирівського родовища відповідає вимогам ГОСТу 2664-50 і може застосовуватися для кладки і штукатурки.

Для виробництва вапняково-піщаних стінових блоків методом вібророзмельювання піски Немирівського родовища можна застосовувати після виконання технологічних випробувань.

Гірничотехнічні умови родовища сприятливі для його відкритої розробки – кар'єром з двома уступами. Співвідношення потужностей корисної копалини і розкривних порід становить 2,5:1. Пусті породи потрібно відвалювати на відпрацьовані ділянки. До пустих порід віднесено прошарки пісковіку, які залягають між обома горизонтами корисної копалини.

Гідрогеологічні умови сприятливі, водоносний горизонт у процесі буріння не виявлено.

Запаси піску (протокол № 65 від 11.11.1957 р.):

– як сировини для виготовлення вапняково-піщаних блоків на базі вібророзмелювання за пониженою категорією С<sub>1</sub> (через відсутність технологічних випробувань) становлять 187,990 тис. м<sup>3</sup>;

– як сировини для виготовлення укладальних і штукатурних розчинів становлять 384,636 тис. м<sup>3</sup>, у тім числі за категорією А – 58,435 тис. м<sup>3</sup>, В – 197,425 тис. м<sup>3</sup>, С<sub>1</sub> – 128,776 тис. м<sup>3</sup>.

Родовище не розробляється.

**Глини і глинисті породи** також широко поширені в Передкарпатті. Територія Яворівської ТГ є найперспективнішою на *керамзитову сировину*. Сировиною для виробництва керамзиту є легкоплавкі глинисті породи, які характеризуються коефіцієнтом спучування й об'ємною вагою отриманого матеріалу.

У межах Яворівської ТГ виділено дві вікові групи перспективних глинистих товщ керамзитової сировини: 1) пов'язана з глинистими відкладами четвертинного віку, 2) пов'язана з корою звітрювання сарматських глин.

На заході Яворівської ТГ поширені льодовикові глини, які придатні для керамзитової сировини, і складають на місцевості горби і горбогір'я. У відкладах цього типу до перспективних і першочергових об'єктів належить *Вовчогірське родовище керамзитової сировини*. Середня потужність керамзитових глин – 4,2 м, середня потужність розкривних порід – 0,25 м. Лабораторні випробування глин родовища показали такі результати: коефіцієнт спучування – 2,2–8,8, об'ємна вага керамзиту – 0,2–0,8 г/см<sup>3</sup>, насипна вага керамзиту – 120–500 г/см<sup>3</sup>.

Підраховані запаси сировини за категорією С<sub>1</sub> і С<sub>2</sub> становлять по Вовчогірському родовищі 6231,9 тис. м<sup>3</sup>.

До *цегельно-черепичної сировини* належать глини, суглинки і піски. Глини і суглинки можуть слугувати основною сировиною для виробництва цегли, на базі якої можуть працювати місцеві цегельні заводи. Їхня промислова придатність визначається наявністю шихти. Число пластичності суглинку – 0,3–2,8, глин – 19,8–30,6.

Видобуток глин і суглинок здійснюють відкритим способом, тому відношення потужності розкривних порід до потужності корисної товщі (легкоплавких глин і суглинок для будівельних цілей) повинно бути не більше 0,5/1 або 1/1.

За цими показниками найперспективнішими і першочерговими для розробки в межах Яворівської ТГ можуть бути розвідані *родовища Немирівське, Дрогомишлянське, Коханівське, Рогізнянське і Яворівське*. Всі вони генетично приурочені до льодовикового генетичного типу і пов'язані з піщано-глинистими відкладами передльодовикових і внутрішньольодовикових озер.

Кераміко-технологічні випробування глини в чистому вигляді для виробництва цегли і черепиці дали негативні результати. Тому підібрано шихти, які випробовували у напівзаводських умовах. Лабораторними і напівзаводськими випробуваннями визначено, що глини по геологічному розрізу в шихтах зі стійкими добавками піску й суглинку придатні для виробництва цегли і черепиці методом пластичного пресування в умовах природного сушіння.

**Висновки.** За результатами аналізу наявних даних з геологічного вивчення території Яворівської ТГ і окремих родовищ і проявів та враховуючи геологічні особливості території, окреслено загальні перспективи і використання окремих видів будівельних корисних копалин.

За результатами виконаних у 1979–1982 рр. геолого-зйомочних і пошукових робіт, у межах Яворівської ТГ рекомендовані пошуково-розвідувальні роботи на трьох площах, за рахунок розвідки яких можна наростити запаси вапняку будівельного для випалювання на вапно, а також виявлено можливість подальшого приросту запасів у південно-східному напрямі від Немирівського родовища вапняку, пісковикау.

Баденські піски відслонені в північно-східній частині району, де є розвідані родовища й пошуковими роботами виділено перспективні площі. Гідрогеологічні умови залягання пісків сприятливі, вони не обводнені. Піски можна використовувати в будівельних цілях.

Флювіогляціальні піски четвертинного віку розвинуті на значній площі. Незважаючи на їхню нижчу якість за баденські, їх також можна використовувати для будівельних потреб.

Сировиною для виробництва керамзиту є легкоплавкі глинисті породи. Вивчення глинистих порід у рамках технічних вимог засвідчило, що територію Яворівської ТГ потрібно розглядати як найперспективнішу на керамзитову сировину в Передкарпатті.

Цегельно-черепична сировина як окремий вид будівельної сировини приурочений до неогенових і четвертинних відкладів. На території Яворівської ТГ серед четвертинних утворень виділено два генетичних типи сировини: льодовиковий і лесовий. Придатність лесових відкладів поки не оцінено. Проби, які відібрано з відслонень засвідчили обмежені можливості для використання даних порід як цегельно-черепичну сировину у зв'язку з дуже низькою пластичністю і високим вмістом крупнозернистих включень. Разом з тим, багато проб з відкладів лесоподібних суглинків, що розвинені в межах льодовикової області, й облесованих пісків на південному сході, які належать до дніпровського горизонту, показали задовільні результати.

Для організації видобутку зазначених вище будівельних корисних копалин потрібна їхня ревізія, отримання спецдозволу на геологічне вивчення та попередня геолого-економічна оцінка.

#### **Список використаних джерел:**

1. Геолого-інвестиційний паспорт Яворівської міської територіальної громади Львівської області / Д. Панов, Т. Фур, З. Лях, О. Гайовський, Л. Януш. – Львів : ДП «Західукргеологія», 2023. – 155 с.
2. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000, аркуші М-34-ХVIII (Рава-Руська), М-34-ХIII (Червоноград), М-34-ХІХ (Львів). – Київ: Львівська ГРЕ, 2004. – 118 с.
3. Хайкін Ю. Й. Поповнення та удосконалення автоматизованої БД – Будматеріали на території діяльності ДГП «Західукргеологія», 1998.

## **ПРОБЛЕМИ ПОПОВНЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО АТЛАСУ НАДРОКОРИСТУВАЧА ДОСТОВІРНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ ЩОДО РЕСУРСІВ МЕТАЛЕВИХ ТА НЕМЕТАЛЕВИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН**

*Василенко А.П., к. геол.-мін. н., alla\_vas@ukr.net,  
Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна*

Для забезпечення потенційних інвесторів інформацією щодо існування об'єктів інвестування Державна служба геології та надр України запровадила інвестиційний атлас надрокористувача, що є одним із елементів загальної урядової політики, яка спрямована на залучення інвесторів, у тому числі й іноземних.

Типовий профайл кожного об'єкту, що потрапляє до інвестиційного атласу, містить загальний опис ділянки, координати, оціночні ресурси, попередню вартість, мінімальні вимоги до програми робіт, а також посилання на паспорт родовища і відповідні звіти про ділянку. При цьому, не враховуються дані переоцінки ресурсного потенціалу металевих та неметалевих корисних копалин, яка проводилась в останні роки в цілому по Україні. За результатами цих робіт, база даних перспективних та прогнозних ресурсів була суттєво змінена. Багато об'єктів, які не відповідали сучасним екологічним, економічним та технологічним умовам, було знято з обліку.

Враховуючи ризики на які ідуть інвестори при укладанні договору на геологічне вивчення, достовірність геологічної інформації, яка лежить в основі оцінки перспективних ресурсів має вирішальне значення при ухваленні інвестиційних рішень.

## **PROBLEMS OF UPDATING THE INVESTMENT ATLAS OF A SUBSOIL USER WITH RELIABLE INFORMATION ON METALLIC AND NON-METALLIC MINERAL RESOURCES**

*Vasylenko A., Cand. Sci (Geol.-Min.), alla\_vas@ukr.net,  
Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

To provide potential investors with information on the existence of investment objects, the State Service of Geology and Subsoil of Ukraine has introduced an investment atlas of subsoil users, which is one of the elements of the overall government policy aimed at attracting investors, including foreign ones.

A typical profile of each object included in the investment atlas contains a general description of the site, coordinates, estimated resources, preliminary cost, minimum requirements for the work programme, as well as links to the deposit passport and relevant reports on the site. The data does not take into account the reassessment of the resource potential of metallic and non-metallic minerals that has been carried out in recent years throughout Ukraine. Based on the results of these works, the database of prospective and inferred resources was significantly changed. Many sites that did not meet the current environmental, economic and technological conditions were removed from the database.

Given the risks that investors take when concluding a geological exploration contract, the reliability of the geological information underlying the assessment of prospective resources is crucial in making investment decisions.

Національні інтереси України, її економічна і політична незалежність, підвищення добробуту громадян, як свідчить сьогодні, потребують максимального забезпечення держави мінерально-сировинними ресурсами власного видобутку. Україна входить до числа держав, які володіють різноманітними корисними копалинами. Мінерально-сировинний комплекс забезпечує вагому частку валового національного продукту. На сьогодні в країні ведеться видобування металічних корисних копалин – залізних та марганцевих руд, урану, титану, цирконію. З різним рівнем детальності вивчено родовища хрому, свинцю, цинку, міді, молібдену, літію, танталу, ніобію, рідкісних земель. Саме із започаткуванням та істотним нарощуванням їх видобутку пов'язані потенційні можливості та нарощення експортного потенціалу країни [1].

В Україні також діє потужна промисловість з видобування неметалічних корисних копалин – сировини для забезпечення діяльності гірничо-металургійного (вапняки, доломіти, вогнетривкі глини, графіт, бентоніти), агрохімічного та гірничо-хімічного комплексів, виробництва високоякісної гуми та паперу (каоліни), харчової промисловості (кухонна сіль) та будівництва (будівельне й облицювальне каміння, наповнювачі бетону,



цементна і цегельно-черепична сировина). При цьому неметалічна сировина використовується переважно в природному стані.

Однак, за оцінками деяких експертів, за низкою корисних копалин (нафтою, природним газом, вугіллям, залізною і марганцевою рудою та іншими) Україна подолала пік Хаберта (максимальний видобуток, після якого починається зниження обсягів видобутку корисної копалини) ще в середині 70-х років ХХ сторіччя. Багато в чому це зумовлено тим, що останніми роками в пошуки й розвідку нових родовищ вкладалися вкрай недостатні кошти, а багато розвіданих раніше родовищ уже відпрацьовані. Крім того, багато видів мінеральної сировини потребують розробки і впровадження принципово нових технологій видобутку і вилучення.

Через складне становище економіки, що зумовлює недостатні обсяги геологорозвідувальних робіт, темпи відтворення мінерально-сировинної бази не відповідають потребам держави. І надалі спостерігається значне скорочення (і навіть відсутність) бюджетного фінансування та суттєве зменшення обсягів та видів геологорозвідувальних робіт практично по всіх видах корисних копалин.

Таким чином, у зв'язку з існуючими проблемами виникає питання більш широкого залучення приватних інвесторів не лише для видобування корисних копалин, а і для їх довивчення. Логічно, що перспективи відкриття нових і нарощування вже відомих родовищ корисних копалин мають опиратися на наявну інформацію про їх оцінені перспективні та прогнозні ресурси. На цьому етапі використання ресурсного потенціалу корисних копалин України має стати пріоритетним і постійним [2].

Ресурси слугують для довгострокового та поточного планування геологорозвідувальних робіт за рахунок усіх джерел фінансування, використовуються в процесі проектування прогнозно-пошукових та пошуково-оцінювальних робіт, сукупність яких повинна забезпечувати при передачі об'єктів у ліцензійне надрокористування отримання приросту запасів категорії  $C_2$  – головного показника ефективності проведення різномасштабних геологорозвідувальних робіт [3].

На сьогоднішній день майже на всі відомі інвестиційно привабливі об'єкти (в основному це родовища) видані спецдозволи. Притоку нових родовищ з визначеними запасами не спостерігається. Тому нагальним стає питання забезпечення інвесторів інформацією про існування потенційних об'єктів інвестування. Для забезпечення потенційних інвесторів інформацією щодо існування об'єктів інвестування з визначеними ресурсами та проведеною загальною та початковою геолого-економічною оцінкою Державна служба геології та надр України запровадила інвестиційний атлас надрокористувача, що є одним із елементів загальної урядової політики, яка спрямована на залучення інвесторів, у тому числі й іноземних.

Гірничодобувна галузь вважається однією з найбільш ризикованих для інвестицій, але є досить привабливою через можливість отримання великих прибутків. Інвестиційні ризики залежать від типу корисної копалини, стадії розвитку проєкту, регіону розташування та багатьох інших факторів. Статистичні дані показують, що в середньому з 500-1000 геологорозвідувальних проєктів може утворитися близько 100 об'єктів для детальної розвідки, 10 з яких будуть розроблятися, і лише 1 перетвориться на прибутковий видобувний проєкт.

Вважається, що одним з найбільших ризиків для життєздатності будь-якого гірничодобувного проєкту є недостатнє розуміння геології та/або оцінки ресурсів, а джерела ризиків, пов'язані з геологією і геологічними даними, складають більшу частину таких, що беруть участь у техніко-економічних обґрунтуваннях [4].

Враховуючи геологічні, технічні, екологічні та економічні фактори інвестиційних ризиків, під керівництвом НРП (Наукової ради з прогнозування) в останні роки по території діяльності геологічних підприємств була проведена переоцінка перспективних і прогнозних ресурсів. Метою проведених робіт було одержання оновлених даних про ресурсний потенціал країни, що є необхідним для вироблення стратегічних рішень по розширенню

мінерально-сировинної бази, для оптимізації процесу надрокористування і формування інвестиційної політики, для прийняття оперативних рішень з напрямків першочергових геологорозвідувальних робіт. Потреба у періодичному переобліку ресурсного потенціалу, витікає з таких передумов [5]:

- з часом накопичується додаткова інформація і нові знання у сфері, пов'язаній з прогнозними дослідженнями і пошуковими роботами;

- виявляються нові родовища, рудопрояви, прогнозні об'єкти, які одержують оцінку в процесі робіт, що проводяться;

- змінюється внутрішня структура споживання окремих видів сировини, самостійне значення при цьому мають зовнішньоекономічні фактори;

- змінюється попит і світові ціни на окремі види мінеральної сировини, що веде до переоцінки потенційного промислового значення родовищ, перспективних площ і ресурсів;

- у зв'язку зі змінами у внутрішній економічній політиці (транспортні тарифи, тарифи за електроенергію та ін.) різко змінюються витрати виробництва, які впливають на рентабельність відпрацювання родовищ, в тому числі і тих, що прогножуються;

- прорив у технології видобутку і переробці руд, що докорінно змінюють саме уявлення про промислове родовище (приклади: вилуговування бідних пластово-інфільтраційних руд, вилуговування золота і т. п.).

На сьогоднішній день, типовий профайл кожного об'єкту, що потрапляє до інвестиційного атласу, містить загальний опис ділянки, координати, оціночні ресурси, попередню вартість, мінімальні вимоги до програми робіт, а також посилання на паспорт родовища і відповідні звіти про ділянку. При цьому, не враховуються дані переоцінки ресурсного потенціалу металевих та неметалевих корисних копалин. За результатами цих робіт, база даних перспективних та прогнозних ресурсів була суттєво змінена. Багато об'єктів, які не відповідали сучасним геологічним, екологічним, економічним (не пройшли геолого-економічну оцінку) та технологічним умовам, було знято з обліку, так як відпрацювання їх у сучасних умовах вважається економічно недоцільним. По деяких було відкороговано площі, категорії та обсяги ресурсів.

У межах виконання робіт за темою НДР П-1-23 «Стратегічна мінеральна сировина для відновлення економіки України: аналіз ресурсів та запасів, розробка критеріїв пошуку для нарощування їх мінерально-сировинної бази» в лабораторії фізичних методів досліджень (Інститут геологічних наук НАНУ) підготовлено та передано до Держгеонадр інформацію щодо обсягів перспективних ресурсів (кат.Р<sub>1</sub> - Р<sub>2</sub>) по ділянках та рудопроявах титанових та титан-цирконієвих руд для поповнення Інвестиційного атласу надрокористувача. До переліку увійшли 20 перспективних площ та рудопроявів, по яких за останні роки під керівництвом Наукової ради з прогнозування було проведено переоцінку ресурсів [6].

Таким чином, при поповненні інвестиційного атласу даними про ресурси необхідно враховувати не тільки інформацію з геологічних звітів, але і «рух ресурсів» відносно обсягів, категорій і площ підрахунку тих чи інших потенційно промислових об'єктів, які постійно змінюються в процесі переоцінки ресурсного потенціалу.

Враховуючи ризики на які ідуть інвестори при укладанні договору на геологічне вивчення, достовірність геологічної інформації, яка лежить в основі оцінки перспективних ресурсів має вирішальне значення при ухваленні інвестиційних рішень. Відповідні геологічні дані можуть значно збільшити вартість ліцензій, що виставляються на аукціон, не залежно від стадії геологічного вивчення.

#### **Список використаних джерел:**

1. Василенко А.П. Стан мінерально-сировинної бази металічних корисних копалин України та основні напрями геологорозвідувальних робіт // Мінер. ресурси України. – 2014. – № 3. – С. 3–7.

2. Гурський Д.С. Концептуальні засади розвитку геологічної галузі України // Мінер. ресурси України. – 2004. – № 3. – С. 3–6.
3. Василенко А.П. Моніторинг ресурсної бази металічних, неметалічних та твердих горючих корисних копалин // Мінер. ресурси України. – 2023. – №2. – С.29–31.
4. Баряцька Н.В. Геологічні дані як актив компанії та основа прийняття інвестиційних рішень // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції: Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. – Львів. 9-13 жовтня, 2023. – С. 41–45.
5. Василенко А.П., Лепігов Г.Д. Методичні рекомендації з оцінки перспективних та прогнозних ресурсів твердих корисних копалин. – Київ: УкрДГРІ, 2009. – 133 с.
6. Шехунова С.Б. Критична та стратегічна мінеральна сировина для економічної безпеки та повоєнного розвитку України // Вісник НАН України. – 2023. – №5. – С. 25–30.

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ЗАЛУЧЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙ У РОЗРОБКУ НАДР ТА ОКРЕМІ АСПЕКТИ НАДРОКОРИСТУВАННЯ

*Гірний Й.В., GirniyGroup@gmail.com;*

*ДП ПрАТ «НАК «Надра України» «Західукргеологія», Львів, України*

Розглянуто аспекти видачі спеціальних дозволів на користування надрами, на прикладі Шевченківського родовища питних підземних вод показано, що в межах родовища надані ділянки для видобутку піщано-гравійної суміші, визначаються основні напрямки покращення інвестиційної діяльності при розробці родовищ корисних копалин.

## INTENSIFICATION OF INVESTMENT ATTRACTION IN SUBSOIL DEVELOPMENT AND CERTAIN ASPECTS OF SUBSOIL USE

*Girniy J., GirniyGroup@gmail.com;*

*SE PJSC "Nadra of Ukraine" Nadra of Ukraine "Zakhidukrheology", Lviv, Ukraine*

Aspects of issuing special permits for the use of subsoil are considered, on the example of the Shevchenkiv deposit of drinking underground water, it is shown that within the deposit areas are provided for the extraction of sand-gravel mixture, the main directions for improving investment activities in the development of mineral deposits are determined.

Важливою складовою стійкого фінансового та виробничого стану організації, що здійснює свій бізнес в конкурентному оточенні, стає інвестиційна діяльність. Вимоги до рівня кваліфікації та професійної підготовки фахівців, що займаються обґрунтуванням та реалізацією інвестиційних рішень, сьогодні як ніколи високі.

Інтенсифікація залучення інвестицій у розвиток надр та ефективне надрокористування є надзвичайно важливими аспектами економічного зростання держави.

Україна є однією з провідних мінерально-сировинних держав світу. Значний об'єм світових запасів корисних копалин знаходяться в надрах України. В Україні існує можливість для забезпечення як своїх власних потреб, так і експорту таких важливих корисних копалин та продуктів їх переробки, як залізо, марганець, титан, цирконій, сіль калійна, графіт, каолін, флюсова сировина, камінь будівельний та багато інших корисних копалин. В структурі мінерально-сировинної бази України є місце і родовищам сировини, які віднесені Єврокомісією до критичної (ніобій, тантал, рідкісні землі, берилій, металевий кремній, скандій, ванадій, германій).

Вітчизняна мінерально-сировинна база відіграє важливу роль в усіх сферах життєдіяльності держави, забезпечуючи потреби в мінеральній сировині базові галузі промисловості та сприяє економічному і соціальному розвитку України.

Але розквіт індустрії надрокористування неможливий без залучення значних іноземних і внутрішніх інвестицій.

В сучасних умовах розвиток української економіки є неможливим без забезпечення її потреб мінеральною сировиною власного видобутку. У свою чергу, забезпечення сталого видобутку мінеральної сировини можливе лише за наявності потужної мінерально-сировинної бази, яка створюється в результаті проведення пошуково-розвідувальних робіт і виявлення родовищ корисних копалин.

Мінерально-сировинна база в сучасному її стані, практично повністю була сформована в умовах планово-витратної економіки без врахування видобувної вартості родовищ і запасів корисних копалин у надрах згідно ринкової кон'юнктури та адаптованих до ринкових умов оціночних параметрів і стандартів.

Не забезпечення на протязі останніх років компенсаційного прирощення запасів корисних копалин і запровадження в Україні олігархічно орієнтованого державного регулювання надрокористування обумовили повне розбалансування потужного мінерально-сировинного комплексу держави та значно ускладнили сталий розвиток базових галузей вітчизняної промисловості. Тому стратегічним напрямком подальшого розвитку та

удосконалення мінерально-сировинної бази України повинно стати забезпечення потреб національної економіки конкурентоспроможною мінеральною сировиною на середньо довгостроковий період і збалансоване прирощення запасів високоліквідних, критичних і стратегічних видів корисних копалин для сприяння розвитку видобувної та переробної промисловості.

Процес створення мінерально-сировинної бази є стратегічно важливим державним завданням і має довгостроковий характер.

Для стимулювання інвестицій необхідно розробити комплекс заходів які заохочуватимуть інвесторів. Це може включати податкові пільги, спрощення бюрократичних процесів, прозорість геологічної інформації про ділянки родовищ та забезпечення правової безпеки.

Однією із складових заохочування інвестицій є інформаційна підтримка. Надання доступу до інформації про потенційні можливості інвестування, геологічні дослідження та звіти про стан ринку може допомогти інвесторам приймати обґрунтовані рішення.

Застаріла геологічна інформація та не відповідність сучасним вимогам техніко-економічна оцінка минулих років стосовно родовищ і ділянок нерозподіленого фонду надр в умовах поетапного знищення за останні 15 років планової системи переоцінки і прирощення у надрах високоліквідних запасів корисних копалин та наявність значних ризиків, відсутність прозорих правил, норм і правочинних державних гарантій суттєво зменшують інноваційно-інвестиційну привабливість вітчизняної мінерально-сировинної бази в цілому.

В Україні дуже велика частка запасів є пасивною. Геологорозвідувальні роботи по розвідці та підрахунку запасів сировини проводилось за часів СРСР із застосуванням тодішніх кондицій для раритетних технологій видобутку, збагачення і переробки, і їх треба перевести в активні і комерційно привабливі з погляду сучасного світового змісту граничних вимог промисловості до якості і кількості запасів мінеральної сировини та умов їхньої розробки.

Інтегрований резонанс дефіциту активних і комерційних запасів і усе більше відставання гірничогеологічного облаштування нових родовищ через втрату управлінських і організаційних функцій Державною службою геології і надр (ДСГН) України, яка тільки продає ліцензії здебільшого на родовища нафти і газу, правда, уже через аукціони, і це позитивно, повну дезінтеграцію регіональної геологорозвідки, геологічної науки і вищої професійної геологічної освіти сформували в державі геополітичні, стратегічні, економічні, військово-оборонні та технологічні передумови втрати самозабезпечення МС і продуктів її переробки усіх скільки-небудь важливих галузей промисловості, аграрного сектору і їхнього експорту, де Україна посідала чільне місце.

Разом з переоцінкою пасивних запасів корисних копалин і їхнім переведенням в активно-комерційні треба здійснювати загальнодержавну передліцензійну підготовку перспективних площ на підставі теоретичного і геолого-економічного обґрунтування потенційних рудних районів і полів – привабливих об'єктів інвестиційних вкладень.

Будь які позитивні зміни у цій галузі будуть мати вагомий вплив на економіку держави в цілому. Відомо, що для створення нових гірничодобувних підприємств, а також для виконання геологорозвідувальних робіт, потрібні значні інвестиції з доволі тривалим періодом окупності. У зв'язку з цим для залучення інвестицій у розвиток мінерально-сировинної бази України визначальне значення має привабливість інвестицій у гірничо-видобувну промисловість.

Залучення широкого спектру інвестицій у розробку родовищ корисних копалин потребує прозору конкурентну процедуру отримання спеціальних дозволів на користування надрами на всіх етапах. Тому після отримання спеціального дозволу на користування надрами інвестор повинен без перепон приступити до розробки родовища оформивши при цьому весь пакет документів передбачених законодавством України.



Питання що-до видачі спеціальних дозволів на користування надрами піднімається на протязі тривалого часу, в тому числі і на теренах міжнародної науково-практичної конференції «Надрокористування в Україні».

Більшості ділянок, які виставляються на аукціон з продажу спеціальних дозволів на користування надрами геологорозвідувальні роботи по оцінці запасів корисних копалин родовища були проведені в минулому столітті.

Нажаль, на сьогодні практично відсутня частина первинної інформації по більшості об'єктів України. Причини цього різні і на сьогодні не актуальні, але даний факт примушує потенційних надрокористувачів до значних витрат для підтвердження достовірності геологічних даних отриманих в радянські часи.

Під час геологічного вивчення надр часто не виконуються вимоги до комплексного вивчення родовища. Вимогами до вивчення родовищ корисних копалин передбачається вивчення та аналіз можливості використання корисних копалин родовища у різних сферах, вивчення потенційних спільно залягаючих корисних копалин. Не враховуються умови санітарно-захисних і прибережних захисних смуг, охоронних зон енергетичних, комунікаційних та газотранспортних об'єктів.

Особливе значення має приналежність земельної ділянки, яка надається для видобутку корисних копалин, особливо в умовах коли земельні сільськогосподарського призначення стають приватною власністю.

Переважна більшість родовищ піщано-гравійної суміші Прикарпаття розташовуються на терасових рівнях нижнього порядку сформованих водотоками. Ці родовища мають чітко визначені кутові пункти які обмежують родовища.

Родовища піщано-гравійної суміші, запаси яких були оцінені та затверджені в минулі роки, в своїй більшості змінили своє просторове розташування. Це пов'язано, в першу чергу з меандруванням русла ріки в наслідок чого значна кількість родовищ попадають в охоронну зону рік. Отриманий спеціальний дозвіл на користування надрами на таку ділянку реалізуватися не може.

В той же час в межах смуг поширення валунно-галечникових відкладів, як правило, знаходяться родовища питних підземних вод, які забезпечують питною водою мешканців населених пунктів як в централізованому так і в індивідуальному порядку.

Підземні води як сировина відноситься до переліку стратегічно важливих корисних копалин. Тому збереження та раціонального використання даних родовищ повинно приділятися особлива увага. А за порушення експлуатації винних потрібно притягувати до відповідальності згідно з чинним законодавством України.

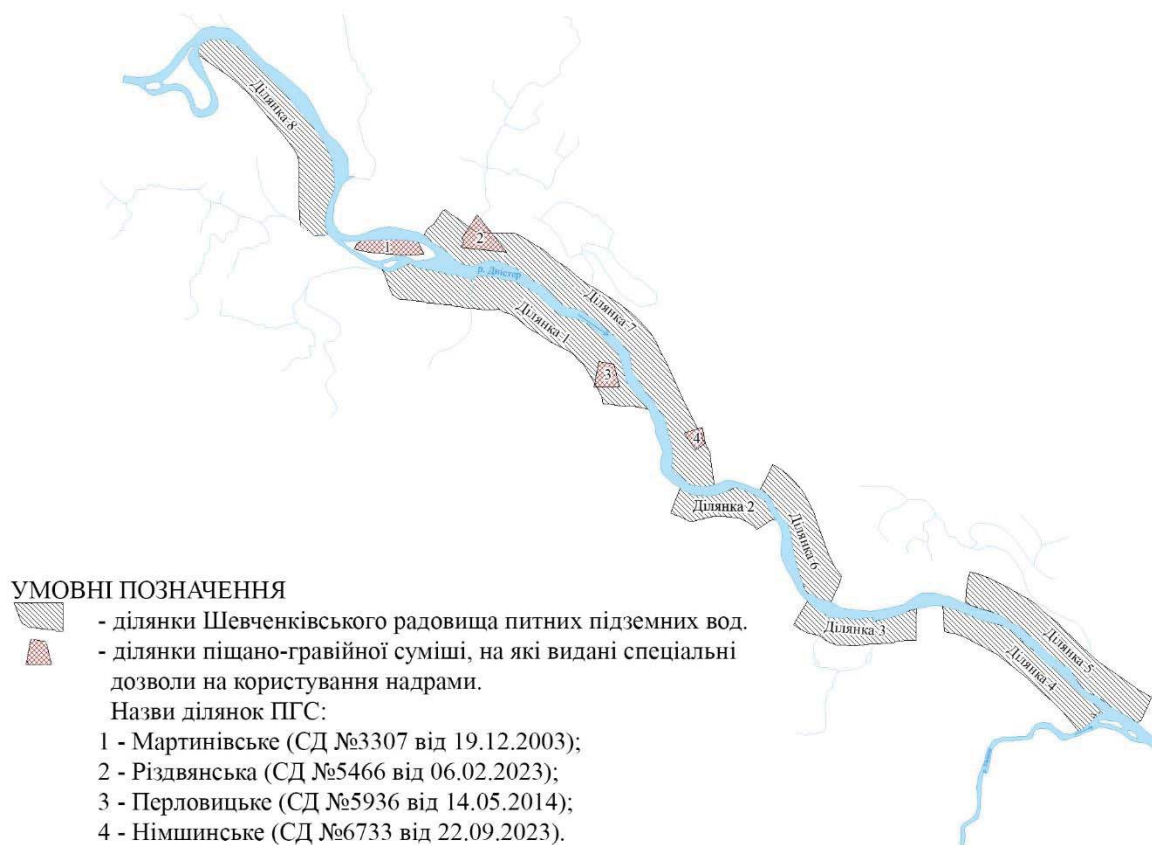
Розробка гравійно-галечникової суміші приведе до порушення гідрогеологічних показників водоносного горизонту, як в межах ділянки та і в цілому.

Непоодинокі факти забудови охоронних зон родовищ підземних вод, або навіть в межах самого родовища. При цьому часто підприємства, розташовані у таких місцях, створюють пряму загрозу погіршення якості підземних вод, особливо при зниженні рівня у процесі експлуатації. Відомі факти прямого руйнування неосвоєних родовищ, які особливо характерні для інфільтраційних об'єктів, приурочених до алювіальних відкладів.

Тут в наш час здійснюється необґрунтовано великий, а в деяких випадках не санкціонований кар'єрний відбір гравію в долинах річок, що при подібній тенденції призводить до руйнування родовища підземних вод.

Яскравим прикладом даного процесу є промислова розробка гравійно-галечникового матеріалу в межах Шевченківського родовища питних підземних вод, яке знаходиться в долині ріки Дністер, поблизу міста Галич Івано-Франківської області (рис. 1).

Шевченківське родовище питних підземних вод було розвідане в 1974-1976 рр. з метою покриття дефіциту у воді питної якості м. Івано-Франківськ. На кінець 70-их років в м. Івано-Франківськ дефіцит питної води становив 35-40 тис.м<sup>3</sup>/добу, а зважаючи на розвиток міста за перспективними оцінками дефіцит міг збільшитися до 65-70 тис.м<sup>3</sup>/добу (1980 р.) та 135-155 тис.м<sup>3</sup>/добу (2000 р.).



**Рис. 1. Розташування ділянок піщано гравійної суміші в межах Шевченківського родовища питних підземних вод**

Геологорозвідувальні роботи проводилися в межах 8-ми ділянок, які розташовані в долині р. Дністер. На правому борті долини р. Дністер розвідані 5 ділянок №№ 1, 2, 3, 4 та 8, загальною протяжністю 19,5 км, а на лівому борті – 3-и ділянки, загальною протяжністю 13,6 км. За результатами геологорозвідувальних робіт оцінені запаси підземних вод про що свідчить протокол ДКЗ СРСР № 7747, а їх об'єм приведений в табл. 1.

**Таблиця 1**

**Запаси питних підземних вод Шевченківського родовища по ділянках**

№ п/п	Назва ділянки Шевченківського родовища	Балансові експлуатаційні запаси, тис. м <sup>3</sup> /добу			
		А	В	С <sub>1</sub>	А+В+С <sub>1</sub>
1	Ділянка 1	21,1	14	13,2	48,2
2	Ділянка 2	4,8	6,4	4,3	15,5
3	Ділянка 3	5,4	4,4	2,8	12,6
4	Ділянка 4	3,5	2,2	1,7	7,4
5	Ділянка 5	6,4	4,2	3,1	13,7
6	Ділянка 6	5,9	4,3	2,9	13,1
7	Ділянка 7	–	–	17,2	17,2
8	Ділянка 8	–	–	7,4	7,4
Всього по Шевченківському родовищі		47,1	35,5	52,6	135,1

Водовмістні відклади представлені гравійно-галечниковими утвореннями з піщаним та піщано-глинистим заповнювачем потужність 4,0-8,0 м, які приурочені до відкладів субаквальної фації першої надзаплавної тераси за заплави ріки Дністер.

Основним водоносним горизонтом, який експлуатується для централізованого водопостачання населення Івано-Франківської області – є водоносний горизонт у

алювіальних відкладах першої-третьої надзаплавних терас та заплав рік верхньонеоплейстоценово-голоценового віку. Даний водоносний горизонт є цільовим основних родовищ питних підземних вод.

Загальна кількість затверджених запасів питних підземних вод в межах Івано-Франківської області та їх співвідношення приведені в таблиці 2 та на діаграмі (рисунок 2).

Таблиця 2

**Запаси питних підземних вод в межах Івано-Франківської області по родовищах**

№ п/п	Назва родовища	Балансові експлуатаційні запаси, тис. м <sup>3</sup> /добу			
		A	B	C <sub>1</sub>	A+B+C <sub>1</sub>
1	Городенківське	–	2,07	–	2,07
2	Заболотівське	1,8	2,4	–	4,2
3	Коломийське	27,7	5,1	11,7	44,5
4	Надвірнянське	12,1	7,3	3,2	22,6
5	Снятинське	4,7	1,3	–	6,0
6	Ченіївське	30,1	23,0	–	53,1
7	Шевченківське	47,1	35,5	52,6	135,1
8	Підмихайлівське	1,86	1,86	–	3,72
9	Микулинецьке	–	1,1	6,4	7,5
10	Лімницьке 3	–	5,81	2,02	7,83
11	Старолисецьке	–	0,1	–	0,1
12	Залучанське	0,665	0,415	–	1,08
13	Драгомирчанське	–	0,08	–	0,08
14	Воскрестнцівське	–	0,673	0,527	1,2
15	Корчевське	1,2	0,5	–	1,7
16	Рогатинське-1	–	0,05	–	0,05
17	Коростовицьке	1,711	0,889	–	2,6
18	Шевченківське 1	–	0,035	–	0,035
19	Білоберізьке	–	0,025	–	0,025
20	Івано-Франківське-1	0,53	0,47	–	1,0
21	Більшівцівське	–	0,036	–	0,036
Всього по Івано-Франківській області		129,466	88,713	76,447	294,526

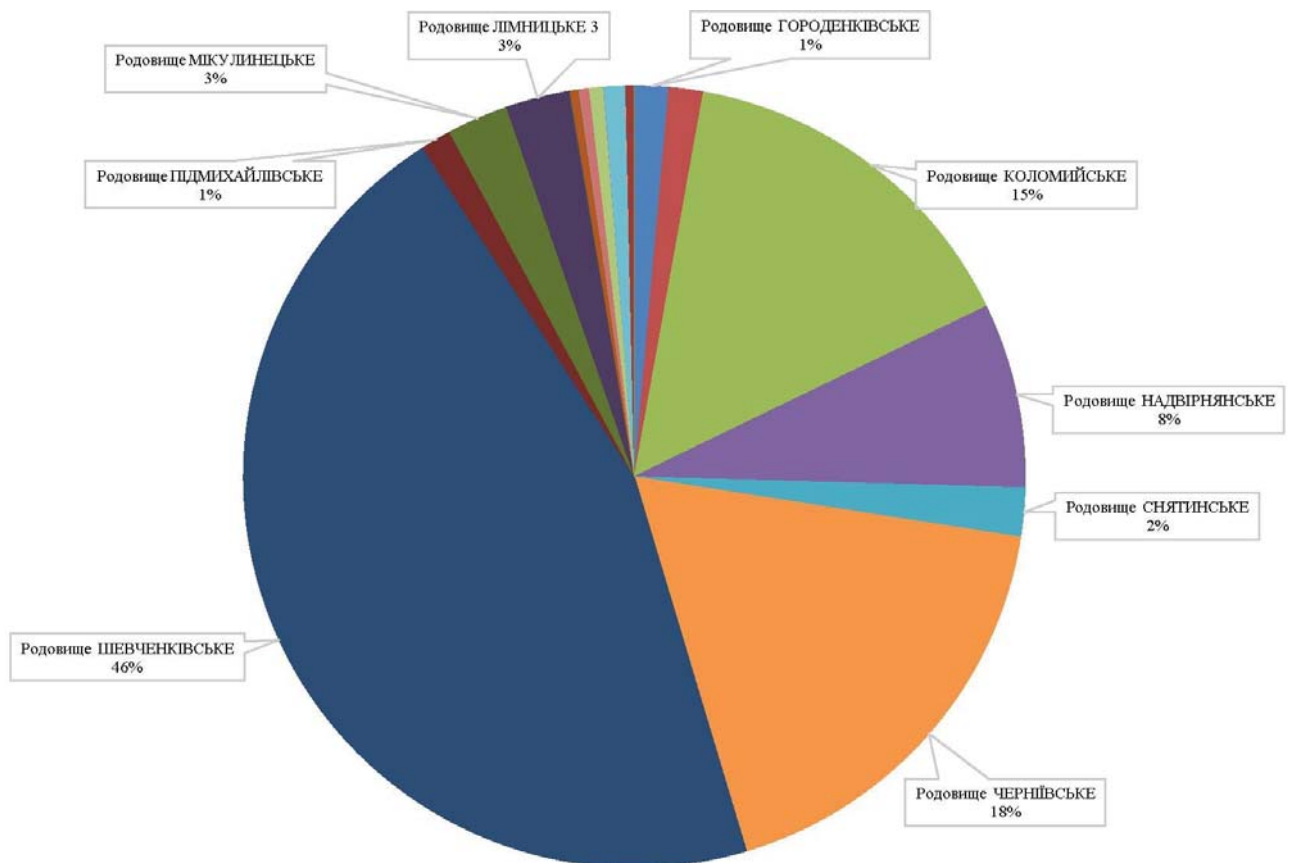
Таким чином, як видно з рис. 2 доля запасів Шевченківського родовища становить – 46% від загальних запасів питних підземних вод області.

Потреба у питній воді м. Івано-Франківськ становить – 124,0 тис.м<sup>3</sup>/добу, а її не покритий дефіцит – 34,0 тис.м<sup>3</sup>/добу. Також в перспективі передбачається відбір підземних вод для забезпечення питною водою міст Калуш, Галич та Бурштин, з сумарною потребою в кількості – 34,3 тис. м<sup>3</sup>/добу. Отже Шевченківське родовище питних підземних вод має стратегічне значення для даного регіону.

На даний час в межах Шевченківського родовища питних підземних вод видані спеціальні дозволи на користування надрами ділянок піщано-гравійної суміші. І це тільки один з яскравих прикладів ризиків, які складаються у сфері надрокористування.

Виникають питання щодо родовищ із затвердженими запасами, які не знаходяться на балансі жодного надрокористувача. Вони є не захищеними від різноманітного негативного антропогенного впливу, їхній технічний і екологічний стан нікому не відомий. Можливо, частина свердловин вже зруйнована і не придатна до використання. Більше того, вони

можуть бути причиною забруднення водоносних горизонтів. Тому, очевидно, вони повинні бути відремонтовані або ліквідовані.



**Рис. 2. Діаграма співвідношення запасів питних підземних вод Івано-Франківської області по родовищах**

В Україні назріла необхідність упорядкування балансових запасів підземних вод для встановлення реальної забезпеченості потреб суспільства підземними водами, у тому числі і на перспективу, а також організації дієвого періодичного державного контролю за станом цих родовищ.

Нарешті має прийти розуміння, що для реанімації і розвитку потенційно багатющого гірничо-геологічного комплексу – основи розвитку промисловості і цивілізації – необхідно здійснити його реальну реструктуризацію і вагому вітчизняну і зарубіжну інвестиційну підтримку з адекватними змінами економічних підходів до оцінки і сучасних форм реалізації гірничих проектів видобутку і переробки мінеральної сировини. Але це неможливо зробити без випереджуючого здійснення крупномасштабних геолого-знімальних робіт, геологічних розшуків і розвідки родовищ, належної геолого-економічної оцінки їхнього промислового значення, у тім числі в напрямку збільшення кількості вилучення супутніх корисних компонентів.

Разом з переоцінкою пасивних запасів корисних копалин і їхнім переведенням в активно-комерційні треба здійснювати загальнодержавну передліцензійну підготовку перспективних площ, як самостійний прогностно-металогенічний вид робіт на підставі теоретичного і геолого-економічного обґрунтування потенційних ділянок родовищ – привабливих об'єктів інвестиційних вкладень. Здійснити створення державних, регіональних і локальних банків даних і баз знань по пріоритетних районах і мінеральних типах родовищ.

Гірничодобувна промисловість України може і повинна стати одним із локомотивів розвитку економіки України. Це визначається тим, що мінерально-сировинний комплекс забезпечує вагому частку валового національного продукту. Тому будь які позитивні зміни у цій галузі будуть мати вагомий вплив на економіку держави в цілому.

Нарешті, має прийти розуміння, що для реанімації і розвитку гірничо-геологічного комплексу необхідно здійснити його реальну реструктуризацію і вагому вітчизняну і зарубіжну інвестиційну підтримку з адекватними змінами економічних підходів до оцінки і сучасних форм реалізації гірничих проектів видобутку і переробки мінеральної сировини. Але це неможливо зробити без випереджуючого здійснення крупномасштабних геолого-знімальних робіт, геологічних розшуків і розвідки родовищ, належної геолого-економічної оцінки їхнього промислового значення, у тім числі в напрямку збільшення кількості вилучення супутніх корисних компонентів.

Звичайно ми розуміємо що запровадження нових підходів до вирішення питань пов'язаних з надкористування не просте завдання, але його вирішення значно покращить інвестиційну привабливість гірничо-видобувної галузі загалом. Тому для подальшої привабливості для інвестування в видобувну галузь пропонується наступні першочергові кроки:

- виконати інвентаризацію всіх родовищ підземних вод, які не освоєні протягом 10 років після проведення геологорозвідувальних робіт і затвердження запасів, з обстеженням на місцевості, оцінкою сучасного техногенного впливу на території цих родовищ і встановленням суб'єктів власності землі, на якій зазначені родовища розташовані;
- створити умови для розвитку компаній, чи структурних підрозділів в межах регіональних геологічних організацій, які б могли виконувати підготовку об'єктів для отримання міжнародних інвестиційних та кредитних ресурсів;
- вирішити на законодавчому рівні питання стосовно відповідальності місцевих органів виконавчої влади за технічний та екологічний стан джерел питної води, у т.ч. експлуатаційних свердловин на воду, які не використовуються.

Особливе значення набуває і належність земельної ділянки, особливо в умовах коли земельні ділянки сільськогосподарського призначення стають приватною власністю.

Вважаємо що при підготовці матеріалів які виставляються на аукціон з продажу спеціального дозволу на користування надрами повинні залучатися спеціалісти державних геологорозвідувальних підприємств, які знаходяться в даному регіоні. Представники геологічної служби повинні надати погодження що до ліцензійної ділянки.

Досить красномовний аналіз основних причин успіху країн, які займають перші місця у рейтингу привабливості інвестицій в гірничо-видобувну промисловість і геологорозвідку полягає в наступному:

- легкий і дешевий доступ до геологічної інформації;
- прозорий і чіткий дозвільний процес;
- точне дотримання термінів видачі ліцензій;
- висока кваліфікація працівників і знання ними законів.

Отже реорганізація виробничих процесів допоможе геологічній службі піднятися на один щабель вверх по ступеням інтенсифікації виробництва і допоможе вийти на рівень провідних світових підприємств які задіяні у сфері геології та видобування надр.

#### **Список використаних джерел:**

1. Красножон М.Д., Люта Н.Г. Проблема надкористування у новій редакції загальнодержавної проблематики розвитку мінерально-сировинної бази України та період до 2030 року. Надкористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції. Київ: ДКЗ, 2021.
2. Павлунь М.М. Різні ідеологічні підходи до надкористування у світі та в Україні: причини і наслідки. Надкористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали П'ятої міжнародної науково-практичної конференції. Київ: ДКЗ, 2018.
3. Павлунь М.М. Деякі проблемні питання інвестиційного потенціалу мінерально-сировинної бази України. Перспективи інвестування. Матеріали Шоста міжнародної науково-практичної конференції. Київ: ДКЗ, 2019.



4. Рудько Г.І. Критична мінеральна сировина. Шлях від Українських надр до користувача. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції. Київ: ДКЗ, 2021.
5. Рудько Г.І., Нецький О.В., Карли В.Е., Литвинюк С.Ф. Науково-методичні і нормативні чинники актуалізації результатів геолого-економічної оцінок родовищ корисних копалин. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції. Київ: ДКЗ, 2021.
6. Рудько Г.І. Родовища критичної мінеральної сировини України. Стан і перспективи. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції. Київ: ДКЗ, 2021.
7. Синчук В.В. Деякі проблемні питання підвищення інвестиційної привабливості мінерально-сировинної бази України. Перспективи інвестування. Матеріали Шоста міжнародної науково-практичної конференції. Київ: ДКЗ, 2019.
8. Усов В.Ю. Отчет о предварительной разведке Шевченковского участка для водоснабжения г. Ивано-Франковска, проведенной в 1974 г.

## ДО РОЗШИРЕННЯ БАЗИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВИХ ПРОПОЗИЦІЙ ПОБУЗЬКОГО ГІРНИЧОРУДНОГО РАЙОНУ

*Єнтін В.А.<sup>1</sup>, к. геол.-мін. н., entinva@gmail.com,*

*Павлюк В.М.<sup>1</sup>, v.pavlyuk@ukr.net,*

*Гінтов О.Б.<sup>2</sup>, д. геол.-мін. н., професор, oleg.gintov@gmail.com,*

*Орлюк М.І.<sup>2</sup>, д. геол. н., професор, orlyukmi@gmail.com,*

*Бакаржієва М.І.<sup>2</sup>, к. геол. н., bakarjieva@ukr.net,*

*1 – Державне підприємство "Українська геологічна компанія", Київ, Україна,*

*2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна*

На прикладі Побузького гірничорудного району Українського щита розглянуто його інвестиційні геолого-промислові можливості у відбудові народного господарства України під час воєнного і повоєнного періодів. Цей район відзначається надзвичайно широким спектром родовищ і рудопроявів корисних копалин відносно неглибокого залягання, серед яких найбільш важливими є відкриті за багато років геологами і геофізиками графітові, залізомагнетитові та залізо-манганові, нікель-хром-кобальтові родовища, родовища і рудопрояви золота. Тут відомі також численні родовища будівельної сировини та каоліну. Є перспективи отримання місцевої агрохімічної сировини на базі розробки апатитовмісних руд і кальцифірів. Наведено перелік і показано місцеположення найбільш підготовлених до промислового освоєння і інвестиційних вкладень родовищ і рудопроявів корисних копалин. Взято до уваги, що на площі Побузького гірничорудного району розташовані два потужних промислових підприємства – Заваллівський графітовий і Побузький феронікелевий комбінати. За деякого вдосконалення технологічних процесів вони можуть бути використані для переробки зазначеної вище рудної сировини. Є також усі геологічні і економічні передумови, щоб Побузький гірничорудний район став першим регіоном на Українському щиті з промислового видобутку золота.

## TO EXPAND THE BASE OF INVESTMENT GEOLOGICAL AND INDUSTRIAL PROPOSALS OF THE POBUZHZHYA MINING DISTRICT

*Yentyn V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), entinva@gmail.com,*

*Pavlyuk V.<sup>1</sup>, v.pavlyuk@ukr.net,*

*Gintov O.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., oleg.gintov@gmail.com,*

*Orlyuk M.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., orlyukmi@gmail.com,*

*Bakarzhieva M.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), bakarjieva@ukr.net,*

*1 – State Enterprise "Ukrainian Geological Company", Kyiv, Ukraine,*

*2 – S. Subbotin Institute of Geophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

On the example of the Pobuzhzhya mining and ore district of the Ukrainian Shield, its investment geological and industrial potential in the reconstruction of the national economy of Ukraine during the war and post-war periods are considered. This area is characterized by an extremely wide range of relatively shallow mineral deposits and ore deposits, among which the most important are graphite, ferromagnetite and iron-manganese, nickel-chromium-cobalt deposits, gold deposits and ore deposits discovered by geologists and geophysicists over many years. Numerous deposits of building raw materials and kaolin are also known here. There are prospects for obtaining local agrochemical raw materials based on the development of apatite-containing ores and calciphyrs. The list and locations of the most prepared for industrial development and investments of mineral deposits and ore occurrences are given. It is taken into account that two powerful industrial enterprises are located on the square of the Pobuzhzhya mining and ore district – Zavallya graphite and Pobuzhzhya ferronickel complexes. With some improvement of technological processes, they can be used for processing the above-mentioned ore raw materials. There are also all the geological and economic prerequisites for the Pobuzhzhya mining district to become the first region on the Ukrainian Shield for industrial gold mining.

**Вступ.** До Побузького гірничорудного району (ПГРР) Українського щита (УЩ) зазвичай відносять територію середньої течії р. Південний Буг від м. Гайворон на заході до м. Первомайськ на сході. У сучасному адміністративному поділі України це суміжні райони – Первомайський Миколаївської області, Голованівський Кіровоградської та Подільський Одеської. Незважаючи на наявність відкритих на цій території численних дрібних і середніх родовищ та рудопроявів широкого спектру корисних копалин, це регіон переважно сільського господарства. З гірничорудних об'єктів, окрім кар'єрів місцевого значення на будівельну сировину, тут відомі перефільований на іншу продукцію Побузький феронікелевий завод (ПФЗ) і діючий Заваллівський графітовий комбінат (ЗГК). На сьогоднішній день сировинні ринки світу очікують суттєві зміни. Вже почались пошуки нових

закордонних і місцевих шляхів постачання гірничорудної продукції. Для внутрішнього ринку особливе значення для повоєнного відновлення об'єктів цивільної та промислової інфраструктури України має інтенсивне розширення промислової бази видобутку місцевої будівельної сировини. Для потреб сільського господарства слід очікувати також збільшення попиту на місцеву агрохімічну сировину. Розшириться попит на невеликі родовища металевих копалин, промислове освоєння яких базується на передових закордонних технологічних схемах відпрацювання. Найповніші дані щодо стану розвіданої бази корисних копалин ПГРР одержано за геологічного довивчення масштабу 1:200 000 території аркушів М-35-XXXVI (Гайворон) та М-36-XXXI Первомайск), яке було критично проаналізовано та відображено в статті [1]. Потенційній базі найважливіших для інвестування родовищ і проявів корисних копалин у ПГРР присвячено основний зміст цих тез.

За сучасним адміністративним поділом України та геологічним положенням відомих на території ПГРР родовищ і проявів корисних копалин з певною умовністю можливо намітити два центри (гірничо-промислові кластери) їхнього пріоритетного комплексного промислового освоєння – Заваллівсько-Гайворонський (ЗГГК) і Первомайсько-Голованівський (ПГГК).

**Заваллівсько-Гайворонський гірничо-промисловий кластер ПГРР** територіально охоплює західну частину Голованівського району Кровоградської області та північну частину Подільського району Одеської області та майже повністю розташований в межах східної половини листа М-35-XXXVI (Гайворон).

Основу рудного потенціалу цього кластера безперечно складають родовища та прояви графіту, на базі одного з яких (Заваллівського родовища) з 30-років минулого століття працює комбінат. Його продукція – це практично досконалий графіт. Зростаючі сучасні потреби світової промисловості в графітовій продукції визначають необхідність зростання обсягів виробництва лускуватого природного графіту. Враховуючи високі показники якості та характеристики графітового асортименту, графітова продукція Заваллівського родовища викликає значний інтерес зарубіжних інвесторів, високо оцінюється на світовому ринку та широко експортується до багатьох країн.

Слід зазначити, що за комплексного підходу до видобутку графітової руди ПГРР є можливість одержання гранатового концентрату для абразивної продукції, а також скальних порід покрівлі (мігматити, кальцифіри). Встановлено, що ці породи відповідають вимогам ДОСТУ 8267-82 «Щебінь з природного каменю для будівельних робіт». Покрівельні суглинки відповідають вимогам для виробництва цегли марки 125, а піски, за результатами досліджень, можуть бути використані в об'ємі 15 % в шихті для виробництва цегли. Важливо, що ґрунтово-рослинний шар відповідає вимогам для біологічної рекультивациі земель.

Окрім Заваллівського родовища, на відстані 10–20 км від нього відомі родовища (ділянки) «Хутір Андріївка», «Зарічне», а також декілька проявів графіту, які відносяться до графітової рудної формації, що містить найбільш продуктивні зруденіння гранату, силіманіту та графіту. Серед останніх найближчими до Заваллівського родовища є Соломійвський, Південнохашуватський, Концебівський, Ставківський прояви. Розвідані запаси ділянки «Хутір Андріївка» та «Зарічне» підготовлені до промислового освоєння, але за рядом гідрогеологічних та інших причин не розробляються.

Всі перелічені прояви графіту, за результатами певного обсягу розвідувального буріння, визнано перспективними для подальшої промислової оцінки. Вони можуть стати об'єктами інвестиційної зацікавленості. Серед них необхідно звернути увагу на рудопрояв «Ставки», який знаходиться в безпосередній близькості до однойменного населеного пункту, за 20 км на північ від м. Завалля. Вміст графіту в його найбільш вивченому рудному тілі змінюється від 3,7 до 10,6 % (св. № 974). Графіт крупнолускуватий. Розмір лусочок від 0,2 до 1,0–1,5 мм. Вміст тигельного графіту (клас 0,2 мм) становить 3,3 %. Відзначається хороша якість графіту, наявність ресурсів, невелика потужність розкривних порід, сприятливі економічні умови (наявність залізничної лінії та близькість до графітового комбінату). Для збільшення ліцензійної привабливості цього прояву необхідно додатково провести електророзвідку та буріння пошуково-розвідувальних свердловин.

Є всі підстави очікувати від наявних в цьому регіоні родовищ і проявів графіту настільки ж високоефективних в економічному і промисловому плані показників, як і для продукції ЗГК.

**Залізо-марганцеві руди.** Прояви оксидних марганцевисто-залізних руд ЗГГК пов'язані з корою вивітрювання карбонатних порід, які представлені кальцифірами, мармурами та скарноїдами і широко розвинуті в Хащуватській та Заваллівській тектонічних зонах. В їхніх межах відомі Західнохащуватський, Соломійвський, Заваллівський, Східнохащуватський та Бандурівський прояви. Найбільш перспективним і підготовленим для інвестиційних пропозицій є Західнохащуватський прояв (ЗХП) розташований в Голованівському районі Кіровоградської області, на лівому березі р. Південний Буг, біля с. Хащувате. Відомий з початку ХХ ст. У 1990–1994 рр. Правобережною геологічною експедицією (ПГЕ) проведено пошукові роботи [2]. Прояв супроводжується сприятливими геологічними та економічними передумовами, які полягають у розміщенні ділянки частково на неорних і малопродуктивних землях, близькості діючих шосе та залізниці, добре освоєному та обжитому районі, де є людські, енергетичні та інші необхідні ресурси. Родовище представлене корою вивітрювання кальцифірів, збагаченою гідроокислами заліза і марганцю. Площа покладу марганцевистих залізних руд – 0,79 км<sup>2</sup>. Середня потужність рудоносною кори 20 м. Середня потужність розкривних порід близько 15 м. Середньоваговий вміст основних компонентів становить: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 38,73 %; MnO – 4,48 %; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,2 %. Руди не потребують збагачення, хоча за необхідності легко збагачуються. Марганцевисті залізні руди характеризуються підвищеним вмістом золота. Отримана принципова можливість виготовлення сплавів. Технологічні дослідження руд показали, що сплави, леговані марганцем і нікелем, близькі за складом до легovanого і сірого чавуну, а низькофосфористі шлаки, що вміщують 5–10% марганцю, можуть бути використані в шихті при отриманні білого чавуну. Подальші дослідження марганцевистих залізних руд з залученням хромітового концентрату із Капітанівського родовища ПГГК дають можливість виробництва хромистих феросплавів, які є дефіцитними для України. Прогнозні ресурси марганцевистих залізних руд кат. Р<sub>1</sub> складають 34,672 млн т. Розробка хащуватських марганцевистих залізних руд може бути рентабельною на базі ПФЗ або ЗГК за умови їх реконструкції.

В складі окисних марганцевистих залізних руд виділені залізо–марганцеві руди середньою потужністю 4,5 м, із середньоваговим вмістом MnO – 13,32%, (борт 10%); Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 35,26%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,23%. Прогнозні ресурси кат. Р<sub>1</sub> складають 4,34 млн т. Оксидні залізо-марганцеві руди ЗХП легко піддаються збагаченню (шляхом промивки).

Наявність в межах ПГГР феронікелевого заводу, який міг би освоїти випуск феромарганцю, підвищує перспективи промислового освоєння ЗХП, в першу чергу, як комплексного родовища, руда якого може бути використана без збагачення для виплавки марганцевистого та дзеркального чавуну.

**Залізо–марганцеві та рідкісноземельні руди.** Нарощування запасів можливе за рахунок прилягаючих до ЗХП проявів, і в першу чергу Соломійвського прояву марганцевистих залізних та рідкісноземельних руд [3], який знаходиться на західній окраїні с. Соломія за 5 км на південь від м. Гайворон і за 1,5 км на захід від ЗХП, на правому березі річки Південний Буг. Площа ділянки прояву 1,7 км<sup>2</sup>.

В межах прояву виявлені 2 ділянки розповсюдження рідкісних земель з промисловим вмістом ітрію – західна і центральна, які пов'язані з корою вивітрювання глиноземистих гнейсів та кварцитів.

Центральний поклад має довжину 500 м, ширину 15 м. Потужність рудного покладу 2 м. Площа зруденіння 7 500 м<sup>2</sup>. Глибина залягання верхнього обмеження 71 м. Західний рудний поклад має довжину близько 300 м, ширину 25 м. Глибина верхнього обмеження 92 м. Потужність рудного прошарку 8 м. Площа зруденіння 7 500 м<sup>2</sup>.

Рідкісноземельна руда відноситься до черчітового типу залишкових родовищ. Аналогом можна вважати Кандибайське родовище Казахстану. Представлена фосфатними мінералами– черчітом, рабдофанітом та вейншенкітом. Перспективні ресурси ітрію за кат. Р<sub>2</sub> складають: для Центрального покладу – 45,5 т, для Західного – 118,8 т.



За кількістю перспективних ресурсів Соломіївський прояв оксидних марганцевисто-залізних руд, залізо-марганцевих і рідкісноземельних руд відноситься до крупних родовищ та як комплексне родовище рекомендується для подальшого вивчення.

Перспективні ресурси руд марганцю і рідкісних земель затверджені протоколами № 26 УкрНРП від 13.11.89 р. та № 101 Науково-технічної ради Північного державного геологічного підприємства "Північгеологія" від 5 жовтня 1994 р.

**Силіманітовий вогнетрив.** У доповнення до зазначених вище промислових перспектив Соломіївської ділянки на залізо-марганцеві і рідкісноземельні руди необхідно зазначити, що спеціалізованими роботами [4] в долині р. Південний Буг, безпосередньо на території с. Соломія було встановлено єдину в Україні ділянку потенційно промислового корінного джерела силіманіту (вогнетриви) в силіманітових гнейсах. Вона складена 5 тілами гранат-силіманітового гнейсу з вмістом силіманіту 142 кг/т. Ця ділянка розвідана за категорією С<sub>2</sub>. За хімічним складом більшість проб з силіманітом відповідають вимогам до високоглиноземистої сировини. Так, дослідження УкрДІМРУ (м. Симферопіль) свідчать, що збагачення силіманіту з гнейсів відбувається за простою і дешевою схемою, яка дозволяє одержати силіманітовий, гранатовий і графітовий концентрати. Силіманітовий концентрат (95% силіманіту, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 60-69%) має вогнетривкість 1840–1860 С° і може бути використаний при виготовленні високоглиноземистих вогнетривів та інших виробів. Враховуючи значну потребу у глиноземистих вогнетривах, цей об'єкт, після проведення тут розширеного комплексу пошуково-розвідувальних робіт, може значно підвищити своє інвестиційне значення.

**Первомайсько-Голованівський гірничо-промисловий кластер** територіально охоплює східну частину Голованівського району Кіровоградської області та північну частину Первомайського району Миколаївської і Подільського району Одеської областей. Він майже повністю охоплює територію листа М-36-XXXI (Первомайськ). У структурно-тектонічному відношенні він належить до центральної частини відомої Голованівської шовної зони, обмеженої Тальнівською і Первомайською зонами глибинних розломів [5], а в геофізичному – до центральної частини найбільшого на УЩ Голованівського гравітаційного максимуму. Однією із головних особливостей геологічної будови цього кластера є його насиченість породами мафіт-ультрамафітового складу, і генетично пов'язаними з ними родовищами та проявами рудних корисних копалин, в першу чергу кобальту-нікелю і хрому.

**Нікель.** В першу чергу, це ділянка між с. Полюхівка і селищем Побузьке довжиною 12 км і шириною до 7,5 км, де крім відпрацьованих у недавньому минулому ПФЗ трьох родовищ нікеленосних серпентинітових кір вивітрювання, нараховується ще чотири, затверджених Державною комісією по запасах корисних копалин (ДКЗ) у 1959 р., шість родовищ розвіданих, але не затверджених ДКЗ (через відсутність техніко-економічного обґрунтування) і ще чотири ділянки, на яких у різні роки були проведені пошукові роботи. Запаси цих родовищ, а також ресурси ділянок, які були розраховані за бортом 0,5 % нікелю і цінами станом на 1958 рік, разом становлять 150 тис. т металевого нікелю. Варто зазначити, що у складі руди окремих родовищ і ділянок присутній промисловий вміст хрому, золота і платиноїдів.

Серед останніх пошукових робіт на цій площі необхідно відмітити проведену ПГЕ Державного підприємства «Українська геологічна компанія» [6] бурову розвідку Західнолащівського родовища силікатного нікелю з середнім вмістом нікелю 0,93%. Важливим результатом робіт став технологічно і економічно обґрунтований промисловий борт нікелю – 0,3 %, який базується на сучасних світових цінах на нікель і гідрометалургійному способі його вилучення із силікатних руд. Цим способом користуються більшість зарубіжних підприємств з виробництва нікелю (наприклад, «Євронікель»). Цей об'єкт заслуговує першочергової інвестиційної привабливості.

**Хром.** До найбільш цікавих інвестиційних пропозицій можуть стати два родовища – Капітанівське (Центральна ділянка) і Липовеньківське (ділянка Західна). Запаси хромових руд Капітанівського родовища в кількості 384 тис.т. і Липовеньківського родовища в кількості 42,6 тис.т були затверджені ДКЗ у 1959 р. У 2008 році завершена детальна розвідка південної частини Капітанівського родовища [7]. Хромове зруденіння цієї частини родовища



представлене нерівномірно вкрапленими рудами та, в меншій мірі, тілами масивних руд в ультрабазитах і кальцифірах. Потужність рудних тіл змінюється від 1,1 до 12 м. Загальні запаси хромової руди Капітанівського родовища (Південної і Центральної ділянок) категорії  $C_1+C_2$  складають 3715 тис. т. Запаси  $Cr_2O_3$  кат.  $C_1$  – 626 тис. т.

**Магnezійні вогнетриви.** Найбільш крупні родовища цієї сировини, які можуть бути інвестиційно привабливими – Деренюхинське, Грушківське і Тарнуватське. У цих масивах існують 2 типи магнезійних руд: аподунітові руди з вмістом  $MgO$  40,18% при вологості 7 % (вміст в сухій руді 43%) та апоперидотитові руди з вмістом  $MgO$  37,95% (40,6% в сухій руді). Аподунітові серпентиніти при металургійній переробці можуть бути джерелом магнезії, феронікелю, кремнію і платини. При добре налагодженому процесі можна додатково одержати деяку кількість міді і золота.

Під час розвідки південної частини Капітанівського родовища хрому Харківським державним науково-дослідним і проектним інститутом основної хімії (НІОХІМ) були проведені лабораторно-технологічні дослідження серпентинітів. Було встановлено, що з них можна отримати продукти з вмістом  $MgO$  97,0-98,8%. Отримані у НІОХІМ магнезійні матеріали були досліджені у Приватному акціонерному товаристві «Український науково-дослідний інститут ім. А.С. Бережного», де в результаті експериментів був отриманий спечений периклаз, який відповідає рівню світових стандартів. З відходів можна отримати високомодульне рідке скло, чистий кремнезем, силікагель, білу сажу. Отже, ультрабазитові масиви ПГТК є комплексною сировиною руд нікелю, хрому, благородних металів і вогнетривів.

**Інвестиційно привабливі родовища і крупні рудопрояви корисних копалин, характерні для всієї площі ПГТР.** Головним чином це стосується залізородних і золоторудних родовищ та рудопроявів, а також каоліну та будівельної сировини.

**Залізо.** Важливим напрямком післявоєнного зростання реального економічного потенціалу ПГТР є промислове освоєння відомих тут чисельних залізородних родовищ і проявів, що обумовлено необхідністю компенсувати певну виснаженість сировинної бази Криворізького залізородного басейну, стійким попитом на залізо і вигідним географічним розташуванням цих об'єктів.

Серед них найбільш підготовленими до інвестицій в межах ПГТР є Молдовське родовище (с. Молдовка Голованівського району Кіровоградської області), руди якого представлені пластовим тілом залізистих кварцитів довжиною 2200 м і магнетитовими кальцифірами стовпоподібної форми потужністю до 100 м, протяжністю 700 м. Запаси перших з них по категорії  $P_1+C_2$  до глибини 600 м складають 440 млн т; карбонатно-магнетитових – 135 млн т. Технологічні випробування в Інституті мінеральних ресурсів “Механобрчермет” показали високу якість руд завдяки можливості отримання суперконцентратів з вмістами заліза до 69,9%, кремнезему 0,43–0,69%. Рудні кальцифіри можуть використовуватися без збагачення як самофлюсуючі руди, в тому числі при виробництві феронікелю на розташованому поряд ПФЗ.

В межах ЗГТР групою найбільш перспективних на інвестиційне промислове освоєння є Піщанський, Савранський, Байбузівський рудопрояви мономінеральних магнетитових руд. Ця група залізородних проявів знаходяться на півночі Подільського району Одеської області, на правобережжі Південного Буга, де вони розміщені поряд, на відстані 2–4 км один від одного, мають загальні ресурси залізної руди приблизно 1 млрд.т. і залягають на невеликій глибині.

Вмісти магнетитового заліза Піщанського рудопрояву до глибини 530 метрів не зазнають суттєвих коливань, складаючи, в середньому, 19,1% при вмісті заліза загального 29,85%. Перспективні ресурси руди кат.  $P_2$  до глибини 300, 600, 1000 м відповідно, – 52,0; 118,3; 206,5 млн т.

Савранський рудопрояв має середній вміст заліза загального 29,06%; заліза магнетитового 19,05%; середня потужність шару 140 м; простягання кондиційних руд 1000 м; перспективні ресурси руди кат.  $P_2$  до глибини 1000 м – 425 млн т.

Байбузівський рудопрояв характеризується середнім вмістом заліза загального 27,7 %, заліза магнетитового 16,76 %, середня потужність шару 35м, простягання кондиційних руд 4500 м, перспективні ресурси руди кат. Р<sub>2</sub> до глибини 930 м – 504 млн т.

Для підвищення інвестиційної привабливості цих об'єктів на них необхідно пробурити 13 розвідувальних свердловин, перерахувати (уточнити) ресурси залізної руди на ділянках до глибини 300, 500 і 1000 м, на базі геолого-геофізичних даних створити їх тривимірні моделі.

Окрім зазначеної групи рудопроявів ЗГРР, представлених виключно магнетитовмісними кварцитами, значний інвестиційний потенціал мають Чемерпільська, Вільшанська і Слюсарівська ділянки, де залізомагнетитові руди переважно представлені кальцифірами з великим вмістом магнетиту. Інвестиційна привабливість цієї групи руд підвищується у зв'язку з можливістю комплексного промислового використання карбонатної матриці в якості флюсів при виплавці заліза, виготовленні асфальтобетону підвищеної міцності, доломітової муки, агрохімічної сировини для збільшення показника рН ґрунту. Серед цих рудопроявів особливе значення представляє Чемерпільський, сумарні прогнозні ресурси карбонатних і силікатних залізомагнетитових руд якого за останніми даними складають не менше 100 млн т [8]. Як в корінних породах кристалічного фундаменту цього родовища, так і в розвинутій над ними корі вивітрювання встановлена промислова золотоносність [9].

**Висновки.** За своєю відносно невеликою територією ПГРР відзначається надзвичайно широким спектром родовищ і проявів металічних і нерудних корисних копалин. За цією ознакою він може бути порівняний із найвідомішими світовими гірничими агломераціями.

Зростаючі сучасні потреби світової промисловості в графітовій продукції визначають необхідне зростання виробництва обсягів лускуватого природного графіту. За умов ПГРР Україна могла б стати світовим лідером у цій галузі і одержувати значні кошти на відновлення порушеної війною інфраструктури країни.

Важливим для відновлення металургійної промисловості буде активне комплексне промислове освоєння залізородних родовищ ПГРР, які разом з марганцевими, нікелевими і хромітовими родовищами, вогнетривкою сировиною цього регіону можуть стати основою для створення нових гірничодобувних і металургійних центрів (кластерів) України.

Одержаний широким колективом науковців та виробничників матеріал також переконливо показав, що ПГРР є найбільш перспективним та єдиним на всій території центральної та західної частин УЩ регіоном із широко проявленими золотою мінералізацією та зруденінням. Є всі геологічні і економічні передумови, щоб ПГРР дійсно став першим регіоном на УЩ з промислового видобутку золота.

#### **Список використаних джерел:**

1. Єнтін В.А, Гінтов О.Б, Мичак С.В., Павлюк В.М., Ніколаєвський В.П. Перспективи Побузького гірничорудного району як агломерації родовищ рудних і нерудних корисних копалин для відбудови народного господарства України у післявоєнний період//Геофіз. журнал.– 2023.– Т 45, № 6. – С. 3–35.
2. Довгань Р.Н., Ентин В.А., Павлюк В.Н. Бандуровская палеовулканическая структураи связанные с нею перспективы алмазоносности. Мінеральні ресурси України. 2006.№ 4. С. 22–28.
3. Василенко А.П., Лепігов Г.Д., Войновський А.С. Прогноз нових геолого-промислових типів рудних родовищ, корисних копалин в корах вивітрювання Українського щита.– Зб. міжнар. наук. конф. до 55–річчя геол. ф–ту Львів. ун–ту.– Львів, 2000, С. 71-72.
4. Гордеев Ф.М. отчет о поисках силлиманитовых гнейсов в районе среднего Побужья за 1961-1964 гг. – Киев: Геоинформ, 1964, 285 с.
5. Гинтов О.Б., Ентин В.А., Мычак С.В., Павлюк В.Н., Зюльцле В.В. Структурно-петрофизическая и тектонофизическая основа геологической карты кристаллического фундамента центральной части Голованевской шовной зоны Украинского щита// Геофиз. журн.– 2016. – Т. 38, No 3.– С. 3–28.

6. Корнієнко П.К. Розвідка західнолашівського родовища силікатного нікелю та пошуково-оцінювальні роботи на інших ділянках Деренюхинсько-Липовеньківської зони.– Київ: Геоінформ, 2009, 205 с.

7. Корнієнко П.К., Виходцев М.К., Дяденко І.М. Розвідка південної частини капітанівського родовища хромових руд.– Звіт геологорозвідувальної партії ПГЕ за 1993–2010 рр.– Київ: Геоінформ, 2010, 249 с.

8. Єнтін В.А., Павлюк В.М., Кислюк В.В., Бакаржієва М.І., Мичак С.В.<sup>2</sup>, Гінтов О.Б. Чемерпільська гравімагнітна аномалія як сучасне відображення унікальної докембрійської вулканоплутонічної магнетито–золоторудної структури Українського щита (Середнє Побужжя). // Геофіз. журнал.– 2024. Т 45. № 5. С.

9. Кислюк В.В., Федоров А.В., Павлюк В.М., Гринін Р.А., Павлюк О.В., Гаценко В.О., Гук Л.В., Кислюк Г.В. Пошукові роботи на золото в межах Савранської металогенічної зони. Київ: Геоінформ, 2023, 298 с.

## **ІСТОРИЧНІ СОЛЯНІ ДЖЕРЕЛА, ЛУГОВНІ ТА СОЛЕВАРНІ В МЕЖАХ ПЕРЕДКАПАТСЬКОГО ПРОГИНУ: СУЧАСНИЙ РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ І ГЕОЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ВІДНОВЛЕННЯ ВИДОБУТКУ РОПИ ТА ВИРОБНИЦТВА ВИПАРНОЇ СОЛІ**

*Дяків В.О.<sup>1</sup>, к. геол. н., доцент, dyakivw@yahoo.com;*

*Петришин В.Ю.<sup>2</sup>, geology1982@ukr.net,*

*Хевна З.З.<sup>3</sup>, к. геол. н., zenonzxv@gmail.com,*

*1 – ЛНУ імені Івана Франка; ТЗОВ «Інститут «ГІРХІМПРОМ», Львів, Україна,*

*2 – Державна комісія по запасах України, ЛНУ імені Івана Франка, м.Київ, Україна,*

*3 – Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України, Київ, Україна*

Після припинення видобутку солей у Донецькій області внаслідок бойових дій та російської окупації міст Бахмут та Соледар, в Україні гостро постала проблема розробки нових родовищ кухонної та технічної солі, а також спелеолікування. Передкарпатський прогин у північно-східній частині має історичну назву: «Галичина» – Земля Солі, за археологічними даними були місцями видобутку кам'яної солі та ропи, а також виварювання із неї харчової солі із часів бронзового віку. Від середніх віків і до середини ХХ століття тут діяло десятки солевиварювальних заводів. У зв'язку із цим, потенційні інвестори звернули увагу на родовища Карпатського регіону. Встановлено, що шляхами вирішення проблеми відновлення видобутку та виробництва кам'яної, технічної та харчової солі в Україні у віддалених від фронту російсько-української війни є: 1. відновлення роботи невеликих солевиварювальних заводів (солеварень, «салін», «жуп»), які функціонували у Карпатському регіоні протягом століть та тисячоліть, за умови мінімізації ризиків розвитку соляного карсту; 2. відновлення видобутку методом підземного розчинення реалізованих на рудниках у Стебнику, Калуші й Добромилі при яких мінімальні ризики розвитку соляного карсту; 3. розробка і реалізації сучасних проектів зі свердловинного підземного вилугування. Визначено потенціал кожного із підходів та геоecологічні ризики відновлення їх роботи та реалізації нових проектів.

## **HISTORICAL SALT DEPOSITS, SALT CAVERNS AND SALTWORKS WITHIN THE PRE-CARPATHIAN DEPRESSION: CURRENT RESOURCE POTENTIAL AND GEO-ECOLOGICAL RISKS OF RESUMPTION OF BRINE AND EVAPORATED SALT PRODUCTION**

*Dyakiv V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., dyakivw@yahoo.com,*

*Petryshyn V.<sup>2</sup>, geology1982@ukr.net,*

*Хевна З.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Geol.), zenonzxv@gmail.com,*

*1 – Ivan Franko National University of Lviv; LLD "Institute" GIRHIMPROM ", Lviv, Ukraine,*

*2 – State Commission on Reserves of Ukraine; Ivan Franko National University of Lviv; Kyiv, Ukraine,*

*3 – The Institute of Environmental Geochemistry of NASU, Kyiv, Ukraine*

With the cessation of salt production in the Donetsk region due to hostilities and the Russian occupation of the cities of Bakhmut and Soledar, the development of new cooking and technical salt deposits, as well as speleotherapy, has become an acute issue in Ukraine. The Pre-Carpathian depression in the north-eastern part has a historical name "Halychyna" - the Land of Salt, according to archaeological data, it was the place where rock salt and brine were extracted to produce cooking salt, since the Bronze Age. From the Middle Ages to the middle of the 20th century, dozens of saltworks operated here. As a result, potential investors have turned their attention to the deposits of the Carpathian region. It has been established that there are the following ways to resume the extraction and production of rock, technical and cooking salt in Ukraine in regions remote from the frontlines of the Russian-Ukrainian war: 1. Resumption of the operation of small salt production plants (saltworks, "saline", "zhupas", which have been operating in the Carpathian region for centuries and millennia), provided that the risks of the salt karst development have been minimized; 2. Resumption of the production by using the method of underground dissolution in mines of Stebnyk, Kalush and Dobromyl, where the risks of the salt karst development are minimal. 3. Development and implementation of modern projects of in-situ leaching. The potential of each approach and geo-ecological risks of resumption of their operation and implementation of new projects have been determined.

До 2021 року ДП «Артемсіль» найбільшим виробником кам'яної, технічної та харчової солі в Україні та одним із лідерів на світовому ринку, що забезпечувало не тільки 99 % потреб українських споживачів, але й експортувало «біле золото» у понад 20 країн світу.



Крім масштабного видобутку солі, у копальнях ДП «Артемсіль» були облаштовані спелеолікарні, ігрові майданчики, футбольні поля, музеї, концертні зали і навіть літали на повітряних кулях.

У квітні 2022 року внаслідок обстрілів та бойових дій об'єкти видобувної, переробної та транспортної інфраструктури ДП «Артемсіль», міст Бахмут та Соледар були критично пошкоджені і продукування кам'яної, технічної та харчової солі було припинено, а після тривалої облоги і штурму, окупації рашистами, про відновлення роботи підприємства не може йти мови.

Як наслідок у першій половині 2022 року в Україні були зафіксовані рекордні ціни на кухонну кам'яну сіль – біля 90 грн за 1 кг.

І хоч за кілька місяців ціни на сіль впали до 20-40 грн за кг за рахунок імпорту, проблема відновлення видобутку та виробництва кам'яної, технічної та харчової солі у віддалених від фронту російсько-української війни стала надзвичайно актуальною, а саме в межах Передкарпатського та Закарпатського прогинів (рис. 1).

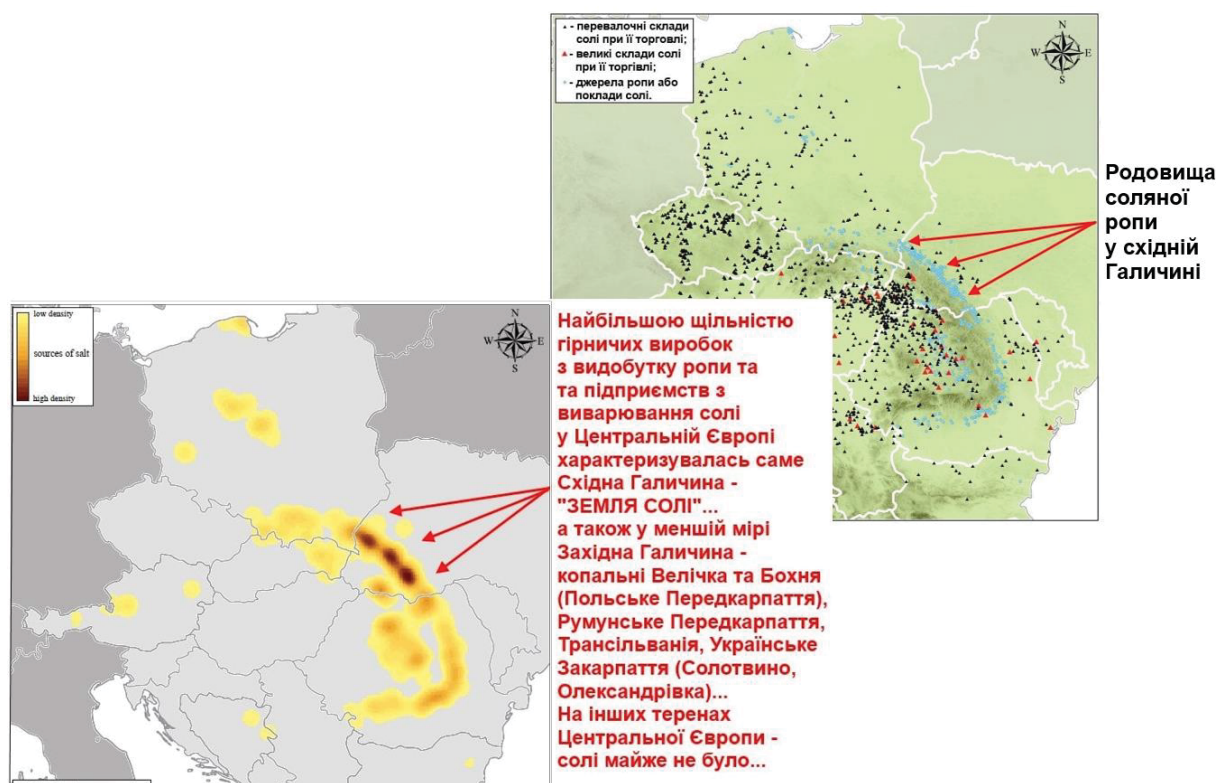


**Рис. 1. Територія бойових дій із локацією міст Бахмут та Соледар, де до 2022 року були зосереджені найбільші потужності з продукування солі в Україні (вгорі) та геологічна карта Карпатського регіону із локалізацією соляних родовищ віддалених від зони бойових дій на понад 1000 км**

Нами розглянуто чотири основні шляхи вирішення проблеми відновлення видобутку та виробництва кам'яної, технічної та харчової солі в Україні у віддалених від фронту російсько-української війни.



**Відновлення роботи невеликих солевиварювальних заводів (солеварень, «салін», «жуп»), які функціонували у Карпатському регіоні протягом століть та тисячоліть. Передкарпатський прогин у північно-східній частині має історичну назву: «Галичина» – Земля Солі та солянокупольні структури Закарпатського прогину: «соляне місце» – Солотвино, за археологічними даними були місцями видобутку кам'яної солі і ропи, а також виварювання із неї харчової солі із часів бронзового віку [3, 4] (рис. 2).**



**Рис. 2. Передкарпатський прогин у північно-східній частині має історичну назву: «Галичина» – Земля Солі та солянокупольні структури Закарпатського прогину: «соляне місце» – Солотвино, за археологічними даними були місцями видобутку кам'яної солі і ропи, а також виварювання із неї харчової солі із часів бронзового віку [1, 2]**

В межах Передкарпатського прогину солеварний промисел належав до найдавніших ремесел місцевого мешканців саме завдяки наявності соляних джерел, криниць, шурфів. Наші предки дуже добре вивчили де можна виявити природне соляне джерело, де йому можна «допомогти» збільшити дебіт, де раціонально облаштувати криницю чи шурф, а завдяки таким гірничим виробкам здавна видобувати ропу і виварювати з неї сіль. З історичних джерел, відомо, що у XVIII ст. у Передгір'ї Карпат експлуатували 133 соляних джерела. Про давність розробки цих джерел свідчать назви населених пунктів – Стара Сіль, Стара Ропа, Солонське, Солянуватка, Солець, Ясениця-Сільна та багато інших.

Видобута сіль не тільки забезпечувала потреби місцевого населення, а із середніх віків була предметом торгівлі та навіть державної монополії. На думку краєзнавця В. Кобільника, «соляні «жупи» для мешканців цього краю були просто копальнями золота». На початку XVI ст. селянам та міщанам було дозволено за відповідну плату варити сіль, у XVIII ст. вже були солеварні, що належали багатим власникам, а також солеварні королівські, тобто державні.

Із початком виварювання солі, ймовірно одним із найважливіших пристроїв була примітивна панва [1]. Пізніше люди навчились випарювати із ропи кухонну сіль на перших мануфактурах, які називали банями, жупами, солеварнями чи салінами із чітким розподілом обов'язків працівників – копачів соляних криниць, жупників (видобувачів ропи), солеварів (зваричів, виварювальників), заготовлювачів деревини, розтопників (вогневиків), сушників,

ковалів, теслярів, мулярів, боднарів, менеджерів, реалізаторів готової продукції, вантажників, підсобних робітників, охоронців (гайдуків). На таких підприємствах видобуту соляними криницями ропу, нагрівали в металевих посудинах на вогні, й збирали сіль, що виступала на краях і їх в межах Галичини було десятки у таких населених пунктах як Старуня, Уторопи, Пістинь, Печеніжин, Березів, Маркова, Росільна, Солець та інші, а у більш крупних містечках будувались жупи, солеварні, саліни: Косів, Ланчин, Делятин, Долина, Болехів, Дрогобич, Стебник, Доброміль та інші [1], рис. 3-5.



Рис. 3. Вид на солевиварювальний завод (саліну) у Ланчині [1]



Рис. 4. Вид на солевиварювальний завод (саліну) у Долині [1]



Рис. 5. Вид на солевиварювальний завод (саліну) у Болехові [1]

Технологія видобування ропи та отримання солі була досить проста та використовувалась на десятках, якщо не сотнях солеварень Галичини:



1) копання криниці до рівня соляного дзеркала та її облаштування. 2) видобуток ропи; 3) відстоювання ропи від завислих глинистих частинок; 4) виварювання солі; 5) формування топок солі та їх продаж. В Галичині ще до другої половини ХХ століття працювало кілька десятків солевиварювальних заводів («салін», «жуп»), які за останні 30-40 років перестали функціонувати з різних причин.

Єдиний функціонуючий солевиварювальний завод (солеварня), який працює за середньовічною технологією починаючи із ХІІІ століття, завдяки зусиллям колективу, зберігся та випускає високоякісну виварювальну харчову сіль, працює у Дрогобичі (рис. 6).



**Рис. 6. Дрогобицька солеварня (солевиварювальний завод) – одне із найстаріших підприємств в Україні і Європі, на якому виробництво солі ведеться по традиційній середньовічній технології починаючи із ХІІІ століття**

Одними із вагомих причин, які призвели до занепаду видобутку ропи з рівня соляного дзеркала, був активний розвиток соляного карсту та зміна хімічного складу видобутого соляного розчину, при якому з такої сировини стало не вигідно випарювати сіль. Адже на місці видобутої ропи, притікала агресивна до соляних покладів прісна вода із зони активного водообміну, активно їх розчиняла, що призводило до утворення карстових провалів, обвалів криниць та руйнування інфраструктури. Іншим наслідком такого процесу була самоізоляція легкорозчинних соляних мінералів глинистим осадом, зменшення площі контакту води із солями і як наслідок замість 250-300 г/л отримували соляні розчини із вдвічі меншою концентрацією іонів.

Ця обставина вже у ХVІІІ та ХІХ століттях поставила питання про необхідність зміни підходу до видобутку ропи із зони соляного дзеркала, що існував з найдавніших часів на технології примусового вилуговування, з ізольованих соляних масивів так званими луговнями або камерами вилуговування. Для цього проходили підземні піонерних гірничі виробки у соляних масивах із залишення досить потужного водозахисного щілика (від 20 м до 50 м), у ці виробки запомповувалась прісна вода, яка розчиняла сіль, а новоутворена штучна ропа, за умови тривалого контакту із галітом, із часом насичувалась до необхідних концентрацій, що забезпечувало рентабельну роботу солеварень та солевиварювальних заводів.

Саме така ситуація була притаманна для солепромислів в околицях Стебника і Доброміля.

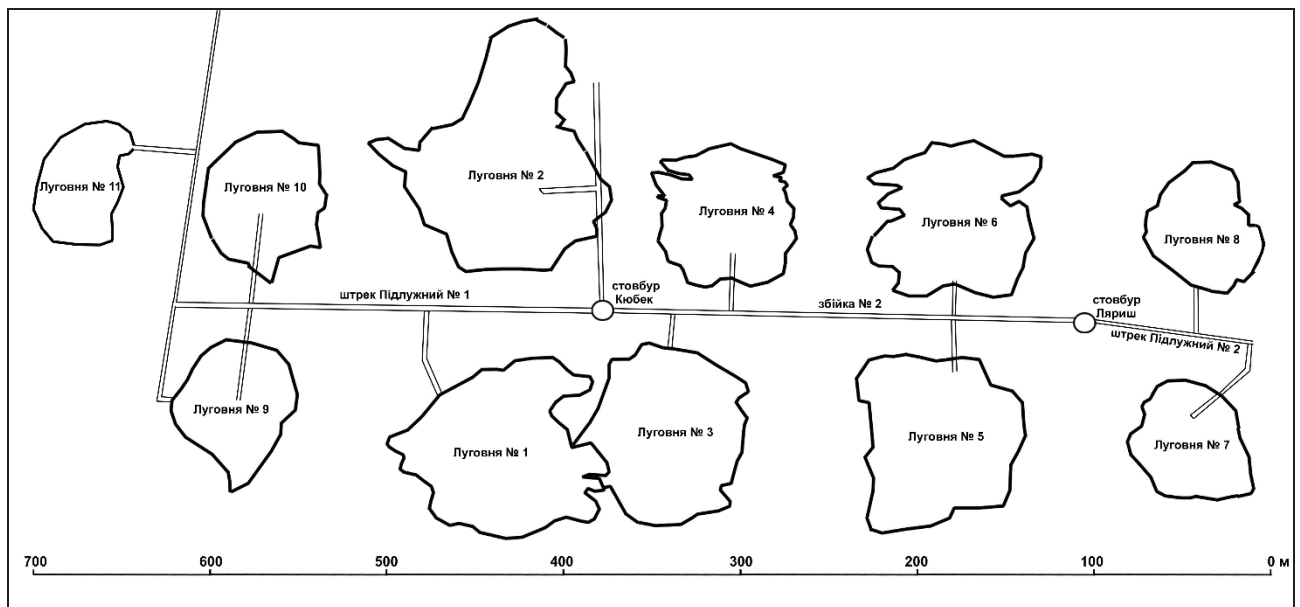
На протязі 1770-1773рр. в Стебнику було прокладено стовбур копальні «Дорфшахт» глибиною 46 метрів в центрі міста на правому березі річки Солониці, а в народі вона була відома під назвою «Шиб на селі». Австрійська влада встановила монополію на солеваріння. Під страхом великих штрафів місцевому населенню заборонялось індивідуально займатись цим промислом навіть тоді, як соляне джерело знайшло собі місце на горі стебничанина. Та бідний люд потайки черпав з соляних криничок ропу й ночами варив сіль, щоб відтак продати її або обміняти на інші необхідні речі.

В зв'язку з необхідністю збільшення випуску солі в Стебнику на протязі 1838-1843 рр. було зроблено кілька свердловин, в яких виявились соленосні породи. В 1848 році неподалік солеварні розпочалась прохідка двох шахтних стовбурів. Їх назви – «Кюбек» та «Ляриш».

В 1852 році роботи було завершено. Глибина «Кюбека» сягала 221м., а «Ляриша» якому відводилась роль «вентиляційного стовбура», - 151м. Армування стовбура складалось з дерев'яних конструкцій. Підземні проходи в них робилися з допомогою вибухівки, що закладались в просвердлені в кам'яній стіні отвори – шпури.

Австрійські інженери сподівались, що на проектній глибині буде багато кам'яної солі. Натомість наштовхнулись на різні тверді соленосні породи і тоді вдалися до іншого способу отримання соляної ропи. У гірничі виробки напускали прісну воду з ріки Солониці. Вода розчиняла соляний зубер і утворювала насичену ропу. Такі виробки назвали луговнями.

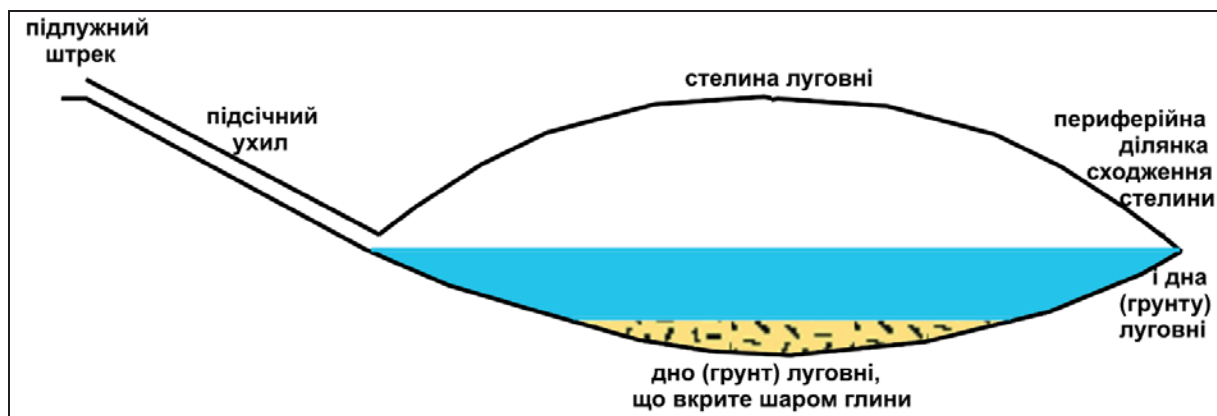
В межах рудника № 1 нараховується 11 таких луговень. Найбільша з них, що була заснована в 1854 році й мала назву «Брук», нині луговня № 2 та займає площу понад 2,2 гектари. Інші луговні – значно менші, які так само утворились внаслідок запомповування прісної води з р.Солониця, вилуговування соленосного зуберу, що 90-95 відсотків складений з галіту, з отриманням насиченої ропи, її підйомом на денну поверхню та отриманням солі при випаровуванні. Менші луговні зазвичай мають висоту 5-10 м, ширину 80-100 м і довжину 75-150 м. Вони розташовані в районі шахтних стовбурів "Кюбек" і "Ляриш" (рис. 7).



**Рис. 7. Морфологія і розміри луговень у плані та їх взаємне розташування відносно стовбурів Кюбек і Ляриш рудника № 1**

В розрізі луговні мають форму мульди, з чашеподібним дном (грунтом) та куполоподібною стелиною (склепінням), із максимальною висотою у центрі та найбільшим діаметром на рівні заливки води, що подавалась з підлужного штреку по підсїчному ухилу і де локалізована периферійна ділянка сходження стелини та дна (рис. 8).





**Рис. 8. Схематичний поперечний розріз через луговню**

Луговні являли собою гірничі виробки з штучними соляними озерами з куполоподібним склепінням, де зверху розчинялася сіль, а внизу відбувалась осадження глини з штучного соляного озера. На сьогоднішній день усі луговні осушені. Після відпомповування ропи і повного зневоднення соляного озера глина на дні (грунті) луговень розтріскується (рис. 9).



**Рис. 9. Відклади глини у донній частині луговні №10, які розтріскались внаслідок зневоднення осадку**

Стелина (склепіння) луговень має субгоризонтальну куполоподібну поверхню з чисельним включенням нерозчинних уламків (рис. 10).

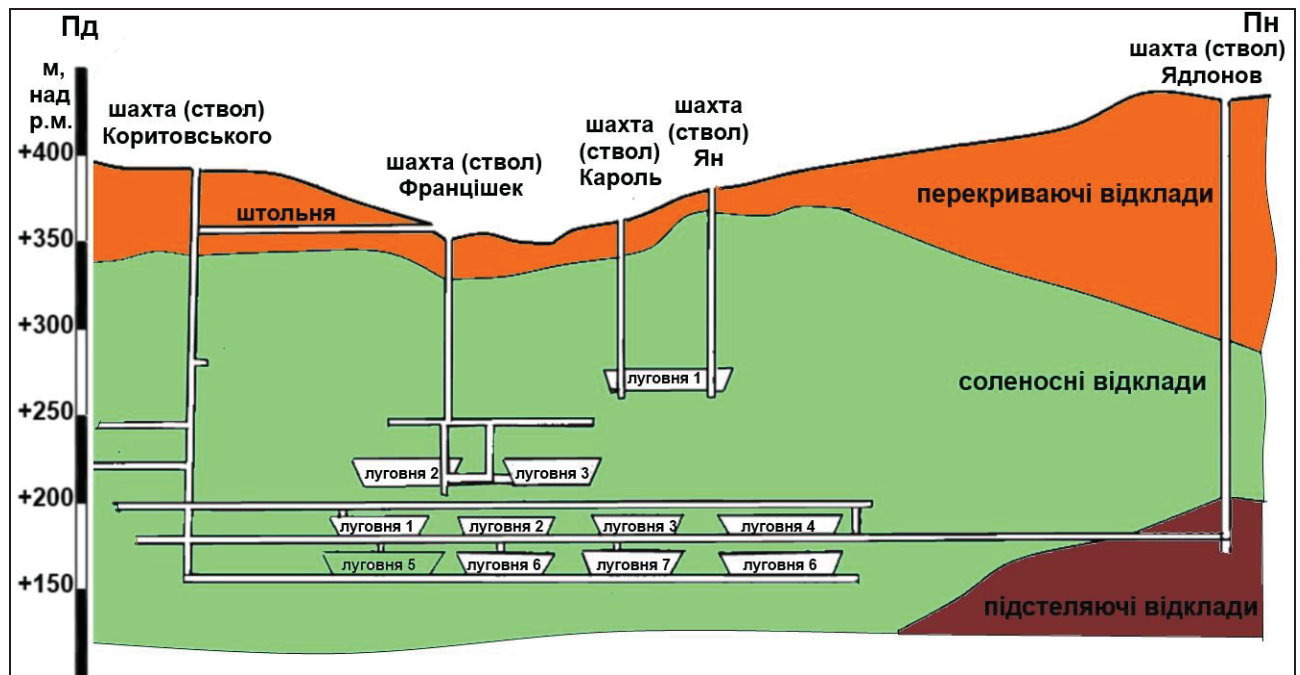


**Рис. 10. Стелина (склепіння) луговні № 10 із субгоризонтальною куполоподібною поверхнею з чисельним включенням нерозчинних уламків**



Стелина (склепіння) та дно (грунт) луговні сходяться у периферійних частинах під кутом меншим за 90°. Збереження склепіння луговень, забезпечує тривалу у часі стійкість..

За подібною технологією розроблялись соляні поклади у Калуші в одноіменному руднику, а також у руднику «Ляцко», розташованому в урочищі Саліна поблизу м.Добромила Самбірського району (рис. 11).



**Рис. 11. Схематичний гірничо-геологічний розріз через рудник «Ляцко», який розташований в урочищі Саліна поблизу м. Добромила Самбірського району**

На відміну від Стебницького родовища, тут відсутні пласти калійних солей, однак наявні подібні за мінеральним складом соленосні відклади та 11 луговень, аналогічних за технологією відробки запасів, до рудника № 1. Луговні рудника Калуш на сьогодні затоплені, а луговні у Стебнику та Добромили, потенційно можуть застосовуватись для реалізації проєктів з спелеотерапії та геотуризму.

Третій сучасний варіант ресурсів солей у Передкарпатському прогині – свердловинні розсолотроможли. Такі варіанти розробки соляних покладів в межах Передкарпатського прогину не застосовувались, а лише плануються та проєктуються на окремих родовищах – Губицькому, Верхньострутинському та інших. За умов дотримання технологій вилуговування із збереженням водозахисного цілика, такий метод цілком безпечний. Однак за умов наявності у передкарпатських покладах солі значних концентрацій нерозчинного залишку, при реалізації проєктів, можуть виникати технологічні складнощі, які вирішуються.

**Висновки.** На основі проведених досліджень, можна зробити наступні висновки:

1. В умовах тривалого припинення роботи провідного виробника солі ДП «Артемсіль», дуже перспективним є відновлення роботи невеликих солевиварювальних заводів (солеварень, «салін», «жуп», які функціонували у Карпатському регіоні протягом століть та тисячоліть, у Стебнику, Добромили, Болехові, Долині та інших локаціях).

2. Геоєкологічними ризиками відновлення видобутку є розвиток соляного карсту та зміна хімічного складу ропи в умовах наявності у передкарпатських покладах солі значних концентрацій нерозчинного залишку. Відновленню видобутку в межах родовищ, які експлуатувались у згаданий історичний період, мають передувати детальні карстологічні, інженерно-геологічні та гідрогеологічні дослідження.

3. Дуже перспективним є відновлення технології видобутку солі методом підземного розчинення у луговнях, які тривалий час застосовувались у Стебнику на руднику № 1, Добромили на руднику «Ляцко» та у Калуші на одноіменному руднику, де значно нижчі

ризик розвитку соляного карсту, а новоутворені порожнини потенційно можуть застосовуватись для реалізації проєктів із спелеотерапії та геотуризму.

4. Третій сучасний варіант ресурсів солей у Передкарпатському прогині – свердловинні розсолопромисли. Такі варіанти розробки соляних покладів в межах Передкарпатського прогину не застосовувались, а лише плануються та проєктуються на окремих родовищах – Губицькому, Верхньострутинському та інших. За умов дотримання технологій вилуговування із збереженням водозахисного цілика, такий метод цілком безпечний. Однак за умов наявності у передкарпатських покладах солі значних концентрацій нерозчинного залишку, при реалізації проєктів, можуть виникати технологічні складнощі, які вирішуються.

#### **Список використаних джерел:**

1. Батюк Т.В. Соляні жупи Дрогобицького староства у XVI – XVIII ст. // Дрогобицький краєзнавчий збірник ДДПУ імені Івана Франка. – Дрогобич, 2008. – Вип. XI–XII. – С. 130 – 138. [Режим доступу у мережі Інтернет: [https://chtyvo.org.ua/authors/Batiuk\\_Taras/Soliani\\_zhupy\\_Drohobytskoho\\_starostva\\_u\\_XVI\\_XVIII\\_st.pdf](https://chtyvo.org.ua/authors/Batiuk_Taras/Soliani_zhupy_Drohobytskoho_starostva_u_XVI_XVIII_st.pdf)]
2. Гайдін А.М. Врятувати Солотвино / А.М. Гайдін // П'ята міжнародна науково-практична конференція «Надрокористування в Україні». Трускавець, 2018. С. 57-65.
3. Дяків В. Галичина – земля солі (Історія видобутку та виробництва «білого золота» – від найдавніших часів до наших днів) / В. Дяків // Всеукраїнський екологічний науково-популярний журнал «Зелені Карпати». – 2021, № 1-4 (68-71). – С. 66-71. Режим доступу в мережі Internet: <http://cbr.nature.org.ua/zk/zk2021.pdf>
4. Harding A. Salt in Prehistoric Europe / A. Hardin // Published by Sidestone Press, Leiden. - 2013. - 162 p. [Режим доступу у мережі Інтернет: <https://www.sidestone.com/openaccess/9789088902017.pdf>]

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПОНЯТЬ МІНЕРАЛІВ ДЛЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ

*Бодюк А.В., канд. екон. наук, с. н. с., g2030@ukr.net,  
Науково-дослідний заклад «Ресурси», Київ, Україна*

**Анотація.** Мінералогія корисних копалин належить до природно-ресурсних наук, вивчає мінерали та дає рекомендації по їх застосуванню. До мінералів належать природні за походженням, тверді за станом, хімічні речовини з певними фізичними властивостями, кристалічної будови. Мінералогія вивчає ці речовини, як мінерали на процесах геологорозвідування надр, для застосування результатів вивчення у складанні геологічних звітів; гірництва, зокрема видобування, короткострокового зберігання, збагачення, транспортування корисних копалин; екологічних, оздоровлення людей; дослідження господарських проблем, пов'язаних з операціями з корисними копалинами. Мінералогія вивчає, наприклад, залізни, марганцеві, мідні та інші руди як природні речовини за походженням і мінерали за природним станом та придатністю для сучасного господарського використання, як товари. Тому в інвестиційних проектах щодо видобування корисних копалин необхідно висвітлювати мінералогічні дослідження й оцінки корисних копалин та визнати їх перспективну придатність для господарського використання.

## JUSTIFICATION OF THE CONCEPT OF MINERALS FOR INVESTMENT PROJECTS

*Bodyuk A., Cand. Sci. (Econ.), senior researcher, g2030@ukr.net,  
Research institution «Resource», Kyiv, Ukraine*

**Abstract.** Mineral mineralogy belongs to the natural resource sciences, studies minerals and gives recommendations on their application. Minerals include natural in origin, solid in state, chemical substances with certain physical properties, crystalline structure. Mineralogy studies these substances, as minerals in the processes of geological exploration of the subsurface, to apply the results of the study in the preparation of geological reports; mining, in particular extraction, short-term storage, beneficiation, transportation of minerals; ecological, health improvement of people; study of economic problems related to mineral operations. Mineralogy studies, for example, iron, manganese, copper and other ores as natural substances in origin and minerals in their natural state and suitability for modern economic use as commodities. Therefore, in investment projects related to the extraction of minerals, it is necessary to highlight mineralogical research and evaluation of minerals and to recognize their prospective suitability for economic use.

**Вступ.** Кабінет Міністрів України постановою від 9 серпня 2024 р. № 903 «Деякі питання підготовки, подання, оцінки та критеріїв пріоритезації концепцій публічних інвестиційних проектів на 2025 рік» затвердив «Порядок підготовки, подання, оцінки та визначення критеріїв пріоритезації концепцій публічних інвестиційних проектів на 2025 рік»

Незважаючи на запис «Порядок підготовки...» по її тексту немає вимог щодо застосування науково обґрунтованих тлумачень понятійного апарату інвестиційних проектів та інших вимог до його науковості їх положень.

За потенційно потужних за запасами різних видів корисних копалин на Україні має зростати інтерес до розробки їх родовищ з кожним роком як у вітчизняних, так і іноземних інвесторів. Тому поширюватимуться наукові розробки і дослідження, пов'язані з складанням і реалізацією програм та проектів,

Організація інвестиційного процесу в гірничодобувних галузях має свою специфіку.

Господарська діяльність по освоєнню надр, видобування корисних копалин, користування продуктами їх освоєння регламентується Гірничим законом України, у поєднанні з іншими нормативно-правовими актами, у тому числі з орієнтаціями на відповідне зарубіжне законодавство. Одночасно вона розвивається за науковими дослідженнями і рекомендаціями по їх результатах науково-дослідних і навчальних закладів. Науковцями цих закладів формуються теоретичні основи спеціальної інформації по освоєнню надр, відображення результатів надрокористування і рекомендації по застосуванню теоретичних положень у господарській практиці з корисними копалинами (геологічних звітах, наукових працях). До перспективних належать наукові розробки і дослідження в освоєнні надр такої науки, як мінералогія, яка вивчає, на наш погляд, мінерали як продукти освоєння надр природного походження.

**Аналіз досліджень літературних джерел** показав, що в Україні значний вклад у розвиток мінералогії як науки внесли науковці: Є.К. Лазаренко, О.С. Поваренних, О.І. Матківський, О.М. Платонов, В.І. Павлишин, Л.А. Крижанівський та ін. Дослідження з мінералогії проводять в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України, в Інституті геологічних наук, університетах та ін.

Дослідження і розробки понятійного апарату надрокористування продовжуються, з врахуванням визначень мінеральних ресурсів. Зокрема причиною є той факт, що інформація взагалі, геологічна зокрема, належать до понять відносних. Тому фахівці формують зміст інформації за їх потребами. Тому і поняття ресурсів, мінералів та інших, з ними пов'язаних, формуються з різним змістом, призначенням і т. д.

**Метою** цих тез є відображення авторського бачення мінералогії та застосування її понятійного апарату в інвестиційних проектах.

**Методи досліджень:** логічний аналіз та узагальнення результатів.

Вклад основного матеріалу. Сучасна мінералогія трактується як фундаментальна природничо-історична наука, яка будується на генетичній основі, загалом вивчає надрокористування. У науковій діяльності необхідно окремо виділити теоретичний апарат мінералогії і практику його застосування для відображення природи, стану, фізичних властивостей й оцінок мінералів, як природних ресурсів, видобутих з освоєних родовищ.

На наш погляд, об'єкт мінералогії (він же речовина природного походження) – це вже і є історія, але потрібно уточнити і доповнити, що вивчає процеси природного утворення речовини. А за мету логічне прийняти дослідження хімічного складу, фізичних властивостей та природної будови речовини, якими визначаються її як придатної для господарського застосування за потребами. Як наука, вона у своєму плані вивчає:

- геологорозвідувальне надрокористування (пошук, розвідку родовищ корисних копалин, складання геологічних звітів і т. п.);
- гірництво (видобуток корисних копалин, їх збагачення та ін.);
- охорону родовищ, довкілля;
- дослідження господарських проблем, пов'язаних з операціями з корисними копалинами, тобто їх видобування, короткострокового зберігання, збагачення.

Поширені точки зору, що мінералогія вивчає надрову сировину. Але ж дане поняття відноситься не до геологорозвідки, не до гірництва, а до застосування мінеральних речовин для переробки за певними (як правило, перспективними та економічно вигідними технологіями) у виробничих процесах (металургійних). Взагалі-то під поняттям мінеральної сировини необхідно розуміти корисну копалину, що як видобута поступила у промислову переробку, а далі перероблена на товарну продукцію не гірничого виробництва.

Отже потрібно розуміти, що видобута корисна копалина ще не є сировиною. Товарна продукція також не є ні корисною копалиною, ні сировиною.

Такі поняття необхідно правильно застосовувати в інвестиційних проектах.

У визначенні до мінералогії належать, треба розуміти, наукові розробки щодо вдосконалення технологій переробки, розробки і залучення нових видів мінеральної сировини в промислове використання. Одночасно необхідні і наукові розробки щодо нових ресурсе-технологічних визначень, як пропонується їх називати, використання за потребами залізних, марганцевих та інших руд. Безумовно, що як мінеральна сировина, наприклад, залізні руди застосовуються у процесах їх переробки за певними технологіями, а перероблена продукція (сталь) використовується як ресурси для подальших переробок у промислову продукцію певного призначення.

Але ж пошуки й оцінки родовищ мінеральної речовини відноситься до надророзвідувального виробництва, яке має свою наукову базу. Крім того, потрібно розуміти, що немає родовищ мінеральної сировини, а є родовища корисних копалин. А вже корисні копалини, як обґрунтовувалося, у свій час направляються у цехи переробки металургійних підприємств, де вони дійсно використовуються як сировина.



**Висновок.** Отже, до мінералів належать природні за походженням хімічні речовини кристалічної будови, з певними фізичними властивостями. Мінералогія вивчає ці речовини на процесах геологорозвідувального надрокористування для застосування результатів вивчення у складанні геологічних звітів; гірництва (видобуток корисних копалин, їх збагачення та ін.); екологічних, оздоровлення людей; дослідження господарських проблем, пов'язаних з операціями з корисними копалинами, тобто вивчення родовищ, видобування, короткострокового зберігання, збагачення, транспортування як вантажів. Мінералогія вивчає, наприклад, залізні, марганцеві, мідні та інші руди як природні речовини за походженням і мінерали за природним станом та придатністю для сучасного господарського використання. Тому в інвестиційних проектах щодо видобування корисних копалин необхідно висвітлювати мінералогічні дослідження й оцінки корисних копалин та давати їм перспективну придатність для господарського використання.

#### **Список використаних джерел:**

1. Порядок підготовки, подання, оцінки та визначення критеріїв пріоритезації концепцій публічних інвестиційних проектів на 2025 рік, затверджений постановою КМУ від 9 серпня 2024 р. № 903. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/903-2024-%D0%BF#Text>.

2. Кодекс України "Про надра" Закон України від 27 липня 1994 року № 132/94-ВР (зі змін. і допов.).

## ПОКЛАДИ ПІСКУ З НЕОГЕНОВИХ ВІДКЛАДІВ ЛЬВІВЩИНИ – ВНЕСОК У ПОВОЄННУ ВІДБУДОВУ УКРАЇНИ

*Іваніна А.В., к. геол.-мін. н., доцент, antonina.ivanina@lnu.edu.ua;*

*Костюк О.В., к. геол. н., доцент, oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua;*

*Хом'як Л.М., к. геол. н., доцент, leonid.khomyak@lnu.edu.ua,*

*Львівський національний університет ім. І. Франка, Львів, Україна*

Пісок є однією з найпотрібніших корисних копалин і важливою сировиною для відбудови України. Львівщина за видобутком піску посідає провідне місце в Україні. Піскові поклади приурочені до неогенових відкладів Розточчя і Опілля, розробляються кар'єрами. Склад піску, геологічна будова і умови утворення піскових товщ впливають на якість сировини. Проаналізовано мінерально-петрографічний і гранулометричний склад, будову неогенових розрізів шести кар'єрів Львівщини. Визначено, що кварцові піски Розточчя (знесенські верстви) дельтового походження є високоякісною сировиною для будівельних потреб і виробництва скла. Полімікткові піски миколаївських верств Опілля (Розвадівський кар'єр) прибережно-морського генезису, придатні лише для певних видів будівництва.

## SAND DEPOSITS FROM THE NEOGENE OF LVIV REGION – A CONTRIBUTION TO THE POST-WAR DEVELOPMENT OF UKRAINE

*Ivanina A., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Assoc. Prof., antonina.ivanina@lnu.edu.ua;*

*Kostyuk O., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua;*

*Khomyak L., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., leonid.khomyak@lnu.edu.ua,*

*Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine*

Sand is one of the most needed useful minerals and an important for the reconstruction of Ukraine. Lviv region ranks first in Ukraine in terms of sand production. The sand deposits are confined to the Neogene deposits of Roztochchi and Opillia, and are developed by quarries. The composition of sand, the geological structure and the conditions for the formation of sand strata affect the quality of raw materials. The mineral-petrographic and granulometric composition, structure of Neogene sections of six quarries of Lviv region were analyzed. It has been determined that the quartz sands of Roztochchi (znesensky layers) of deltaic origin are high-quality raw materials for construction needs and glass production. Polymictic sands of the mykolaiv strata of Opillia (Rozvadivskyi quarry) of coastal genesis, suitable only for certain types of construction.

**Вступ.** Пісок – природний матеріал, значно поширений на земній поверхні (у річкових системах, на узбережжі морів – сучасний річковий і морський пісок) і в літосфері ("викопний" пісок, який видобувають кар'єрним способом). Незважаючи на рекордні світові обсяги щорічного видобутку піску (понад 40 млрд тонн), запаси піску вважають нескінченими, тому геологи далеко не завжди звертають достатньо уваги. Насправді пісок – це надважлива корисна копалина, яка за об'ємами споживання є на другому місці після питної води, а по важливості на третій позиції (після питної води та кухонної солі). В світі на пісок останніми роками значно зростає попит. Для України пісок є ключовою сировиною для ліквідації наслідків воєнних руйнувань і відновлення нашої країни. Головним споживачем піскового матеріалу є будівництво. Пісок використовується також у скляній, керамічній промисловості, ливарному виробництві. Оскільки для виробничих потреб встановлено певні вимоги до складу пісків, на сьогодні розроблено відповідні стандарти [3]: ДСТУ Б В.2.7-32-95 (пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт); ДСТУ Б В.2.7-29-96 (будівельні матеріали, дрібні заповнювачі природні); ДСТУ Б В.2.7-210:2010 (пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт); ДСТУ Б В.2.7-157:2011 (пісок і щебінь перлітові спучені), ДСТУ 22551-77 (пісок кварцовий для скляної промисловості). В Україні на виробництво скла, бетону та прокладання доріг припадає більша частина видобутого піску.

В Україні є численні поклади піску. Лідером у видобуванні піску є Львівщина. За даними департаменту екології та природних ресурсів Львівської облдержадміністрації станом на 2024 рік [1], на території області обліковується 49 родовищ будівельного піску, з них у розробці знаходиться 22. Балансові запаси всіх родовищ піску будівельного (А+В+С<sub>1</sub>) складають 138 514,9 тис. м<sup>3</sup>, а балансові запаси родовищ (А+В+С<sub>1</sub>), що розробляються – 91 122,7 тис. м<sup>3</sup> будівельного піску.

**Виклад основного матеріалу.** На Львівщині видобувають переважно "викопний" пісок кар'єрним способом з неогенових відкладів Розточчя і Опілля, які розбиті на численні блоки розривними порушеннями. Піски з тектонічних блоків характеризуються різним

стратиграфічним положенням, мають неоднакове гіпсометричне положення, мінливий склад, візуально-гранулометричні ознаки і генезис. Найпотужнішою є продуктивна піскова товща лангійського ярусу міоцену, яка в межах Розточчя складає знесенські верстви дельтового походження; а на заході в межах Опілля їй відповідають миколаївські верстви морського генезису.

Метою досліджень є характеристика неогенових пісків з різних кар'єрів Розточчя та Опілля для визначення галузі їхнього застосування. Завдання: стисла характеристика розрізів кар'єрів; візуальна мінералого-петрографічна характеристика піску; визначення гранулометричного складу; встановлення фаціальних умов утворення.

Матеріалом є результати власних польових обстежень шести кар'єрів біля сіл Лозино, Ясницька, Страдч, Яворівського району; с. Стара Скварява, Великі Глібовичі Львівського району; с. Розвадів Стрийського району Львівської області, публікації українських і польських геологів [1, 2, 4].

Головними методами вивчення є польові обстеження розрізів кар'єрів та візуальна мінералого-петрографічна характеристика пісків; лабораторні дослідження гранулометричного складу і вимірювання коефіцієнту сортування; визначення складу домішок в піску. Нижче наведена стисла характеристика розрізів кар'єрів і піску. Дані гранулометричного аналізу є в таблиці 1.

Піскові кар'єри Розточчя (біля сіл Лозино, Страдч, Ясницька, Великі Глібовичі) подібні за будовою. Унизу залягає товща (знесенські верстви) з видимою потужністю від 17 до 35 м горизонтально-скісно-шаруватих пісків двох літотипів: перший, це переважно білі, унімодальні добре сортовані піски, мономінеральні, кварцові, дрібно- або середньозернисті, обкатані. Коефіцієнт сортування піску першого літотипу складає від 1,29 до 1,36, переважає фракція 0,5–0,25 мм. Другий літотип – жовтуваті, кварцові, дво- і тримодальні дрібно-середньозернисті погано сортовані піски. Коефіцієнт сортування піску складає від 1,05 до 1,36, переважає фракція 0,5–0,25 мм.

**Таблиця 1**

**Результати гранулометричного аналізу пісків знесенських верств міоцену Розточчя**

Назва кар'єру	Літотипи пісків	Гранулометричний склад		Характеристика піску
		Коефіцієнт сортування	Фракція: розмір, мм/вміст, %	
Лозино	Перший	1,36	0,5–0,25/66,4 0,25–0,1/31,7	Середньозернистий середньозмішуваний добре сортований
	Другий	1,05	0,5–0,25/48,8 1,0–0,5/23,3 0,25–0,1/17,4	Середньозернистий сильнозмішуваний погано сортований
Ясницька	Перший	1,29	0,25–0,1/73,8 0,5–0,25/13,6 0,1–0,01/9	Дрібнозернистий середньозмішуваний (зі значним вмістом алевритової фракції) добре сортований
	Другий	1,31	0,25–0,1/82,8 0,1–0,01/9,2	Дрібнозернистий середньо змішуваний (зі значною домішкою алевритової фракції) добре сортований
Страдч	Перший	1,38	0,25–0,1/67,2 0,5–0,25/28	Дрібнозернистий середньозмішуваний (зі значною домішкою середньозернистої фракції) добре сортований
Великі Глібовичі	Перший	1,2-1,7	0,2-0,4/98,1	Дрібнозернистий добре сортований пісок
Стара Скварява	Перший	1,12	0,25–0,1/ 51,58 0,5–0,25/ 29,5 1–0,5/ 14,45	Дрібнозернистий сильнозмішуваний (зі значною домішкою крупнозернистої та середньозернистої фракції) погано сортований
	Другий	1,23	0,5–0,25/ 61,4 1–0,5/ 14,4	Середньозернистий середньозмішуваний (зі значною домішкою крупнозернистої та дрібнозернистої фракції) середньосортований

Породи містять фрагменти різного розміру скам'янілих дерев. Піски перекриті малопотужними (до 2–7 м) карбонатно-уламковими породами нараївських верств. Хімічний склад пісків за даними [2], становить: SiO<sub>2</sub> – 94,96– 98,67 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,1–0,7 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,1–0,2 %, CaO – 0,1–1,5 %, MgO – сліди до 0,3 %. За якісними показниками (хімічний та гранулометричний склад) у природному стані відповідають вимогам ДСТУ 22551-77 "Пісок

кварцовий для скляної промисловості" та придатний для будівельних потреб.

Пісковий кар'єр ТОВ "Розвадів будматеріали" знаходиться біля с. Розвадів Стрийського району (Опілля), видобуває пісок з миколаївських верств – фаціального аналога знесенських верств неогену Розточчя. Розріз відрізняється будовою, складом піску, наявністю фауністичних решток. В миколаївських верствах в стінках кар'єру спостерігали шари пісковиків товщиною від 1,8 до 3, 1 м, які перемежовані з товщами (потужність 3–8 м) піску білого дрібнозернистого, поліміктового кварцово-біотитового карбонатного, горизонтально-хвилястошаруватого з рештками морської фауни – великих форамініфер, двостулкових молюсків, морських їжаків, зубів акул тощо. Залишки морських організмів свідчать про утворення порід миколаївських верств у прибережно-морських умовах. Гранулометричні обстеження піску з кар'єру с. Розвадів не проводили. Пісок відповідає ДСТУ Б В.2.7-32-95 "Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт". Застосовується для виробництва товарного бетону, залізобетонних виробів та конструкцій, мурувальних та штукатурних розчинів, для приготування сухої піщано-цементної суміші під бруківку. Добре ущільнюється, має високу водопроникність.

**Висновки.** Проведені дослідження показали, що мінеральний і гранулометричний склад "викопного" піску з неогену Львівщини залежить від умов утворення. На Розточчі пісок знесенських шарів мономінеральний, кварцовий, добре сортований, дрібно-середньозернистий, утворює потужні товщі дельтового походження. З макродомішок відмічені лише фрагменти скам'янілих дерев, які легко вилучати під час видобутку. Пісок Розточчя придатний як для виробництва скла (скляні піски) так і для використання в будівельній індустрії (пісок будівельний). В західному керунку до Передкарпаття з зміною фаціальних умов на прибережно-морські пісок (миколаївські верстви) поліміктовий, збагачений карбонатним матеріалом і скелетами та їх фрагментами різноманітних давніх організмів; в розрізах утворює ділянки перешарування з пісковиками. Це суттєво погіршує на його якість, ускладнює видобуток і обмежує застосування піску лише в будівельній галузі.

Мінералого-петрографічний і гранулометричний склад піску впливають на його фізико-механічні властивості, визначають можливість раціональних напрямків використання піску в різних галузях народного господарства. Кварцовий пісок є універсальним матеріалом, що знаходить застосування в різних галузях завдяки своїй чистоті, міцності, унімодальності, хімічній інертності, термостійкості. Пісок з кар'єрів Розточчя показниками загалом відповідає цим показникам і є універсальним матеріалом для застосування в різних галузях.

#### **Список використаних джерел:**

1. Андрейчук Ю., Безручко Л., Беланюк В. та ін. Геоекологія Львівської області: монографія / за заг. ред. Є. Іванова. Львів : Простір-М, 2021. 606 с.
2. Державна геологічна карта масштабу 1:200000 аркуша М-35-XX (тернопіль. Волино-Подільська серія. - К.: Державна геологічна служба, Північгеологія, 2009. 114 с.
3. Інструкція із застосування "Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ піску та гравію" [Електронний ресурс]. 2007. Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/RE14086?an=31>
4. Wysocka A. Clastic Badenian deposits and sedimentary environments of the Roztocze Hills across the Polish-Vkrainian boundary // Acta Geologica Polonica. Vol. 52. 2002. No. 4. pp. 535-561.



# МЕТОДИКА І ПРАКТИКА ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН ЗА РІЗНИМИ КЛАСИФІКАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ



## ДО ПИТАННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ПЕТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

*Кашуба Г.О.<sup>1</sup>, к. геол. н., hryhorii.kashuba@ugv.com.ua;  
Башкіров Г.Л.<sup>2</sup>, к. геол.-мін. н., heorhii.bashkirov@ugv.com.ua,*

*1 – АТ “Укргазвидобування”, Київ, Україна,*

*2 – Київське відділення Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІГаз)  
АТ “Укргазвидобування”, Київ, Україна*

Розглянуто прийнятий статистичний спосіб з визначення граничних значень петрофізичних параметрів, який полягає в апроксимації кривою стандартного розподілу вибірових даних з подальшою побудовою накопичувальних кривих нормального розподілу. Показано помилки цього способу. Запропоновано альтернативний підхід з статистичного визначення граничних значень петрофізичних параметрів.

## ON THE ISSUE OF DETERMINING THE LIMIT VALUES OF PETROPHYSICAL PARAMETERS

*Kashuba H.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), hryhorii.kashuba@ugv.com.ua;  
Bashkirov G.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), heorhii.bashkirov@ugv.com.ua,*

*1 – Joint Stock Company UkrGasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Kyiv Branch of the Ukrainian Research Institute of Natural Gases (UkrNDIGas) of the Joint Stock Company UkrGasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine*

The article considers the accepted statistical method for determining the boundary values of petrophysical parameters, which consists in approximating the standard distribution curve of sample data with the subsequent construction of accumulative curves of normal distribution. The errors of this method are shown. An alternative approach to the statistical determination of the limit values of petrophysical parameters is proposed.

**Вступ.** При проведенні геолого-економічної оцінки (ГЕО) родовищ вуглеводнів (ВВ), для розділення пластів на колектори і неколектори (щільні) та характер їх насичення, використовують граничні значення петрофізичних параметрів (коефіцієнт пористості, інтервальний час розповсюдження акустичних хвиль, коефіцієнт глинистості, параметр насичення, та інші). Ці параметри визначаються на основі польових даних геофізичних досліджень свердловин (ГДС) та керну за допомогою спеціальних інтерпретаційних підходів і в подальшому підлягають статистичній обробці. При використанні статистичного способу визначення граничного значення, часто вибірові дані (зокрема їх розподіл по діапазону значень) двох апріорі визначених груп, наприклад, колекторів і неколекторів, апроксимують кривою нормального розподілу. В подальшому граничне значення досліджуваного параметра визначається по точці перетину накопичувальних кривих нормального розподілу. Такий підхід не завжди є правильним, зважаючи на реальний розподіл значень досліджуваного параметра в групах.

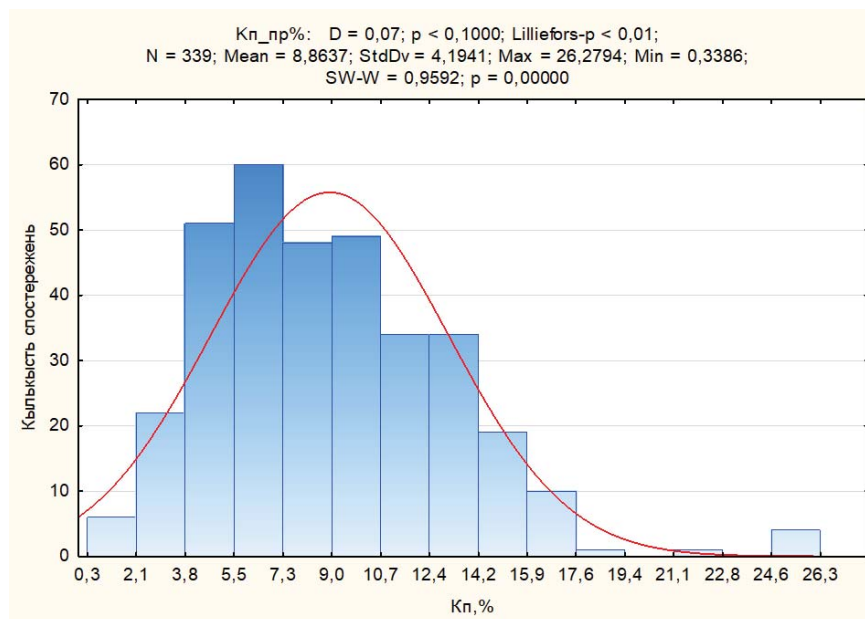
Розглянемо більш детально статистичний спосіб визначення граничного значення параметру. При статистичному способі обґрунтування кількісних критеріїв, розріз базової свердловини, або базових свердловин розподіляється на проникні і непроникні пласти за результатами випробування, з подальшим визначенням чисельного значення за результатами статистичної обробки отриманих даних. Статистична обробка даних проводиться шляхом побудови інтегральних розподілів величин коефіцієнта пористості (або інших параметрів) для двох вибірок – колекторів і неколекторів. Накопичення проводиться або кількості пластів, або за відсотками від загальної кількості пластів розділено по вибірках для колекторів і неколекторів.

Щодо цієї методики, первинно накопичувальні криві будувалися на підґрунті підрахунку подій, коли величина досліджуваного параметру, наприклад, коефіцієнта пористості, попадала в певний інтервал (зазвичай кількість таких інтервалів встановлювалася від 15 до 30 в залежності від реального діапазону змін величини досліджуваних параметрів і кількості точок спостереження). З часом з'явилася модифікація цього методу, в обґрунтуванні якого було положення, що закон розподілів порід - колекторів і щільних порід

на тому чи іншому стратиграфічному рівні, відповідає нормальному закону розподілу і можна вибірку досліджуваних параметрів двох груп (колектори і неколектори) апроксимувати кривою нормального розподілу, з подальшими побудовами відповідних інтегральних кривих і визначення точки їх перетину, яка відповідає граничному значенню.

Власне такий підхід потребує серйозної перевірки, оскільки має, на нашу думку, два суттєвих зауваження. Перше – незважаючи на твердження, що розподіл величини, наприклад, пористості, генеральної сукупності порід одного літологічного складу та стратиграфічної належності відповідає нормальному закону розподілу, реальна вибірка значень коефіцієнта пористості не обов'язково буде відповідати критеріям нормальності і потребує відповідної перевірки. Проведені нами дослідження показують, що відповідність нормальному закону розподілу частини сукупності порід, що поділені на колектори і неколектори буде зустрічатися вкрай рідко, а в основному вона відсутня. Друге – це методика відбору колекторів і неколекторів в реальній практиці. Оскільки вибір ґрунтується переважно на результатах випробування, то ми маємо практично завжди зміщену вибірку в бік колекторів. Це пояснюється в основному випробуванням пластів з найкращими колекторськими властивостями і, відповідно з підвищеними ймовірностями отримання припливу пластового флюїду.

Для прикладу розглянемо коефіцієнт пористості пісковиків серпуховського віку реального газоконденсатного родовища в межах Глинсько-Солохівського нафтогазового регіону Дніпровсько-Донецької западини. На рис. 1 наведена гістограма загальної наявної сукупності (339 пластів), до якої внесено як щільні, так і колекторські різновиди (розподіл на щільні та колектори проводився на підґрунті якісних ознак і результатів випробування).

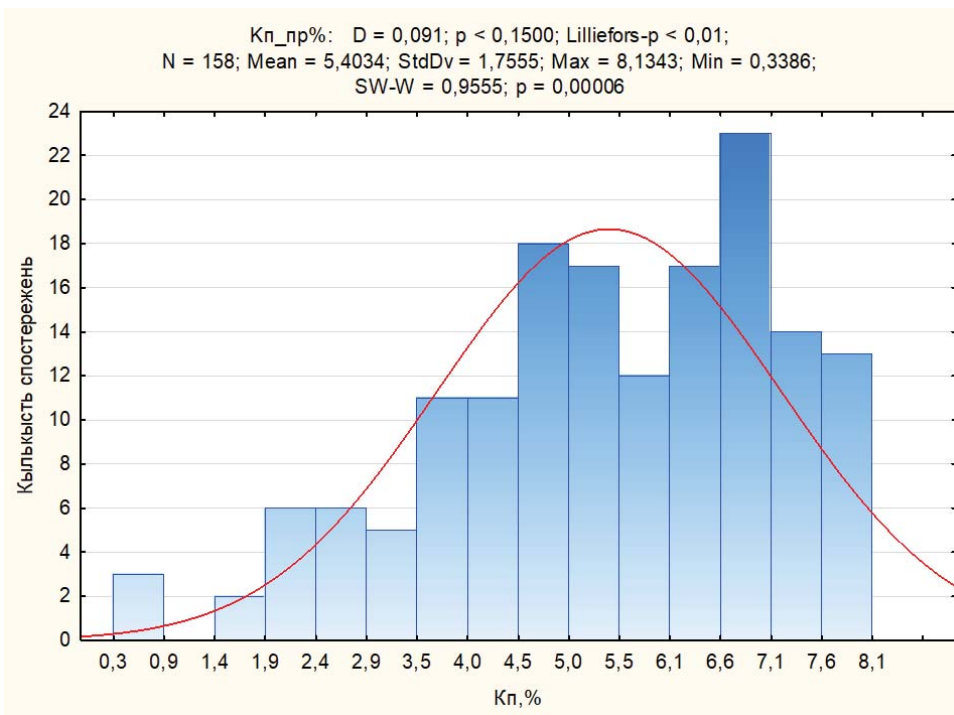


**Рис. 1. Гістограма загальної наявної сукупності величин коефіцієнту пористості пісковиків (щільні, ущільнені, породи- колектори) серпуховських продуктивних горизонтів реального родовища**

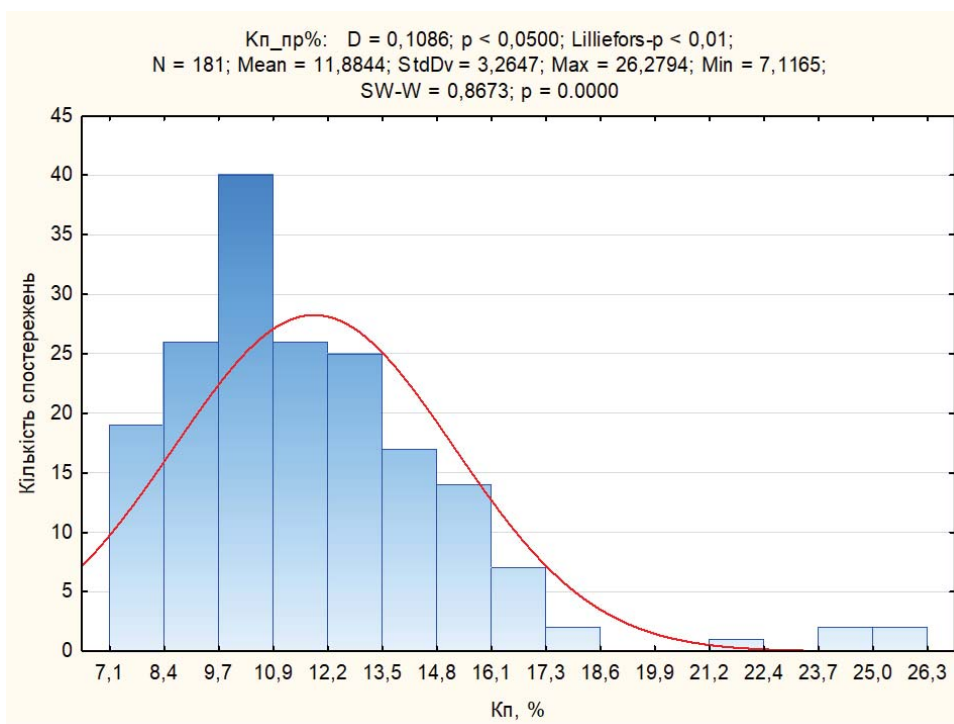
За двома критеріями (критерій Колмагорова-Смірнова і критерій Шапіро-Уїлка) вибірка, незважаючи на досить велику кількість пластів (339 шт.) не відповідає нормальному розподілу. Зауважимо, що з точки зору порівняльної потужності, критерії нормальності розподілу характеризуються рангом. Найвищий ранг з 21 критерія є у критерія Шапіро-Уїлка [1] (ранг 1), критерій Колмагорова-Смірнова характеризується рангом 11 [2].

При розділенні вибірки і побудові гістограм для щільних порід і колекторів (рис. 2, 3) вже явно видно, без аналізу критеріїв на нормальний розподіл, що розподіли пористості по вибіркам не відповідають нормальному закону.





**Рис. 2.** Гістограма і її апроксимація кривою нормального розподілу для загальної наявної сукупності величин коефіцієнту пористості, до якої внесено щільні пісковики серпуховських продуктивних горизонтів реального родовища

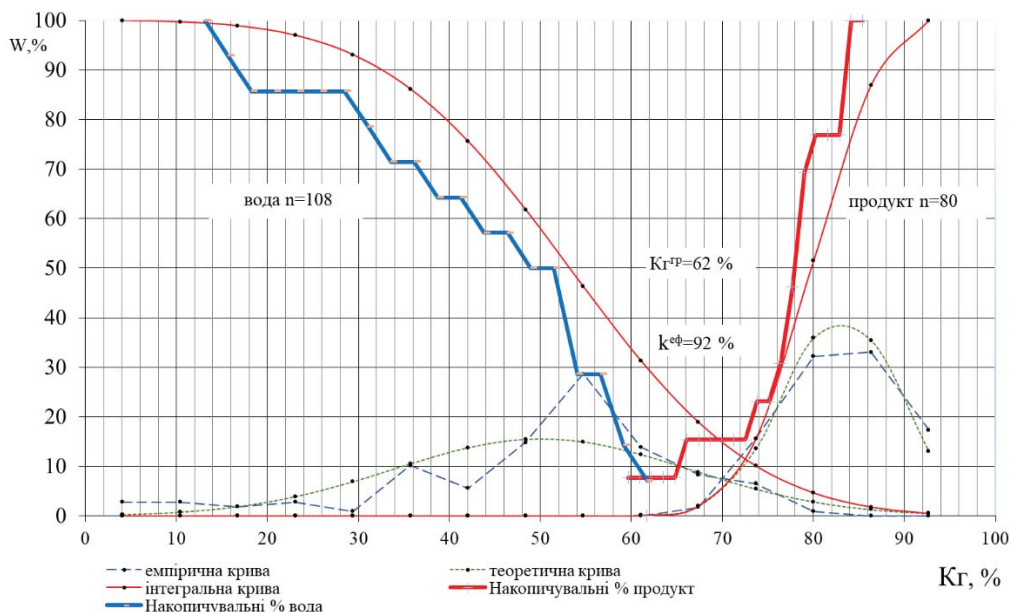


**Рис. 3.** Гістограма і її апроксимація кривою нормального розподілу для загальної наявної сукупності величин коефіцієнту пористості, до якої внесено колектори серпуховських продуктивних горизонтів реального родовища

Таким чином, методологічно не вірно апроксимувувати реальні вибірки колекторів і неколекторів кривими нормального розподілу і по цих кривих будувати інтегральні криві. Визначення граничних значень потрібно проводити за реальними даними, по яких будуються інтегральні криві для колекторів і неколекторів (для останніх в оберненій шкалі) і по точці перетину визначаються граничне значення параметру. На рис. 4 представлено визначення граничного значення коефіцієнту газонасиченості для серпухівських колекторів реального

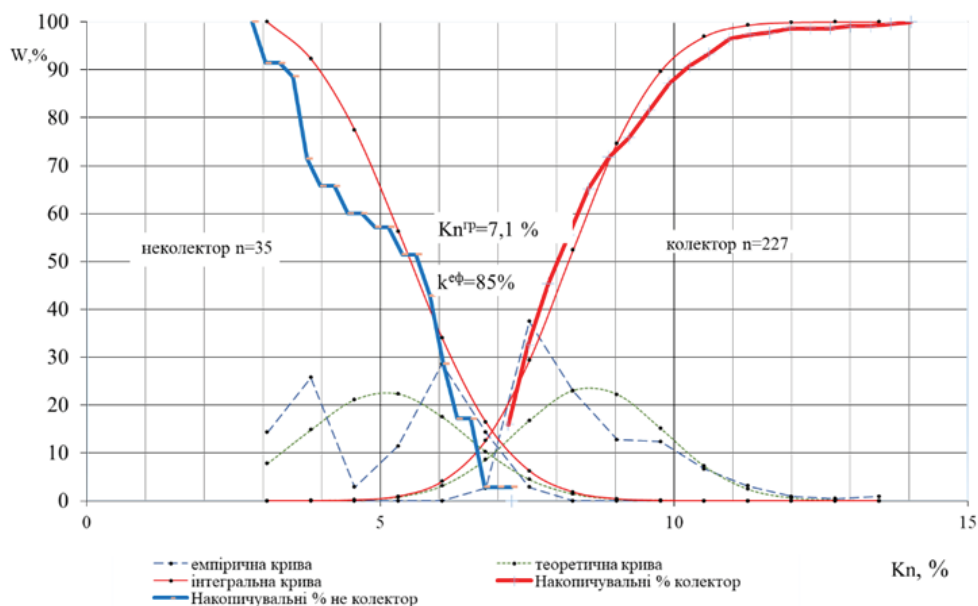


родовища. По перетину накопичувальних кривих коефіцієнта газонасиченості для газоносних і водонасичених пластів, граничне значення коефіцієнта газонасиченості становить 62%. По перетину накопичувальних кривих нормального розподілу – 72%. Чітко видно, що апроксимація реальних даних кривими нормального розподілу хибна, що призведе до помилки у визначенні граничного значення в 10 %, а це може призвести до пропуску продуктивного пласта.



**Рис. 4.** Графіки накопичувальних кривих, що були отримані на підставі апроксимації даних коефіцієнта газонасиченості кривими нормального закону розподілу та інтегральних кривих даних коефіцієнта газонасиченості для визначення граничного значення для теригенних колекторів продуктивних горизонтів серпуховського ярусу реального родовища

У випадку, коли реальних даних не вистачає для отримання точки перетину, величини граничних значень мають визначатися по найнижчій точці (найменшому значенню) інтегральної кривої, яка відповідає вибірці колекторів (рис. 5).



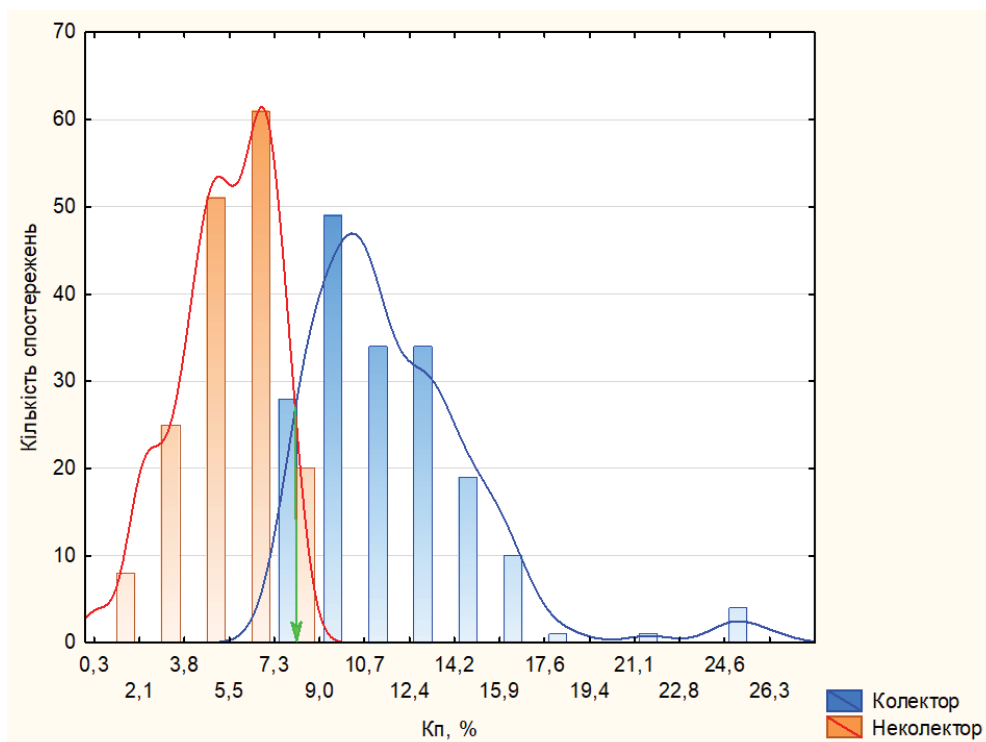
**Рис. 5.** Графіки накопичувальних кривих, що були отримані на підставі апроксимації даних коефіцієнта пористості кривими нормального закону розподілу та інтегральних кривих даних коефіцієнта пористості для визначення граничного значення пористості для теригенних колекторів продуктивних горизонтів В-14 – В-23 візейського ярусу реального родовища

Також можна застосувати до розподілу даних метод оцінювання щільності ядром Гауса (Gaussian Kernel) [3] - непараметричним методом оцінювання одновимірної функції щільності ймовірності випадкової змінної. Гаусове ядро забезпечує згладжену підгонку даних, що дає змогу побачити структуру даних без необхідності накладати на них штучний параметричний статистичний розподіл. У кожній точці щільність оцінюють як середньозважене значення відповідно до такої формули:

$$f(X) = \frac{1}{n \cdot h} \sum_{i=1}^n \Phi\left(\frac{X - X_i}{h}\right)$$

де  $\Phi$  - стандартна нормальна густина,  $n$  - кількість спостережень, а  $h$  - ширина смуги пропускання.

При такому підході (рис. 6) можна отримати оцінку граничного значення досліджуваного параметра по точці перетину графіків апроксимації розподілу даних (колектор/неколектор, або продукт/вода).



**Рис. 6. Гістограми і їх апроксимації кривою ядра Гауса для наявних сукупностей величин коефіцієнту пористості, колекторів і щільних порід серпуховських продуктивних горизонтів реального родовища**

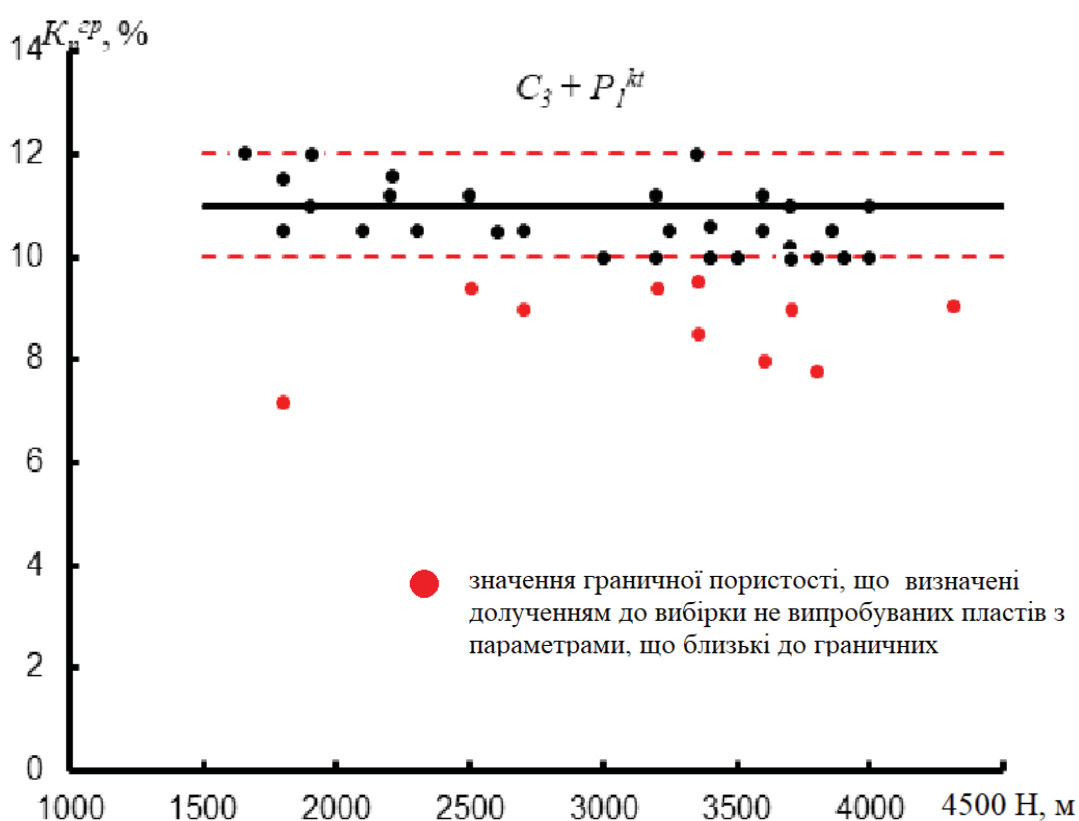
Отже підсумовуємо, що при статистичному підході визначення граничних значень дуже важливо приймати до уваги наявні граничні значення досліджуваного параметра. У випадку, коли накопичувальні криві не пересікаються (наприклад, при дослідженні колектор/неколектор), існує дві помилки у визначенні граничного значення параметра:

- помилка, що пов'язана з граничним значенням останнього значення параметра вибірки неколекторів, який найбільш наближений до вибірки колекторів;
- помилка що пов'язана з граничним значенням останнього значення параметра вибірки колекторів, який найбільш наближений до вибірки неколекторів.

У таких випадках напрошується спосіб визначення граничної величини параметра, як середнє між останніх найбільш близьких значень параметра для колекторів і не колекторів. Незважаючи на це остаточне граничне значення параметра приймається на розсуд петрофізика, зважаючи на ступінь його освідченості, розуміння геолого-фізичних процесів, що відбуваються у колекторах враховуючи геологічні і економічні фактори. Найбільш поширеною помилкою у таких випадках є долучення до вибірок не випробуваних пластів з

параметрами близькими до граничних. Тобто інтерпретатор сам, по мірі свого розуміння, відносить ті, чи інші не випробувані (не підтвержені випробуванням) пласти до однієї із груп вибірок (наприклад колектор-неколектор) якраз у області граничних значень, чим практично спотворює реальні дані та отримує необхідну йому величину граничного значення. Така величина не завжди є не правильною, але на пряму залежить від рівня професіоналізму інтерпретатора.

Використання десятиліттями такого підходу при визначенні граничних значень пористості призвели до хибних висновків щодо їх зменшення із збільшенням глибини залягання одновікових порід. Наші ґрунтовні дослідження по родовищах Східного нафтогазоносного регіону показують їх невелику варіативність незалежно від глибини залягання (рис. 7). Для прикладу на рисунку 7 приведені граничні значення пористості прийняті при підрахунку запасів вуглеводнів об'ємним методом для продуктивних нижньопермсько-верхньокам'яновугільних пісковиків, що залягають на різних глибинах по родовищах Машівсько-Шебелинської депресії. Рисунок 7 чітко ілюструє, що числове значення граничної пористості ( $K_{п}^{гп}$ ) для нижньопермсько-верхньокам'яновугільних пісковиків не залежить від глибини залягання відкладів і складає 10,5 – 11 %. Менші його значення на графіку (червоний колір) (рисунок 7) в основному обумовлені вищеописаними факторами, при приведенні запасів ВВ, визначених об'ємним методом до таких за даними падіння пластового тиску. Дана проблема висвітлена нами та іншими авторами у роботах [4, 5, 6], що є темою окремих досліджень.



**Рис. 7.** Зміна граничного значення пористості у залежності від глибини залягання для нижньопермсько-верхньокам'яновугільний пісковиків ДДЗ

Отже проведений нами аналіз статистичного способу визначення граничних значень петрофізичних параметрів буде доволі ефективним та правомірним тільки при умові врахування реальних розподілів параметру двох груп вибірок без долучення до них невипробуваних інтервалів в області граничних значень.

### Список використаних джерел:

1. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006. – с. 238
2. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006. – с. 277.
3. Amit Bermanis. Gaussian-Kernel Based Methods for Data Analysis. Tel-Aviv University. Raymond and Beverly Sackler faculty of exact sciences. School of mathematic sciences, 2012. – p. 106.
4. Кашуба Г., Карпенко І., Колісніченко В., Лелик Б. Нижньопермські антиклінали Дніпровсько-Донецької западини - як потенційні резервуари газу ущільнених порід // Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. – 2015. – Т. 8. – С. 181-189.
5. Загороднюк П.А., Кашуба Г.А. Перспективы наращивания ресурсной базы углеводородного сырья на действующих месторождениях нефти и газа // Нефть. Газ. Новации. – 2011. – № 4. – С. 70–72.
6. Кривуля С. В. Критерії дорозвідки великих родовищ вуглеводнів у нижньопермсько-верхньокам'яновугільних відкладах Дніпровсько-Донецької западини: Монографія / С.В. Кривуля; за заг. ред. автора – Харків, 2014. – 174 с.



## ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ MICROMINE В ПРОЦЕСІ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

*Сафронова Н.Г., Isanige80@gmail.com;*

*Баряцька Н.В., д. геол. н., BariatskaN@gmail.com;*

*ТОВ «Софтмайн», м. Київ, Україна*

У контексті інтенсивної цифровізації геологічної та гірничодобувної галузей у всьому світі, застосування інноваційних технологій забезпечує прийняття більш обґрунтованих оперативних і стратегічних рішень. Застосування сучасних інструментів для збору та аналізу геологічних даних, проєктування та реалізації геологорозвідувальних робіт, дослідження геологічної будови, підрахунку запасів та техніко-економічного обґрунтування розглядається на прикладі програмного забезпечення Micromine. Застосування інноваційних інструментів та технологій на всіх етапах геолого-економічної оцінки мінімізують ручні операції, скорочують кількість помилок і значно прискорюють роботи.

## INNOVATIVE MICROMINE TOOLS FOR GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF MINERAL DEPOSITS

*Safronova N., Isanige80@gmail.com;*

*Bariatska N., Dr. Sci. (Geol.), BariatskaN@gmail.com;*

*Softmine LLC, Kyiv, Ukraine*

Innovative technologies ensure more informed operational and strategic decision-making in the context of intensive digitalisation of the geological and mining industries worldwide. The modern tools to collect and analyse geological data, design and carry out geological exploration, geological research, reserve estimation, and feasibility studies are discussed through the Micromine software. The innovative tools and technologies used at all stages of geological and economic assessment minimise manual operations, reduce errors, and significantly speed up work.

Геолого-економічна оцінка (ГЕО) об'єктів надрокористування – це періодичний аналіз геологічного та техніко-економічного вивчення скупчень корисних копалин для оцінки (переоцінки) їхнього промислового значення [3]. Процес геолого-економічної оцінки можна умовно поділити на такі етапи:

- збір та аналіз даних попередніх етапів геологічного вивчення,
- геологорозвідувальні роботи,
- вивчення геологічної будови,
- підрахунок запасів,
- техніко-економічне обґрунтування.

Застосування інноваційних інструментів та технологій на всіх етапах геолого-економічної оцінки мінімізують ручні операції, скорочують кількість помилок і значно прискорюють роботи. Такі інструменти розглядаються тут на прикладі гірничо-геологічного програмного забезпечення Micromine і кожен з них умовно відноситься до певного етапу геолого-економічної оцінки, але деякі можуть використовуватися в процесі кількох різних етапів.

**Збір та аналіз даних попередніх етапів геологічного вивчення** передбачає використання інструментів для імпорту різних геологічних даних та суміщення у межах одного проєкту, включаючи перетворення систем координат, створення та перевірку баз геологічних даних та ін. Нижче розглянуто деякі з ключових інструментів.

Імпорт та суміщення різних типів даних реалізується завдяки вбудованому набору інструментів для імпорту, візуалізації та аналізу даних з різних джерел з підтримкою понад 70 форматів, у тому числі табличних (CSV, Excel, та SQL), векторних (CAD, ГІС), растрових та ін. Зокрема реалізована візуалізація і аналіз даних SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), LIDAR (Light Detection and Ranging), Google Earth та інших джерел.

Конвертація між різними системами координат, включаючи стандартні, локальні та прямокутні мережі, допомагає геологам використовувати в одному проєкті дані з координатами різних систем. Наприклад, дані історичної розвідки часто представлені у

локальній системі координат, регіональні історичні дані – у СК-42, топографічна зйомка поверхні – у УСК-2000, зовнішні глобальні дані (космічні знімки та ін.) – у UTM (WGS 84). Можливість конвертації реалізована для файлів даних, каркасів, зображень, векторних даних та інших форматів [4].

Створення та перевірка баз даних свердловин та борозневого опробування (для шурфів, траншей або підземних гірничих виробок). Інструменти роботи з базами даних дозволяють імпортувати або створювати окремі таблиці даних, поєднуючи їх за ключовими полями, а також імпортувати або підключати зовнішні бази даних. Інструменти автоматичної перевірки виявляють критичні помилки, такі як відсутність основної інформації про розташування свердловини (координат, глибини, азимуту ба кута буріння), інтервалів опробування або геологічної документації з перекриттям або нижче загальної глибини свердловини і т.ін. У таблиці помилок, яка може бути збережена у вигляді звіту, відображаються усі виявлені помилки. Вона пов'язана з таблицями даних, а усі виправлення можуть відбуватися інтерактивно для полегшення і прискорення цього процесу (Рис. 1).

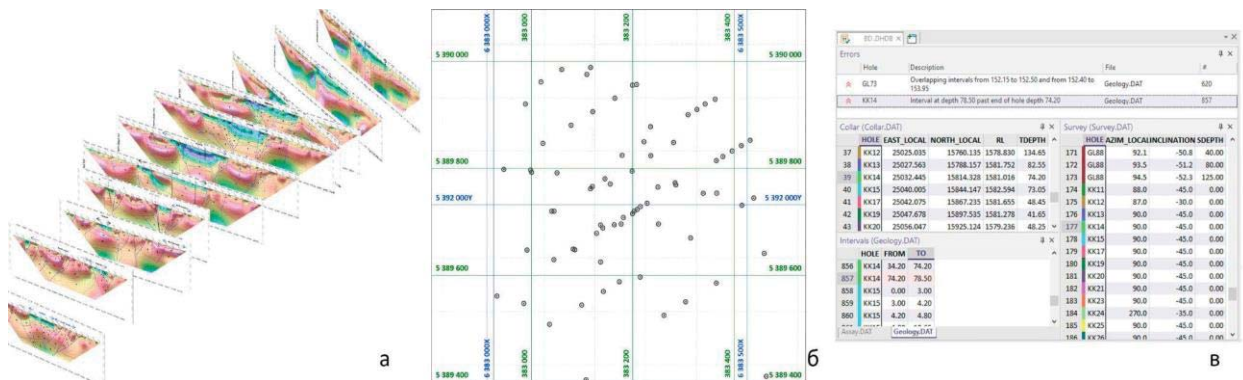


Рис. 1. Координатна прив'язка растрових зображень (а), конвертація систем координат (б) і перевірка БД (в)

Геологорозвідувальні роботи являють собою комплексні дослідження, спрямовані на геологічне вивчення надр і передбачають використання інструментів для проектування розвідувальних свердловин, збору польових геологічних даних, обробки та контролю якості результатів лабораторних досліджень (Рис. 2).

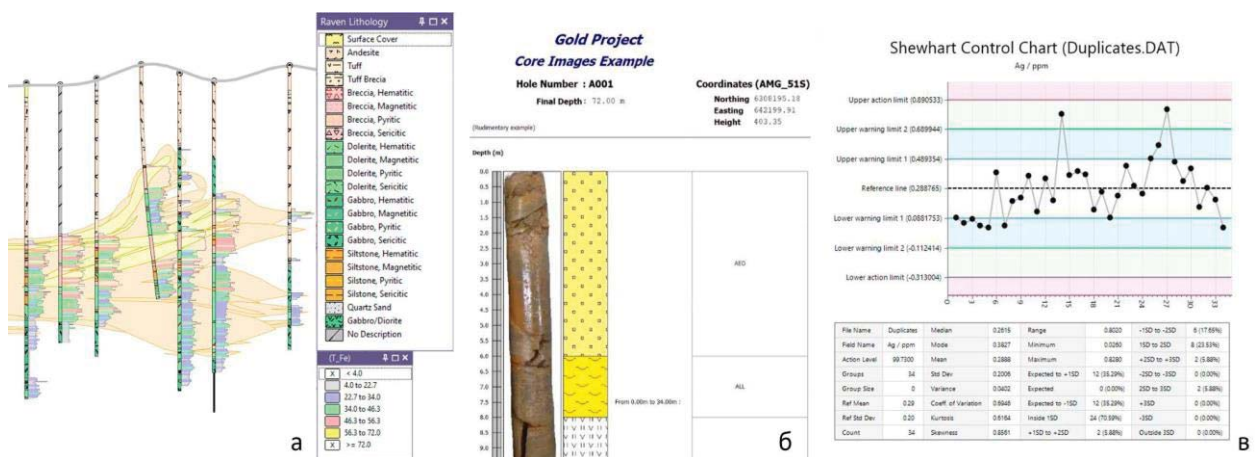


Рис. 2. Візуалізація геологорозвідувальних даних (а), колонка свердловини (б), діаграма Шухарта (в)

Інструменти проектування свердловин дозволяють створювати мережі, віяла або поодинокі свердловини в автоматичному режимі, враховуючи параметри мережі, орієнтацію та поверхню рельєфу; створювати або коригувати проектні свердловини інтерактивно в ручному або напівавтоматичному режимі. Результати проектування можуть бути збережені у вигляді бази даних і надалі поповнюватися інформацією геологічної документації, опробування і т. ін.

Використання тривимірних моделей, створених на основі даних попередніх (історичних) етапів геологічних досліджень із застосуванням сучасних інструментів проектування свердловин дозволяють створити найбільш оптимальну бурову програму для ефективного виконання задач геологічної розвідки.

Збір польових даних включає геологічну документацію, опробування із занесенням інформації до цифрової бази даних з використанням словників та автоматичної перевірки технічних помилок. Імпорт безпосередньо з периферійних пристроїв та реєстраторів (ваги, радіометри, польові спектрометри, фотокамери, GPS та ін.) дозволяє автоматично поповнювати бази даних в режимі реального часу. Трекер лабораторних проб забезпечує функції управління, перевірки та аналізу аналітичних даних.

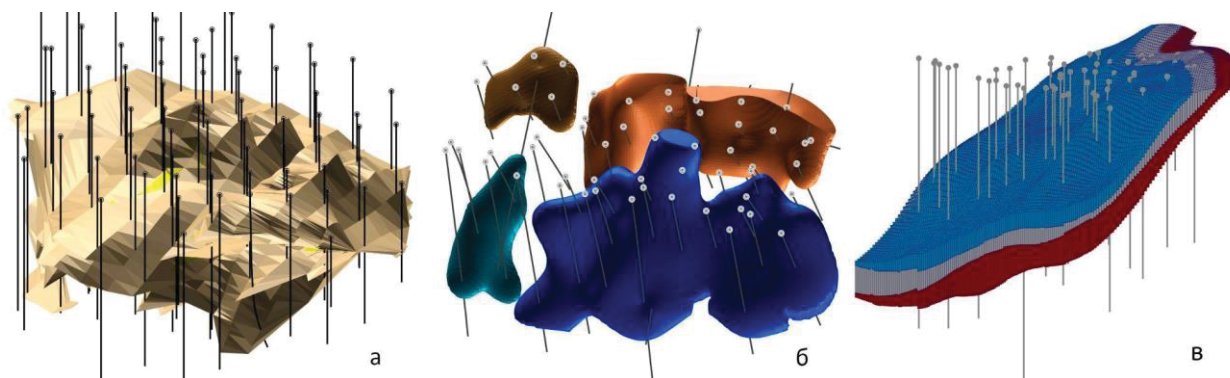
Контроль якості лабораторних досліджень (QA/QC) включає діаграми розсіювання для порівняння результатів польових та аналітичних дублікатів, діаграми Шухарта [12] з правилами Нельсона для аналізу результатів стандартних та холостих проб, а також імпорт лабораторних сертифікатів з інтеграцією до бази даних та ін. Усі ці інструменти дозволяють перевірити коректність даних та систематичні похибки у процесі опробування, пробопідготовки та аналітичних досліджень [2].

**Вивчення геологічної будови.** Для відтворення геологічної будови родовища використовуються інструменти каркасного, умовного або стратиграфічного моделювання .

Каркасне моделювання зазвичай полягає у інтерпретації геологічних даних (гірських порід, композитних рудних інтервалів) у розрізах шляхом створення контурних поліліній, які у подальшому поєднуються у каркаси (геологічні, рудні тіла) та поверхні (контакти, розломи) у автоматичному або напівавтоматичному режимі (Рис. 3 а). Інструменти редагування і перетворення каркасів застосовуються для операцій перетину, обрізання, розділення, копіювання, переміщення у інтерактивному режимі.

Умвне моделювання (implicit modelling – неявне моделювання) – це швидке автоматичне створення поверхонь та замкнених солідів, які являють собою літологічні контакти, розломи та вмісти, безпосередньо з геологічних даних (свердловин, поліліній, точок) з використанням радіальних базисних функцій на основі заданих параметрів (Рис. 3 б). Інструменти умовного моделювання дозволяють створювати комплексні геологічні моделі об'єктів без перекриттів і необхідності ручного коригування, що зменшує кількість ручних операцій і економить час.

Стратиграфічне моделювання застосовується для будь-яких пластових родовищ , таких як вугілля, латерити, фосфати, боксити, залізні руди, і полягає у створенні складних стратиграфічних ієрархій, кореляції пластів між свердловинами, моделювання поверхонь пластів на основі сіток, генерації пластових блокових моделей (Рис. 3 в).



**Рис. 3. Каркасна (а), умовна (б) і стратиграфічна (в) моделі**

Тривимірні геологічні моделі дозволяють краще уявляти геологічну будову родовища, яка є основою подальшого підрахунку запасів.

**Підрахунок запасів методами блокового моделювання** передбачає використання статистичних та геостатистичних інструментів (Рис. 4), блокового моделювання, інтерполяції, створення звітності щодо запасів та перевірку коректності результатів



моделювання, а також полігональної оцінки.

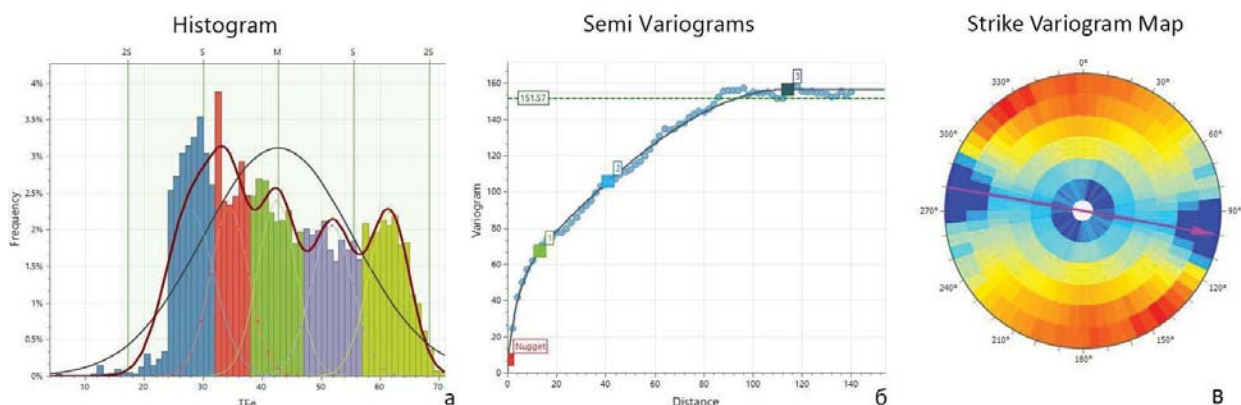


Рис. 4. Гістограма (а), варіограма (б), карта варіограми (в)

Статистичні інструменти, застосовуються для аналізу та інтерпретації розподілу геологічних параметрів та змінних, підтвердження їхньої однорідності та безперервності, а за необхідності – поділу на популяції (домени). Статистичні інструменти включають різноманітні діаграми, статистичні перетворення та зведення (включаючи квартилі, перцентилі та ін.) [5].

Геостатистичні інструменти дозволяють аналізувати просторову кореляцію - зв'язок між відстанню і значенням вмісту або іншого параметру, а також допомагають підбирати оптимальні параметри області (еліпсу) інтерполяції на основі аналізу варіограм (вздовж свердловин, всеспрямованих, карт варіограм тощо).

Блокове моделювання забезпечує створення та обробку блокових моделей, включаючи функції переблокування, повороту, об'єднання та оптимізації, що підвищують точність моделювання і відповідність геологічним структурам. Використання структурних трендів та динамічного пошуку забезпечує краще відображення геологічних особливостей.

Інструменти інтерполяції значень у блокову модель використовують різні методи, а саме зворотних зважених відстаней та різні модифікації кригінгу, таких як простий ординарний, полііндикаторний та ранговий [10]. За допомогою цих інструментів вміст корисного компонента, об'ємна вага та інші величини інтерполюються з використанням параметрів області пошуку (еліпсу інтерполяції), таких як радіус, співвідношення та орієнтація осей, і записуються у блоки моделі.

Функції перевірки ресурсних моделей дозволяють перевіряти коректність блокових ресурсних моделей та відповідність вихідним даним (пробам або композитам). Для цього зазвичай використовуються порівняльні гістограми, статистичні звіти, графіки Swath, перехресна перевірка, QKNA (Quantitative Kriging Neighborhood Analysis - кількісний аналіз області пошуку кригінгу) та ін. [1].

Звіти щодо запасів корисних копалин являють собою результуючі таблиці, створені на основі узагальнення блокових моделей, і містять дані про запаси, класифіковані за різними параметрами, такими як бортові вмісти, типи руди, ділянки родовища і т. ін. Отримані результати підрахунку запасів можуть використовуватись для звітів щодо геолого-економічної оцінки родовища або інших офіційних документів.

Полігональна оцінка полягає у створенні полігонів, які являють собою контури рудних тіл, за розвідувальними профілями, із розпрямленням на площини розрізів, обчислення об'ємів блоків між двома сусідніми полігонами та середньозважених вмістів корисних компонентів. За результатами створюється звіт щодо запасів руди та металу, а також середньозваженого вмісту. Така методика дуже подібна до традиційного підрахунку запасів методом розрізів.

**Техніко-економічне обґрунтування** – розрахунок економічної доцільності виробничої діяльності гірничо-добувного підприємства (ГЕО-1), промислового освоєння (ГЕО-2) або геологорозвідувальних робіт (ГЕО-3) може використовувати інноваційні



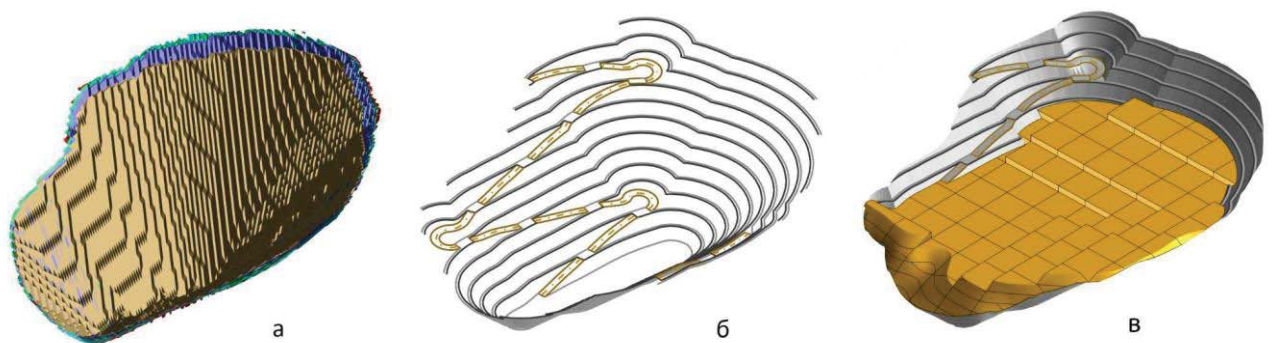
інструменти для оптимізації запасів, проєктування та планування гірничих робіт.

Оптимізація запасів здійснюється через визначення “вартості” кожного блоку, яка обчислюється як дохід від продажу товарних продуктів за вирахуванням усіх витрат. Алгоритми оптимізації допомагають визначити оптимальний контур гірничих робіт (Рис. 4 а) для максимізації прибутку при дотриманні експлуатаційних вимог [11]. Цей процес базується на блоковій ресурсній моделі з урахуванням обмежуючих гірничо-технічних, технологічних, економічних та інших параметрів (модифікуючих факторів). Застосування таких параметрів дозволяє перейти від ресурсів (запасів у надрах) до видобувних (балансових) запасів [8].

На більш детальних стадіях геолого-економічної оцінки передбачається застосування більш високої категорій запасів, а також більш детально обґрунтованих параметрів оптимізації).

Інструменти проєктування дозволяють створювати чаші кар’єрів, кар’єрні дороги, розвороти, розрізні траншеї, штреки, шахтні стволи, похилі з’їзди, відвали, рудні склади, під’їзні дороги та ін. елементи. Інструменти дозволяють швидко створювати попередні проєкти за заданими параметрами в автоматичному режимі або більш детальні - зі змінними параметрами в ручному або напівавтоматичному режимі. Проєкти можуть бути представлені у вигляді каркасів або солідів (Рис. 4 б), що дозволяє виокремити частину запасів блокової моделі у межах спроєктованих гірничих виробок.

Стратегічне планування передбачає створення каркасів видобувних блоків (Рис. 4 в), налаштування типів сировини, обрахування запасів у межах блоків шляхом співставлення з блоковою моделлю, визначення послідовності видобутку з використанням планувальника Ганта. Ці інструменти дозволяють точно визначати кількість запасів та стратегічний план їх видобутку (Life of Mine Plan), що є актуальним для детального техніко-економічного обґрунтування [7 та ін.].



**Рис. 5. Вкладені оптимізовані оболонки кар’єру (а), проєкт кар’єру (б), видобувні блоки (в)**

Застосування оптимізації виглядає більш доцільним на початкових етапах геолого-економічної оцінки родовища, тоді як на детальних стадіях доречними є більш точні інструменти проєктування та планування.

Інші додаткові інструменти, такі як створення макросів або скриптів надають широкі можливості щодо автоматизації рутинних робочих процесів, що дозволяє суттєво скорочувати кількість помилок і уникати великих обсягів ручної роботи. Функції оформлення графічних матеріалів дозволяють створювати карти, розрізи, діаграми для оформлення звітів. Спільна робота над проєктами з різними правами доступу для різних спеціалістів у єдиному хмарному середовищі або корпоративній мережі гарантує безпечний і швидкий обмін актуальними даними. Крім того, потужний функціонал планування та супроводження гірничих робіт дозволяє враховувати велику кількість параметрів, розглядати різні варіанти розвитку гірничих робіт, оптимізувати робочі процеси, підвищити швидкість та ефективність планування і прийняття оперативних рішень.

У контексті інтенсивного розвитку інформаційних технологій та штучного інтелекту у всьому світі спостерігається стійкі тенденції до цифровізації усіх галузей промисловості

та бізнесу [6; 9]. Враховуючи складність та багатофакторність геологічної та гірничодобувної галузей застосування інноваційних технологій є вкрай ефективним і забезпечують прийняття більш обґрунтованих оперативних і стратегічних рішень.

#### **Список використаних джерел:**

1. Баряцкая Н.В., Сафронова Н.Г. Поэтапная заверка при трёхмерном моделировании и оценке ресурсов рудных месторождений. *Геоинформатика*. № 1 (69), 2019, С. 47–57.
2. Баряцька Н., Сергеева С. Використання контрольних проб для забезпечення і контролю якості (QA/QC). *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*, 2023 2(101), С. 75–80. DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.101.11>
3. Лисенко О.А. Геолого-економічна оцінка корисних копалин (актуальні питання й методичні аспекти). *Мінеральні ресурси України*, 2017 (№3), с. 22–26 ORCID-0000-0002-4847-9116.
4. Перетворення систем координат у Micromine Origin&Beyond, 2024 <https://softmine.com.ua/peretvorennia-system-koordynat-u-micromine-origin-beyond/>
5. Статистичні діаграми в Micromine. Визначення та функціональні можливості, 2024 <https://softmine.com.ua/statystychni-diahramy-v-micromine/>
6. Alonso, T. Digital Transformation in Mining: Why it's a Necessity, 2022 <https://www.cascade.app/blog/digital-transformation-mining#:~:text=Digital%20transformation%20in%20mining%20is,the%20status%20quo%20and%20differentiate>
7. Anisimov O., Bariatska N. and Cherniaiev O. Strategic planning of open pit mining operations using the Micromine Beyond Optimiser. V International Conference "ESSAYS OF MINING SCIENCE AND PRACTICE", 2024, DOI:10.1088/1755-1315/1348/1/012005.
8. Bariatska N. Reserve Estimation during (Pre)Feasibility Study of Mineral Projects using Micromine Pit and Stope Optimizers. XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment", Kyiv, Ukraine, 2023.
9. Bariatska N., Tarasov V. Innovative Technologies to Make Effective Business Decisions at Every Stage of a Mining Company's Development. *Data-Centric Business and Applications*, 2024, с. 315–335 [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-53984-8\\_14](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-53984-8_14)
10. Coombes, J. I'd like to be OK with MIK, UC?: A Critique of Mineral Resource Estimation techniques, 2016, [www.coombescapability.com.au](http://www.coombescapability.com.au)
11. Micromine setting the standard in Pit Optimisation, 2017 <https://www.micromine.com/micromine-setting-standard-pit-optimisation/>
12. Shewhart, W.A. Statistical method from the viewpoint of quality control, 1939.

## **ПРАКТИКА ОЦІНКИ ПРОЕКТІВ НАДРОКОРИСТУВАННЯ В МІЖНАРОДНИХ КЛАСИФІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ**

*Курило М.М.<sup>1</sup>, д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua;*

*Паюк С.О.<sup>2</sup>, asc@dkz.gov.ua,*

*Литвинюк С.Ф.<sup>2</sup>, к. геол. н., lytvyniuksf@gmail.com,*

*1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,*

*2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна*

В роботі пропонується використання проекту надрокористування як базового об'єкту геолого-економічної оцінки. Аналізуються визначення проектів у різних напрямках господарської діяльності вітчизняних і міжнародних класифікаційних системах. Відповідно до індивідуальних випадків використання одного або декількох ресурсів надр можна виділяти: видобувний проект, геологічний проект або проект геологічного вивчення, геотермальний проект, водневий проект та комплексний проект надрокористування. Запропоноване визначення проекту як комплексу процесів пов'язаних з вивченням чи освоєнням щонайменше одного із ресурсів надр, чим забезпечується економічна, екологічна та соціальна життєздатність в межах розрахункового періоду (життєвого циклу). В залежності від стадії реалізації до складу проекту включають кількість ресурсу, з яким пов'язаний проект, наявні активи та основні засоби для забезпечення виробничої діяльності.

## **PRACTICE OF PROJECTS ASSESSMENT IN SUBSOIL USE IN INTERNATIONAL CLASSIFICATION SYSTEMS**

*Kurylo M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua;*

*Payuk S.<sup>2</sup>, asc@dkz.gov.ua,*

*Lytvyniuk S.<sup>2</sup>, PhD (Geol.), lytvyniuksf@gmail.com,*

*1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

*2 – State Commission of Ukraine on Mineral Reserves, Kyiv, Ukraine*

The article proposes the use of the project as a basic object of geological and economic assessment. Definitions of projects in various areas of economic activity in domestic and international classification systems are analyzed. According to individual cases of using one or more subsoil resources, the following can be distinguished: mining or exploration project, geothermal project, hydrogen project and complicated subsoil use project. The proposed definition of the project as a complex of processes related to the study or development of at least one of the subsoil resources, which ensures economic, environmental and social viability within the estimated period (life cycle). Depending on the stage of implementation, the project includes the amount of the resource with which the project is connected, the available assets and the main means for ensuring production activity.

Традиційними об'єктами оцінювання у вітчизняній практиці геологорозвідувальних робіт вважаються запаси і ресурси, які можуть бути локалізовані у межах родовищ, перспективних площ або ліцензійних ділянок. Об'єктом ГРР найчастіше є локальна ділянка земної кори, яка характеризується спільністю геологічної будови і наявністю перспектив виявлення скупчень певного виду корисних копалин.

Об'єкти ГРР різняться за стадіями робіт і ними можуть бути:

1. Геологічні і гідрогеологічні регіони (крупні складчасті структури, щити, провінції, басейни, рудні пояси) або їх частини;
2. Рудні і нафтогазоносні райони і структури (блоки, площі), вугленосні і водоносні басейни або їх частини;
3. Рудні поля і окремі перспективні рудопрояви;
4. Площі проведення геофізичних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних вишукувань та інших робіт спеціального призначення;
5. Окремі свердловини (або групи свердловин) глибокого буріння на нафту і газ.

В міжнародній практиці оцінки корисних копалин протягом тривалого періоду об'єктом вивчення також виступали різні групи і класи запасів і ресурсів відповідно до їх ступеня вивченості і підготовленості до освоєння. Базові відмінності між вітчизняним розумінням термінів запаси і ресурси полягають у врахуванні різноманітних ознак вірогідності оцінок, модифікуючих факторів, які передбачають, що освоєння визначених запасів і ресурсів буде реальним і життєздатним.

Крім вихідних ресурсів, які пов'язані з надрами, істотний вплив на розвиток і реалізацію проектів мають індивідуальні технічні і технологічні рішення, інвестиційне забезпечення і умови ринку мінеральної сировини. Для врахування усіх названих факторів сформувалася доцільність визначення і оцінювання *проектів надрокористування*. В межах однієї ділянки надр і для визначеної кількості ресурсів може бути запропоновано декілька технічних та організаційних рішень, які сформуєть різні проекти використання надр. Крім цього, виникла потреба у врахуванні не лише названих факторів і критеріїв оцінювання, але комплексуванні різних видів корисних копалин і компонентів, а також різних видів користування надрами в межах однієї ділянки надр.

Згідно з визначеннями Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин (Класифікація, 1997) комплексне використання родовищ корисних копалин передбачає видобуток усіх корисних копалин родовища і вилучення наявних корисних компонентів та їх промислове використання, а також використання відходів, що утворюються у процесі видобутку і переробки мінеральної сировини. Базовим об'єктом для оцінювання виступають основні корисні копалини і компоненти - корисні копалини і компоненти, що визначають промислове значення родовища, напрям його промислового використання і назву. Крім цього, у різних варіантах можуть бути оцінені наступні складові:

- супутні корисні копалини і компоненти - корисні копалини і компоненти, видобуток яких здійснюється разом з основними корисними копалинами, а вилучення і промислове використання технологічно можливі та економічно доцільні у процесі переробки основної мінеральної сировини;
- спільно залягаючі корисні копалини - корисні копалини, що утворюють в розкривних і вмисних породах самостійні поклади, селективний видобуток і вилучення яких технологічно можливі та економічно доцільні у процесі видобутку основних корисних копалин;

У випадку використання у якості об'єкту оцінювання проекту надрокористування передбачено точне визначення усіх ресурсних і технічних складових промислового освоєння ділянки надр, а також усіх інших передумов – організаційних, інвестиційних, екологічних, соціальних, нормативних і т.і.

Класифікація ДФН	CRIRSCO	SPE PRMS	UNFC UNMRS
<ul style="list-style-type: none"> <li>•запаси корисних копалин</li> <li>•ресурси корисних копалин</li> <li>•корисна копалин - основна, супутня, спільнозалягаюча</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Exploration Results</li> <li>•Mineral Resources</li> <li>•Ore Reserves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Prospective Resources</li> <li>•Contingent Resources</li> <li>•Reserves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Проект, який передбачає обґрунтовану кількість ресурсів і запасів</li> </ul>

**Рис.1 Базові об'єкти оцінювання і класифікації у вітчизняній і міжнародній практиці**

Початковим кроком використання проектів надрокористування (із розширенням можливостей залучення інших природних ресурсів) були визначення і практика класифікації природних ресурсів у системі UNFC (UNFC, 2019). Більш детальні визначення були надані геотермальним, водневим проектам, а також проектам зберігання CO<sub>2</sub> у відповідних документах, які перелічені нижче.

З огляду на комплексність і специфіку цих визначень нижче проаналізовано головні визначення проектів використання надр в системі UNFC та UNMRS.

1/ У базовому документі United Nations Framework Classification for Resources – Update 2019 проект має наступне визначення: «Project is a defined development or operation which



provides the basis for environmental, social, economic and technical evaluation and decision-making». Проект використання надр передбачає комплекс заходів і операцій, які забезпечують базу для екологічної, соціальної, економічної та технічної оцінки та прийняття рішень. На ранніх стадіях оцінки, включаючи верифікацію, проект може бути визначений лише як концептуальне рішення, тоді проекти з вищим рівнем зрілості можуть бути визначені дуже детально детально. Якщо на момент оцінки неможливо визначити обґрунтованість розробки чи експлуатації всього або частини ресурсу на основі існуючої або майбутньої технології, усі величини, пов'язані з цим ресурсом, класифікуються в категорії F4.

2/ У специфікації UNFC для твердих корисних копалин *Supplementary Specifications for the Application of the United Nations Framework Classification for Resources to Minerals* надано визначення проекту як основного об'єкту оцінювання: «minerals project produces mineral products from a mineral source with defined frame conditions, which provide the basis for environmental-socio-economic evaluation and decision-making. A mineral project is comprised of a defined activity or set of activities, which provide the basis for estimating environmental-socio-economic viability including costs and potential revenues associated with its implementation». Проект передбачає можливість виробництва мінеральної сировини із корисних копалин із встановленими параметрами кондицій. Проект для твердих корисних копалин складається з визначеної діяльності або набору заходів, які забезпечують основу для оцінки екологічної та соціально-економічної життєздатності, включаючи витрати та потенційні доходи, пов'язані з його реалізацією.

В окремих специфікаціях UNFC детально визначені проекти для розвитку відновних енергетичних ресурсів, а також проекти зберігання CO<sub>2</sub>.

3/ У специфікації UNFC для відновних енергетичних ресурсів *Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 to Renewable Energy Resources* відзначається: «Project associated with a Renewable Energy Source, estimating the quantity of Renewable Energy Products that can be extracted from a Renewable Energy Source, with associated level of confidence, and classifying the Project(s) based on Project status (or maturity) and socio-economic viability. The Project is the link between the Renewable Energy Source and the quantities of Renewable Energy Products and provides the basis for economic evaluation and decision making. In the early stages of evaluation, the Project might be defined only in conceptual terms, whereas more mature Projects will be defined in significant detail». Тут Проект розглядається як сполучна ланка між відновлюваними джерелами енергії та продуктами, які можуть бути вилучені із цих ресурсів, а також комплексу технологічних і організаційних заходів, що забезпечує основу для економічної оцінки та прийняття рішень. Для проектів передбачені інструменти врахування ризиків інвестора, які пов'язані з факторами невизначеності та/або мінливим характером відновлюваного джерела енергії, ефективністю процесу вилучення та перетворення, цінами на відновлювані енергетичні продукти та ринковою кон'юнктурою, а також значенням проекту для суспільства. На початкових етапах оцінки проект може бути визначений лише в загальних рисах, тоді як на більш розвинених стадіях проекти можуть визначатися з великим ступенем деталізації.

4/ Детальні визначення проектів надано для геотермальних проектів із розширеним включенням не лише геотермальних ресурсів, але необхідної інфраструктури для виробництва кінцевої продукції. В документі *Supplementary Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Resources (Update 2019) to Geothermal Energy Resources* надано детальне визначення: «Project associated with (at least) one Geothermal Energy Source, estimating the quantities of energy that can be sold, used or otherwise delivered as Geothermal Energy Products over the Project's Lifetime, and classifying the Geothermal Energy. The Project is the link between the Geothermal Energy Source(s) and quantities of Geothermal Energy Products and provides the basis for the evaluation of environmental-socio-economic viability, technical feasibility, degree of confidence and decision-making». Геотермальний проект стосується принаймні з одним джерелом геотермальної енергії, а також містить кількісну оцінку енергії, яка може бути вилучена, продана, використана протягом життєвого циклу проекту. Проект є сполучною

ланкою між джерелом геотермальної енергії та обсягами продуктів геотермальної енергії та забезпечує основу для оцінки екологічної соціально-економічної життєздатності, технічної здійсненності, ступеня впевненості та прийняття рішень. Геотермальний проект включає все обладнання, устаткування та інфраструктуру, що поєднує джерело геотермальної енергії з контрольними пунктами, де геотермальні енергетичні продукти продаються, використовуються або іншим чином постачаються. Включаючи, наприклад, видобувні та нагнітальні свердловини, наземні або поверхневі теплообмінники, сполучні трубопроводи, системи перетворення енергії, додатковий приплив енергії та будь-яке необхідне допоміжне обладнання. Масштаб визначеного проекту залежить від прийнятого конкретного інвестиційного рішення, який призведе до суттєвих змін/збільшення кількості ресурсів, які будуть вироблені. Це передбачає окремий розгляд кількох проектів, які можуть спиратися на спільне джерело геотермальної енергії, але розроблятися поетапно. Прикладом тут може бути визначений високотемпературний гідротермальний резервуар поступово розробляється за допомогою послідовних проектів, що включають окремі електростанції та пов'язані з ними поля свердловин, щоб у кінцевому підсумку використовувати більшу частину доступного джерела геотермальної енергії.

Аналіз перелічених термінів у базових документах UNFC дає можливість сформулювати розширене визначення, яке може бути використане у вітчизняній практиці геолого-економічної оцінки: проект надрокористування – унікальний комплекс/сукупність процесів пов'язаних з вивченням чи освоєнням щонайменше одного із ресурсів надр, чим забезпечується економічна, екологічна та соціальна життєздатність в межах розрахункового періоду (життєвого циклу). В залежності від стадії реалізації до складу проекту включають кількість ресурсу, з яким пов'язаний проект, наявні активи та основні засоби для забезпечення виробничої діяльності. Відповідно до індивідуальних випадків використання одного або декількох ресурсів надр можна виділяти: видобувний проект, геологічний проект або проект геологічного вивчення, геотермальний проект, водневий проект та комплексний проект надрокористування.

#### **Список використаних джерел:**

1. *Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр*, 1997 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text>
2. *Кодекс України про надра*, (1994) // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text>
3. *Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources*, (2016) // [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC\\_specs/UNFC.RE\\_e.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/UNFC.RE_e.pdf)
4. *Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 to Renewable Energy Resources* // [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC\\_specs/UNFC.RE\\_e.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/UNFC.RE_e.pdf)
5. *Supplementary Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Resources (Update 2019) to Geothermal Energy Resources* // [https://unece.org/sites/default/files/2022-12/UNFC\\_Geothermal\\_Specs\\_25October2022.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2022-12/UNFC_Geothermal_Specs_25October2022.pdf)
6. *UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019)* // [https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E\\_ECE\\_ENERGY\\_109\\_WEB.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf)
7. *UNFC and Social and Environmental Management. 2023* // <https://unece.org/unfc-and-social-and-environmental-management-0>

## **ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН З РОЗПОДІЛОМ ЗАПАСІВ МІЖ ЙОГО ДІЛЯНКАМИ З МЕТОЮ ВІДЧУЖЕННЯ ТАКИХ ДІЛЯНОК**

*Бала В.В., к. геол. н., bala@dkz.gov.ua,  
Паюк С.О., golova@dkz.gov.ua;*

*Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна*

Проаналізовано правові зміни в сфері надрокористування України, що надають можливість передавати права на користування надрами третім особам. У статті розглядаються практичні аспекти геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин з розподілом запасів між його ділянками з метою їх подальшого відчуження. Запропоновано розробити критерії для вибору ділянок родовищ, які можуть бути відчужені, для збереження їхнього промислового значення, достовірності геологічної вивченості та економічної ефективності розробки. Під час вибору ділянок слід враховувати раціональне користування надрами, мінімізацію екологічних ризиків та забезпечення інвестиційної привабливості ділянок для нових користувачів надр, щоб досягти максимального економічного ефекту від їх розробки, зберегти екологічну стійкість регіонів та стимулювати розвиток видобувної галузі.

## **PRACTICAL ASPECTS OF GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF MINERAL DEPOSITS WITH DISTRIBUTION OF RESERVES AMONGST THEIR SITES FOR THE PURPOSE OF ALIENATION OF SUCH SITES**

*Bala V., PhD (Geol.), bala@dkz.gov.ua,  
Paiuk S., golova@dkz.gov.ua;*

*State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine*

Legal changes in the field of subsoil use in Ukraine which provide the opportunity to transfer the subsoil use rights to third parties have been analyzed. Practical aspects of geological and economic assessment of mineral deposits with the distribution of reserves amongst their sites for the purpose of their further alienation have been highlighted in the article. The authors have suggested developing criteria for the selection of deposit sites that can be alienated in order to preserve their commercial significance, geological confidence, and economic efficiency of their development. When selecting sites, the rational subsoil use, minimization of environmental risks, and their investment attractiveness for new subsoil users should be considered to achieve maximum economic benefits from their development, preserve the environmental sustainability in regions, and stimulate the development of the mining industry.

Масштабні реформи у надрокористування, що стартували у 2022 році, мають на меті запровадити збалансоване надрокористування шляхом встановлення прозорих та рівних умов доступу до надр усіх зацікавлених сторін.

Основою правового регулювання у сфері надрокористування в Україні є Кодекс України про надра від 27.07.94 N 132/94-ВР (далі – Кодекс) [2]. Цей закон регулює всі аспекти користування надрами, у ньому закладено механізми, які визначають порядок надання прав на видобування та управління запасами.

Зміни законодавства у надрокористуванні, що відбулися у грудні 2022 року та набрали чинності у березні 2023 р., відповідно до Закон України № 2805-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами» привнесли багато змін у Кодекс та надали користувачам надр багато нових можливостей [1].

Окремої уваги заслуговує право надрокористувачів передавати частину своїх прав (інакше кажучи, продавати отримане право), отриманих відповідно до спеціального дозволу на користування надрами.

Зміни, які внесені до Кодексу, дозволяють надрокористувачу отримане право на користування надрами: реалізовувати; передавати іншій особі за договором управління майном; передавати до статутних капіталів створюваних за його участю суб'єктів господарювання; вносити як вклад у спільну діяльність; передавати у заставу. Право на користування надрами можна буде відчужити повністю або частково. Про відчуження права

на користування надрами надрокористувач тільки зобов'язаний повідомити Держгеонадра, а надрокористувач, що його набув – переоформити дозвіл на користування надрами.

У Кодексі згідно статті 16<sup>1</sup> Надрокористувач, що має спеціальний дозвіл на користування надрами, може повністю або частково відчужувати права на користування надрами, надані йому спеціальним дозволом на користування надрами, іншій юридичній особі чи фізичній особі - підприємцю шляхом укладення договору купівлі-продажу таких прав або вносити такі права як вклад до статутного капіталу створеного за його участю суб'єкта господарювання, за умови що на таку юридичну особу чи фізичну особу - підприємця або суб'єкта господарювання не поширюються обмеження, встановлені частинами третьою - шостою статті 13 Кодексу. Надрокористувач також має право вносити права на користування надрами, надані йому спеціальним дозволом на користування надрами, як вклад у спільну діяльність.

Відчуження шляхом укладення договору купівлі-продажу частини прав, передбачених спеціальним дозволом на користування надрами, внесення частини таких прав як вклад до статутного капіталу, а також внесення частини таких прав як вклад у спільну діяльність може здійснюватися виключно після розподілу запасів (ресурсів) між ділянками надр раніше розвіданого родовища корисних копалин, на яке надрокористувачу надано право на користування надрами, затвердження таких розподілених запасів (ресурсів) Державною комісією України по запасах корисних копалин, а також внесення змін до такого спеціального дозволу на користування надрами в результаті розподілу запасів (ресурсів) корисних копалин або оформлення окремого спеціального дозволу на користування надрами на відповідну виділену в результаті розподілу запасів (ресурсів) ділянку надр на підставі пункту 8 частини першої статті 16<sup>2</sup> та пункту 11 частини першої статті 16<sup>5</sup> цього Кодексу [2].

Вимоги щодо поділу родовища на частини у Кодексі про надра не висуваються. Власне поділ родовища на декілька ділянок відбувається з ініціативи користувача надр. Умови щодо кількості, якості запасів, повноти їх вивченості, збереженості запасів Кодексом окремо не врегульовано.

Тому необхідним є обґрунтування критеріїв вибору ділянок (частин родовища), що виділятимуться зі складу родовища, з метою збереження їх рівня промислового значення, ступеню геологічного і техніко-економічного вивчення та особливо економічного та промислового потенціалу.

Розподіл запасів корисних копалин родовища на окремих ділянки, які фактично виділяються в окремі об'єкти надрокористування, повинні враховувати вимоги щодо:

- оцінки достовірності запасів корисних копалин і наявних у них корисних компонентів на основі дослідження та аналізу матеріалів геологічного вивчення надр щодо закономірностей формування й розміщення покладів корисних копалин, їх речовинного складу й технологічних властивостей, гірничо-геологічних, гідрогеологічних та інших умов залягання;

- встановлення кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів виділених ділянок родовища з урахуванням раціонального використання всіх корисних копалин і наявних у них корисних компонентів;

- визначення кількості та якості запасів корисних копалин і компонентів, ступеня їх вивчення й підготовленості до промислового освоєння;

- оцінки промислового значення запасів корисних копалин і компонентів за умови їх найповнішого, економічно раціонального й комплексного вилучення та використання на основі сучасних промислових технологій;

- оцінки відповідності наявного в межах родовищ вмісту речовин, що негативно впливають на довкілля і здоров'я людей під час видобутку, переробки й використання корисних копалин, а також складування відходів виробництва, вимогам стандартів, нормативів, лімітів, санітарно-гігієнічних норм і правил, затверджених у встановленому порядку.



Особливу увагу при виділенні ділянок в окремі об'єкти надкористування, а також при плануванні відчуження розподілених запасів, необхідно приділяти питанням охорони надр, що включає комплекс заходів для максимального вилучення корисних копалин із виділених в результаті розподілу ділянок надр. Водночас, ділянка повинна зберігати потенціал як перспективний об'єкт для інвестування.

ДКЗ під час розподілу раніше оцінених родовищ на окремі ділянки надр повинна керуватись основною метою державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин [6]:

- об'єктивна оцінка мінерально-сировинної бази країни на основі єдиних науково-методичних критеріїв;

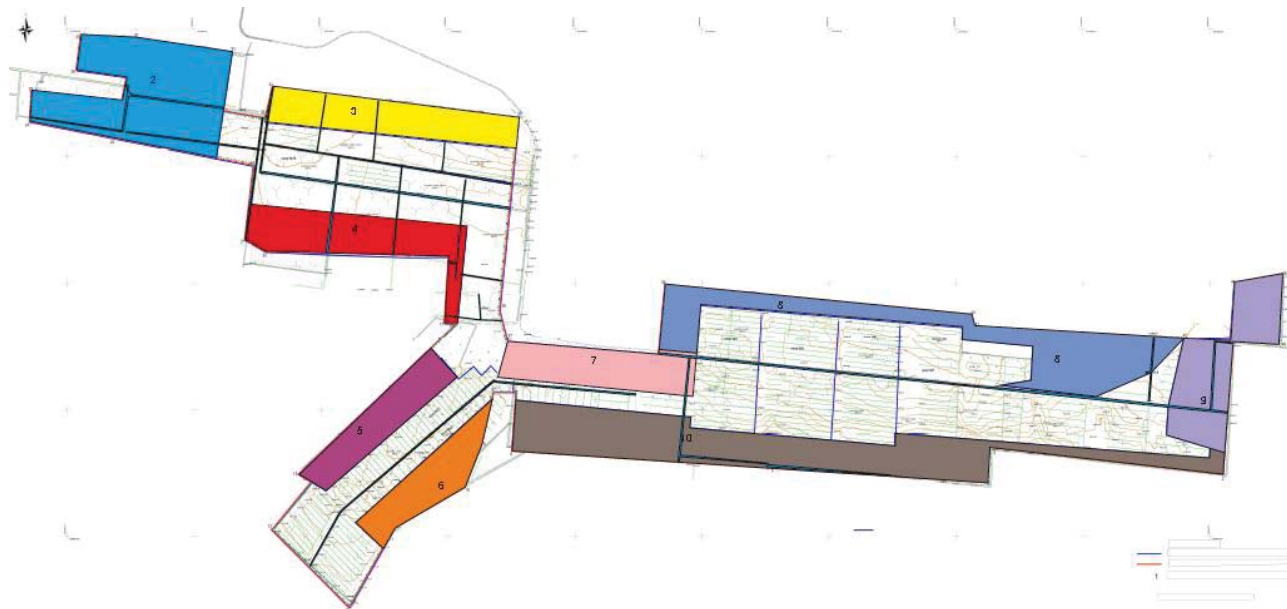
- забезпечення достовірності оцінених запасів корисних копалин і відповідності їх якісних показників запланованим напрямкам використання;

- створення умов для найповнішого, економічно раціонального й комплексного використання запасів родовищ корисних копалин з дотриманням вимог щодо охорони надр та навколишнього природного середовища;

- проведення порівняльної оцінки кількісних та якісних показників запасів корисних копалин, їх географо-економічних, гірничо-геологічних, гідрогеологічних та інших умов залягання для визначення реальної промислової цінності.

Тобто геолого-економічна оцінка родовища та окремо виділених ділянок має включати комплексний аналіз результатів геологічного та техніко-економічного вивчення запасів у конкретних контурах з метою оцінки їхнього промислового значення шляхом визначення із зростаючою детальністю техніко-економічних показників виробничого процесу та фінансових результатів реалізації товарної продукції [9].

Розглянемо цей розподіл на прикладі родовища торфу, яке у 2024 році подали на розгляд ДКЗ у складі матеріалів звіту з геолого-економічної оцінки родовища, де містився розподіл запасів між ділянками цього родовища з метою їх відчуження та державною експертизою в ДКЗ України. Роботи виконані в контурі спеціального дозволу, що належить надкористувачу.



**Рис. 1. План підрахунку запасів родовища торфу з розподілом на ділянки №№ 1-10**

Користувачем надр було виділено десять окремих ділянок (№№ 1-10), з урахуванням цього поділу автори звіту опрацювали детальну геолого-економічну оцінку родовища торфу «Стоянів» з розподілом запасів між цими ділянками родовища з метою відчуження таких ділянок. Також виконана оцінка техніко-економічної ефективності розробки кожної з виділених ділянок окремо.

Ділянки №№ 1-10 мають хаотичне розміщення без видимих обґрунтованих геологічних ознак. Ділянка № 1 охоплює найбільшу частину покладу в його центральній частині, решта ділянок виділені по «бортах» покладу від центральної частини у бік виклинювання покладу торфу на північ і на південь родовища та у східній його частині.

Окремо, по кожній з 10 ділянок виділено інформацію щодо кількості точок зондування, кількості пікетів по відібраних пробах, їх виду за лабораторними дослідженнями. Інформація щодо загальнотехнічних аналізів (хімічний склад, пенькуватість, кислотність водної витяжки) не виокремлювалась по ділянках, оскільки вони були сформовані з групових проб, відібраних в межах усього родовища. Також по ділянках були надані окремі характеристики покладу торфу родовища. Оскільки середні значення зольності, ступеню розкладу торфу та природної вологості між ділянками відрізняються, окремо виконано визначення об'ємної ваги для кожної з виділених ділянок №№ 1-10. Границі кар'єрів виділених ділянок на плані визначаються контуром спеціального дозволу та контурами ділянок, які виділені за ініціативою користувача надр з метою відчуження. Запаси на межі між ділянками підраховані по горизонтальній лінії, що вимагає узгодження спільної розробки покладу торфу в майбутньому.

У складі матеріалів звіту було виконано аналіз економічної ефективності відпрацювання кожної з виділених ділянок окремо. Для оцінки ефективності розробки ділянки № 1 авторами врахована існуюча інфраструктура по видобуванню торфу на підприємстві та наявні промислово виробничі фонди. Для оцінки балансової приналежності запасів ділянок №№ 2-10, які виділені з метою відчуження, в ТЕО передбачено купівлю нового обладнання для видобування торфу.

За приведеними розрахунками авторами доведено позитивний ефект відпрацювання кожної з виділених ділянок. Найбільш позитивний економічний ефект буде мати ділянка № 1. Найгірший ефект прогнозується для відпрацювання ділянки № 8, що на нашу думку пов'язано з незначною кількістю запасів у порівнянні із ділянкою № 1. За результатами розгляду ДКЗ погодилась з основними висновками авторів звіту.

Отже, право виділяти окремі частини родовища з можливістю їх відчуження (розподілу запасів корисних копалин), на наш погляд, має позитивні очікування від впровадження. Обґрунтування критеріїв вибору ділянок (частин родовища), що виділятимуться зі складу родовища для різних видів родовищ корисних копалин будуть мати свої особливості, враховуючи як мінімум відмінності фізичних, хімічних характеристики цих корисних копалин [8]. Однак при цьому основні принципи та критерії, закладені в класифікації корисних копалин, залишаються незмінними [3]. Під час поділу родовища на окремі ділянки (виділених в окремі об'єкти надрокористування) необхідно оцінити:

- життєздатність проєктів з точки зору їх соціально-економічного, екологічного та промислового значення;
- ступінь деталізації проєкту, технологічне вивчення і підготовленість покладів до подальшого використання;
- ступінь геологічного вивчення і достовірності даних щодо родовища.

В результаті виконаних оцінок, визначаються ділянки родовища, які можуть бути виділені для подальшого використання в якості окремих об'єктів надрокористування. Ці ділянки повинні відповідати таким критеріям:

1. **Соціально-економічна доцільність:** Розробка ділянки має приносити економічну вигоду з урахуванням соціальних факторів, таких як створення робочих місць, інфраструктурний розвиток та вплив на місцеве населення. Екологічні аспекти також враховуються, щоб уникнути значних негативних наслідків для довкілля.

2. **Технологічна готовність:** Поклади повинні бути достатньо вивчені і готові до видобутку з точки зору технологій, що використовуються в галузі. Важливо також оцінити вартість і складність процесу розробки родовища.

3. **Геологічна достовірність:** Оцінка рівня вивчення родовища, включаючи точність даних щодо запасів, має вирішальне значення. Це дозволяє знизити ризики і забезпечити прогнозованість результатів розробки.

Таким чином, ці критерії допомагають прийняти рішення про ефективне та раціональне використання родовищ корисних копалин, мінімізуючи ризики та збільшуючи економічну ефективність проектів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Закон України № 2805-IX "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами". Офіційний вісник України від 10.01.2023 – 2023 р., № 2, стор. 99, стаття 85, код акта 115714/2022.

2. Кодекс України про надра. Відомості Верховної Ради України від 06.09.1994 – 1994 р., № 36, стаття 340.

3. Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду затверджена КМУ від 05.05.1997 № 432.

4. «Методичні вказівки щодо геолого-економічної переоцінки родовищ твердих корисних копалин, запаси яких були апробовані або затверджені раніше» Затверджені Наказом ДКЗ від 10.01.2013 № 5/1.

5. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах, затверджене наказом ДКЗ від 07.12.2005 № 300

6. Про затвердження Положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин. Постанова Кабінету Міністрів України від 22.12.1994 № 865.

7. *Литвинюк С.Ф.<sup>1</sup>, Ловинюков В.І.<sup>1</sup>* «Основні критерії та показники геолого-економічної оцінки вугільних родовищ України» Перша (I) міжнародна науково-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», м. Трускавець (Україна, Львівська область) з 10-14 листопада 2014 р.

8. *Нецький О.В., Паюк С.О.* «Зміни законодавства як чинники подальшого розвитку і трансформації державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин» Восьма (VIII) міжнародна науково-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», м. Львів (Україна, Львівська область) з 9 по 12 жовтня 2023 р.

## КЛАСИФІКАЦІЯ PRMS: ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИДІЛЕННЯ КЛАСУ «УМОВНІ РЕСУРСИ»

*Михайлів І.Р., к. геол. н., доцент, iryna.mykhailiv@nung.edu.ua,*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Petroleum Resources Management System (PRMS) – міжнародний стандарт оцінки та управління ресурсами вуглеводнів, що оцінює імовірність наявності обсягів, які можуть бути вилучені і реалізовані на ринку у рамках комерційних проектів. Клас Умовних Ресурсів охоплює ті обсяги вуглеводнів, які є потенційно видобувними з відкритих скупчень, оскільки не відбувається реалізація проекту розробки внаслідок існування тих чи інших умовних обмежень. Виділення категорій та підкласів Умовних ресурсів відбувається за діапазоном невизначеності оцінених потенційно видобутих обсягів та за зрілістю проектів та імовірністю їх комерційної реалізації. Кожна виділена таксономічна одиниця характеризується чіткими визначеннями та критеріями виділення. Виділяючи Умовні Ресурси, необхідно акцентуватися на зборі та аналізі інформації для з'ясування змісту та шляхів послаблення впливу ключових умов та/або обмежень, які перешкоджають комерційній розробці та переведенню оцінених обсягів у клас Запаси.

## PRMS CLASSIFICATION: BASIC TERMS AND THEORETICAL BASICS FOR ALLOCATING THE "CONTINGENT RESOURCES" CLASS

*Mykhailiv I., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., iryna.mykhailiv@nung.edu.ua,*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Petroleum Resources Management System (PRMS) is an international standard for the assessment and management of hydrocarbon resources, which assesses the probability of availability of volumes that can be extracted and sold on the market as part of commercial projects. The Class of Contingent Resources includes those volumes of hydrocarbons that are potentially recoverable from open accumulations, since the development project is not being implemented due to the existence of certain conditional restrictions. The allocation of categories and subclasses of Contingent resources takes place according to the range of uncertainty of the estimated potentially mined volumes and according to the maturity of the projects and the probability of their commercial implementation. Each selected taxonomic unit is characterized by clear definitions and selection criteria. When allocating Contingent Resources, it is necessary to focus on the collection and analysis of information to clarify the content and ways of mitigating the impact of key conditions and/or restrictions that prevent commercial development and transfer of estimated volumes to the Reserves class.

Об'єктом вивчення в системі PRMS – є «ресурси» – усі обсяги вуглеводнів, які залягають у земній корі, у тому числі відкриті, невідкриті (видобувні і невидобувні) та видобуті обсяги.

Власне система PRMS базується на врахуванні технічних та комерційних чинників, що впливають на реалізацію проектів розробки, їх терміни та пов'язані з цим грошові потоки. А оцінка ресурсів передбачає вивчення ризиків геологічного відкриття та технічної невизначеності, з прогнозуванням імовірності досягнення статусу комерційної зрілості проекту.

Згідно до матриці у класифікації PRMS загальні початкові обсяги вуглеводнів поділяються на: відкриті і невідкриті, у яких виділені класи видобувних ресурсів: Видобуток, Запаси, Умовні Ресурси і Перспективні Ресурси, а також Невидобувні ресурси. Термінологія, що використовується взята із «Методичні рекомендації щодо застосування класифікації запасів та ресурсів нафти і газу за системою управління вуглеводневими ресурсами (Petroleum Resources Management System – PRMS) [1]:

- відкриті – це обсяги вуглеводнів, що містяться, згідно із оцінкою на певну дату, у відомих скупченнях до початку видобутку;
- видобуток – це сумарний обсяг вуглеводнів, вилучений на певну дату;
- невідкриті – це обсяги вуглеводнів, що містяться, згідно із оцінкою на певну дату, у скупченнях, які будуть відкриті.

**Видобувні** обсяги вуглеводнів належать до класів:

- *Запаси* – це обсяги, які передбачається комерційно вилучити в результаті реалізації проектів розробки відомих покладів із заданої дати за певних умов. Їх класифікують на



категорії відповідно діапазону невизначеності і на підкласи – відповідно зрілості проєкту розробки та/або стану розбуреності і залученості в розробку;

– *Умовні Ресурси* – це обсяги, які на певну дату оцінюють як потенційно видобувні з відомих скупчень при реалізації проєкту розробки, який не є комерційним через наявність одного або більше умовних обмежень. Їх класифікують на категорії відповідно діапазону невизначеності і на підкласи – відповідно зрілості проєкту та/або його стану з точки зору економічної доцільності;

– *Перспективні Ресурси* – це обсяги, які оцінюються на певну дату як потенційно видобувні з невідкритих скупчень у результаті реалізації майбутніх проєктів розробки. Їх класифікують на категорії відповідно до діапазону невизначеності щодо обсягів видобутку за умови, що вони будуть відкриті та введені в розробку, і на підкласи – відповідно до зрілості проєкту.

**Невидобувні ресурси** – це та частина відкритих або невідкритих обсягів вуглеводнів, які оцінюють на конкретну дату як невидобувну частину в результаті реалізації проєкту розробки. Частина цього обсягу може стати видобувною внаслідок зміни комерційних обставин, розвитку технологій або отримання додаткової інформації. Решта – може залишитися невидобувною внаслідок фізико-хімічних обмежень, обумовлених внутрішньопластовою взаємодією флюїдів і порід-колекторів.

Слід зауважити, що система PRMS встановлює чіткі критерії для класифікації загальних початкових обсягів вуглеводнів: відкриті відокремлюються від невідкритих за фактом відкриття; видобувні від невидобувних – шляхом реалізації проєкту; комерційні від умовно комерційних – на основі зрілості проєкту.

Основні класифікаційні таксони у системі PRMS виділяються за діапазоном невизначеності оцінюваних обсягів, які потенційно можна вилучити із скупчень вуглеводнів при реалізації проєкту (горизонтальна вісь матриці), а також за імовірністю комерційної реалізації – імовірністю того, що буде прийнято рішення про реалізацію проєкту і він досягне етапу комерційного видобутку (вертикальна вісь матриці).

З усіх класів видобувних ресурсів немалий інтерес представляють Умовні Ресурси, характерною ознакою яких є імовірність введення в розробку.

Отже, До Умовних Ресурсів належать проєкти, для яких:

- немає рентабельних ринків збуту;
- комерційний видобуток залежить від технологій, що знаходяться в розробці;
- вивченість покладу недостатня для чіткого визначення комерційної доцільності або не затверджений план розвитку;

- існують ускладнення в отриманні регуляторних або інших погоджень.

Як вже вказано вище, Умовні ресурси за діапазоном невизначеності поділяють на категорії, а за ступенем зрілості проєкту та/або його стану з точки зору економічної доцільності – на підкласи.

За діапазоном невизначеності, а він відображає прийнятний діапазон оцінених потенційно видобутих обсягів, Умовні Ресурси поділяються на такі категорії:

- найменша оцінка (1С) – обсяги, які можна вилучити з більшою імовірністю (90 %), за умови зняття обмежень;

- найкраща оцінка (2С) – обсяги, які скоріш можна вилучити, ніж ні, за умови зняття обмежень. Має існувати 50 % імовірність того, що ці обсяги будуть вилучені у перспективі;

- найвища оцінка (3С) – обсяги, для яких імовірність вилучення складає 10 %.

У будь-якому випадку діапазон невизначеності залежить від обсягу і якості наявних як технічних, так і комерційних даних і може змінитися в міру надходження нових даних.

За зрілістю проєктів та імовірністю комерційної реалізації Умовні ресурси поділяються на підкласи, які характеризуються чіткими визначеннями:

- *розробка очікується* – проєкт розглядається як такий, що має потенціал для майбутньої комерційної розробки у прогнозованому майбутньому. Відбувається накопичення даних буріння або сейсміки та/або виконуються оцінки з метою підтвердження

того, що проєкт може бути комерційним, і отримання підстав для вибору відповідного варіанту розробки. Для цього підкласу мають бути встановлені основні обмеження, які будуть усунені в прийнятні строки та приймається рішення, чи продовжувати подальші дослідження для переведення проєкту на такий рівень технічної і комерційної зрілості, коли можна буде прийняти рішення про початок розробки і видобутку.

– *розробка призупинена* – проєкт розглядається як такий, що має потенціал для комерційної розробки, але введення в розробку може значно затримуватися. Приймається рішення, чи проводити додаткову оцінку з метою з'ясування потенціалу майбутньої комерційної розробки або призупинення, або відкладення подальших робіт до усунення зовнішніх непередбачуваних обставин.

– *розробка необґрунтована* – проєкт розглядається як такий, що має потенціал для подальшої комерційної розробки, але проводяться роботи з оцінки та аналізу з метою з'ясування потенціалу майбутньої комерційної розробки. Цей підклас має відображати ті дії, які необхідно здійснити для просування проєкту до етапу комерційної зрілості і рентабельного видобутку.

– *розробка нерентабельна* – проєкт розглядається як такий, що не має потенціалу для подальшої комерційної розробки, але теоретично видобувні обсяги реєструються для того, щоб врахувати потенційні можливості у випадку кардинальних змін в технологічних або комерційних умовах. Для цього підкласу приймається рішення щодо недоцільності проведення подальших робіт з накопичення додаткових даних або досліджень за проєктом у найближчому майбутньому.

На основі припущень щодо майбутніх умов або їх впливу на кінцеву економічну ефективність, проєкти, що класифікуються в даний час як Умовні Ресурси, за своїм економічним станом можуть бути в цілому поділені на дві групи:

– економічно рентабельні – обсяги, пов'язані з технічно здійсненими проєктами, для яких грошовий потік при обґрунтованих прогнозованих умовах позитивний, але які не є Запасами, оскільки вони не відповідають комерційним критеріям;

– економічно нерентабельні – обсяги, пов'язані з проєктами розробки, які не забезпечують позитивного грошового потоку при обґрунтованих прогнозах.

У PRMS [2] зауважено, що там, де оцінка неповною, не виходить чітко оцінити економіку проєкту, можна виділяти економічний статус проєкту як «невизначений».

У табл. 1 для Умовних Ресурсів наведено зв'язок між підкласами зрілості проєкту та їх економічним статусом.

Таблиця 1

#### Зв'язок між підкласами Умовних Ресурсів

Підкласи зрілості проєкту	Підкласи економічного стану проєкту
Розробка очікується	економічно рентабельні
Розробка призупинена	
Розробка необґрунтована	невизначені
Розробка нерентабельна	економічно нерентабельні

Отже, для віднесення загальних початкових обсягів вуглеводнів до класу Умовні Ресурси достатнім є те, що імовірність комерційної реалізації проєкту дорівнює імовірності введення в розробку. Тоді як, для віднесення до класу Запаси потрібно мати високу ступінь впевненості в досягненні проєктом етапу комерційної реалізації. Також, підкласи Запасів повинні бути комерційно доцільні, тоді як підкласи Умовних Ресурсів можуть доповнюватися відповідними оцінками ймовірності їх комерційної реалізації.

На рис. 1 наведено схему руху обсягів вуглеводнів між категоріями Запаси та Умовні Ресурси.

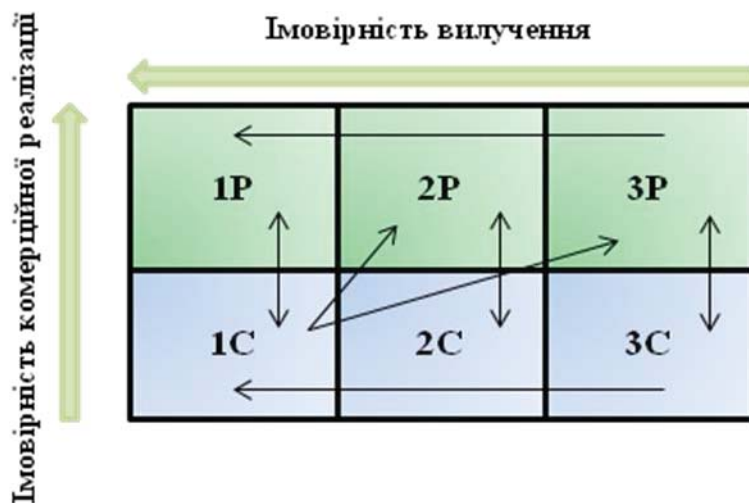


Рис. 1. Схема руху обсягів вуглеводнів між класами Запаси та Умовні Ресурси

Умови віднесення до класу Умовні Ресурси можна звести до таких:

1. Відсутні підстави очікувати, що проєкт буде реалізований (наприклад, відсутність проєкту і небажання компанії-оператора його складати).

2. Зміна комерційних чинників спричинює ризик того, що проєкт буде зупинений, тобто стане некомерційним.

3. Відкладення проєкту розробки на значний термін і немає чіткого розуміння закінчення цього терміну.

4. Недоступність необхідних об'єктів облаштування або їх неробочий стан на термін більше одного року.

5. Не продемонстрована в ході пілотних робіт технічна та комерційна здійсненність проєкту підвищення нафтогазовилучення.

6. Отримано такі результати оцінки, що не виправдали очікувані.

7. Зміна обставин, за яких неможливо в найближчому майбутньому очікувати усунення будь-якого важливого умовного обмеження.

8. Відсутнє обґрунтоване очікування щодо забезпечення фінансування або інших зобов'язань для початку розробки в прийнятний термін.

9. Закінчення строку дії контракту, у т. ч. можуть бути відсутні підстави при продовженні строку дії збереження фіскальних умов, аналогічних тим, що є в чинному контракті.

Відкриті видобувні обсяги (Умовні Ресурси) можуть розглядатися як комерційно зрілі і, таким чином, досягнути рівня Запасів, в тому випадку, якщо компанія, яка заявляє про їх комерційність, продемонструє твердий намір їх розробляти. І це означає, що задоволені власні критерії даної компанії для прийняття рішень (зазвичай це норма прибутковості на рівні або вище середньозваженої вартості капіталу або мінімальної норми прибутку). Комерційність досягається за умови, коли компанія зобов'язується реалізувати проєкт і задоволені усі наступні критерії.

– присутні докази технічно зрілого, здійсненого плану розвитку;

– доведена наявність фінансових ресурсів для реалізації проєкту або існує висока вірогідність їх отримання;

– доведені прийнятні терміни розробки;

– обґрунтовано очікується, що проєкти розробки матимуть позитивні економічні показники і відповідатимуть певним інвестиційним і технологічним критеріям.

– обґрунтовано очікується, що буде ринок для реалізації прогнозних товарних обсягів видобутку, що забезпечують окупність затрат на розробку. Також має бути присутня аналогічна впевненість, що усі компоненти які видобуваються (нафта, газ, вода, CO<sub>2</sub>) можуть

бути реалізовані, поміщені на зберігання, повторно закачані в пласт або утилізовані іншим відповідним способом.

Кожен проєкт може бути віднесений лише до одного підкласу разом з його діапазоном невизначеності; з проєктом не можуть бути одночасно пов'язані обсяги класу Умовні Ресурси і класу Запаси, такі як 1С, 2Р і 3Р.

У деяких випадках компанія може прийняти рішення про початок видобутку нижче межі рентабельності або продовження видобутку після її настання. Проте оскільки для визнання в якості Запасів видобувні обсяги мають бути рентабельними, намір видобувати умовно рентабельні ресурси або сам факт їх видобутку не дає підстав для віднесення цих обсягів до класу Запаси. В таких випадках наявність видобутку означає переміщення Умовних Ресурсів у Видобуток. Проте при узгодженні обсягів видобутку з даними обліку ці обсяги, після їх видобутку, можуть бути враховані як технічні доповнення до Запасів. Проте ніякий майбутній умовно рентабельний видобуток не може бути віднесений до Запасів.

Загалом оцінка загальних початкових обсягів Умовних ресурсів проводиться із застосуванням об'ємного методу. Для визначення об'єму колекторів складають структурні карти і карти товщин. Побудова цих карт і оцінка величини пористості і нафто-, газонасиченості оснований на даних електричного каротажу, даних радіоактивного каротажу, результатах аналізу керну та інших наявних даних. Визначення видобувної частини проводиться із застосуванням коефіцієнтів вилучення, які обґрунтовуються за характером пластової енергії, аналізами вуглеводнів та історії видобутку.

При визначенні обсягів Умовних Ресурсів природного газу вираховують обсяги конденсату, обсяги газу, який використовується на власні потреби та усадку. Приводять до стандартних умов.

Результати оцінки Умовних Ресурсів газу виражають у мільйонах кубічних футів (млн  $\text{фт}^3$ ) і мільйонах кубічних метрів (млн  $\text{м}^3$ ), Умовних Ресурсів нафти і конденсату – у тисячах барелів (тис. бар) та тисячах метричних тон (тис. т).

**Таблиця 2**

**Приклад звітності по загальних початкових обсягах Умовних ресурсів**

Родовище	1С			2С			3С		
	нафта, тис. т	конденсат, тис. т	товарний газ, млн $\text{м}^3$	нафта, тис. т	конденсат, тис. т	товарний газ, млн $\text{м}^3$	нафта, тис. т	конденсат, тис. т	товарний газ, млн $\text{м}^3$
Західне	113	0	71	124	0	78	138	0	87
Східне	149	5	217	390	6	395	535	7	471

Варіанти реалізації проєкту розробки для класу Умовні Ресурси можуть відрізнятися один від одного за кількістю та типом свердловин, об'єктів облаштування та інфраструктури, тоді як для віднесення до класу Запаси має існувати обґрунтоване очікування того, що проєкт буде реалізований за варіантом, який відповідає Оптимальній оцінці.

Отже, виділяючи та працюючи з Умовними Ресурсами, оцінювачам необхідно акцентуватися на зборі та аналізі інформації для з'ясування змісту та шляхів послаблення впливу ключових умов та/або обмежень, які перешкоджають комерційній розробці та переведенню оцінених обсягів у клас Запаси.

#### **Список використаних джерел:**

1. Методичні рекомендації щодо застосування класифікації запасів та ресурсів нафти і газу за системою управління вуглеводневими ресурсами (Petroleum Resources Management System – PRMS). Наказ ДКЗ України від 26.02.2021 № 79. <https://www.dkz.gov.ua/ua/diyalnist/normativno-pravova-baza>

2. Guidelines for Application of the Petroleum Resources Management System. <https://jpt.spe.org/guidelines-updated-for-application-of-the-prms>



## **НОРМАТИВНІ ТА МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ПРОВЕДЕННЯ ДЕРЖАВНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ТА ОЦІНКИ ЗАПАСІВ ТА РЕСУРСІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН ПІДРАХОВАНИХ МЕТОДАМИ БЛОКОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

*Баряцька Н.В.<sup>1</sup>, д. геол. н., BariatskaN@gmail.com;*

*Литвинюк С.Ф.<sup>2</sup>, к. геол. н., lytvyniuksf@gmail.com,*

*1 – ТОВ «Софтмайн», м. Київ, Україна,*

*2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна*

Надається огляд нормативно-правової бази України щодо експертизи запасів корисних копалин, а також міжнародних вимог до критеріїв оцінки запасів і ресурсів корисних копалин. Обговорюються вихідні дані та основні засоби поетапної верифікації ресурсних блокових моделей. Для експертизи та оцінки запасів та ресурсів, підрахованих методами блокового моделювання, вимоги до матеріалів експертизи потрібно доповнити вимогами щодо моделювання.

## **REGULATORY AND METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE STATE EXPERTISE AND EVALUATION OF MINERAL RESOURCES AND RESERVES ESTIMATED BY BLOCK MODELLING METHODS**

*Bariatska N.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), BariatskaN@gmail.com;*

*Lytvyniuk S.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), lytvyniuksf@gmail.com,*

*1 – Softmine LLC, Kyiv, Ukraine,*

*2 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine*

The article provides an overview of the regulatory framework of Ukraine for the expertise of mineral reserves and international requirements for the criteria for mineral resource and reserve estimation. Initial data and basic means of step-by-step verification of resource block models are discussed. For the expertise and evaluation of resources and reserves estimated by block modeling methods, the requirements for expertise materials should be supplemented by modeling requirements.

**Вступ.** Мінерально-сировинна база України налічує тисячі опозитованих і розвіданих ділянок надр, частина з яких вже залучена у промислове освоєння, а частина потребує пошуку інвестицій для наступного освоєння. Інвестування об'єктів надрокористування сьогодні є сферою міжнародного бізнесу і потребує використання вимог і ознак міжнародних стандартів і класифікаційних систем, що значно полегшує підготовку і розуміння геологічної інформації. Міжнародні стандарти геологічного вивчення, оцінки запасів і ресурсів, а також вітчизняні нормативні документи містять класифікації об'єктів за базовими ознаками, які відображають регіональні традиції розвитку геологічної та добувної галузі.

Найбільш застосовуваною для твердих корисних копалин є класифікаційна система шаблону CRIRSCO для публічної звітності щодо результатів геологорозвідувальних робіт, ресурсів і запасів таких корисних копалин [18]. Головними принципами дії і застосування Шаблону є прозорість, матеріальність (істотність) і компетентність (transparency, materiality and competence). Публічний звіт про результати геологорозвідувальних робіт, мінеральні ресурси і запаси корисних копалин, повинен бути підготовлений, особисто або під керівництвом, і підписаний Компетентною особою. У поточний час Комітет CRIRSCO об'єднує чотирнадцять національних Кодексів (Класифікацій), які розроблені відповідно до мінімальних стандартів CRIRSCO: JORC (Australasia), CBRR (Brazil), CIM (Canada), Comision Minera (Chile), CCRR (Colombia), PERC (Europe), NACRI (India), KCMCI (Indonesia), KAZRC (Kazakhstan), MPIGM (Mongolia), OERN (Russia), SAMCODES (South Africa), UMREK (Turkey), SME (United States of America).

Головною особливістю застосування класифікаційних систем розроблених відповідно до мінімальних стандартів CRIRSCO, під час оцінки кількісних та якісних показників запасів та ресурсів мінеральної сировини, є широке застосування блокового моделювання [17, 19].

**Нормативно-правова база України щодо експертизи запасів корисних копалин.** В Україні, відповідно до законодавства, ведеться системний облік запасів та ресурсів всіх видів

корисних копалин (мінеральної сировини) і регламентується рядом нормативних документів [6, 8] (табл. 1).

Таблиця 1

**Перелік основних нормативно-правових актів та методичних документів які регламентують вимоги та застосування результатів ГЕО запасів та ресурсів мінеральної сировини**

Нормативно-правовий акт	Завдання
Кодекс України про надра [5]	Регулювання гірничих відносин з метою забезпечення раціонального, комплексного використання надр для задоволення потреб у мінеральній сировині та інших потреб суспільного виробництва, охорони надр, гарантування при користуванні надрами безпеки людей, майна та навколишнього природного середовища
Податковий кодекс України [10]	Регулює відносини, що виникають у сфері справляння податків і зборів (рентні платежі)
Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [4]	Встановлює єдині для державного фонду надр України принципи підрахунку, геолого-економічної оцінки і державного обліку запасів корисних копалин згідно з рівнем їх промислового значення та ступенем геологічного і техніко-економічного вивчення, умови, що визначають підготовленість розвіданих родовищ корисних копалин до промислового освоєння, а також основні принципи кількісної оцінки ресурсів корисних копалин
Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини [15]	Регламентує послідовність проведення геологорозвідувальних робіт у процесі геологічного вивчення надр, установлює загальні для всіх видів твердих корисних копалин визначення об'єктів геологорозвідувальних робіт, вимог до змісту й складу, а також результатів робіт на різних стадіях і підстадіях геологорозвідувального процесу
Положення про порядок проведення державної експертизи і оцінки запасів корисних копалин [12]	Визначає порядок і умови проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин
Положення про порядок організації та виконання дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення [11]	Установлює вимоги щодо порядку організації та проведення дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення та визначає подальше використання наслідків робіт
Порядок державного обліку родовищ, запасів і проявів корисних копалин [16]	Система збору, обробки та зберігання даних про результати геологорозвідувальних та гірничодобувних робіт, визначення стану, перспектив розвитку, раціонального використання та охорони мінерально-сировинної бази
Інструкції, рекомендації та вимоги Державної комісії України по запасах корисних копалин, що застосовуються під час проведення державної експертизи [9, 13, 14]	Встановлення єдиних вимог до: <ul style="list-style-type: none"> <li>– групування родовищ за геолого-промисловими типами, складністю геологічної будови, кількістю запасів, вмістом і таке інше;</li> <li>– розподілу запасів за їхнім промисловим значенням, техніко-економічною та геологічною вивченістю;</li> <li>– вивченості родовищ, підрахунку запасів і підготовленості до промислового освоєння;</li> <li>– підрахунку запасів та ресурсів родовищ та оцінки перспективних ділянок надр;</li> <li>– підготовленості розвіданих родовищ або їх ділянок до промислового освоєння</li> </ul>
Інші нормативно-правові акти	Використання результатів ГЕО під час проектування та ліквідації гірничодобувних підприємств, списання запасів та таке інше

Відповідно до законодавства в Україні передбачено можливість проведення стандартного (нормативного) та комерційного варіантів оцінки, що також виражає можливі розбіжності у завданнях геолого-економічної оцінки (далі – ГЕО) з боку держави та надкористувача. Стандартний варіант є обов'язковим для всіх об'єктів оцінки, що подаються на державну експертизу. Розрахунки в ньому виконуються відповідно до визначених нормативними документами умов. Комерційний варіант розробляється як додатковий, якщо це передбачено технічним завданням користувача надр.

Зазвичай комерційний варіант оцінки передбачає наявність блокової ресурсної моделі, у той час як підрахунок запасів для стандартного (нормативного варіанту) виконується з використанням традиційними методів геологічних розрізів або блоків.

Поточна необхідність використання блокового моделювання під час проведення державної експертизи та оцінки запасів і ресурсів мінеральної сировини зумовлена можливістю використання сучасних підходів, які широко використовуються гірничодобувними компаніями та фінансовими інституціями розвинутих країн. Адаптація та гармонізація окреслених підходів в Україні може відбуватися, у тому числі, шляхом розробки керівних документів Державної комісії України по запасах корисних копалин (далі – ДКЗ). Особливої уваги потребує концептуальний перегляд положень про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину.

Доцільно було б за бажанням надрокористувача використовувати блокові моделі для державної експертизи запасів. Це б дозволило економити кошти і час, а також мати один базовий варіант...

Необхідність проведення ГЕО та її особливості (методичні та нормативні) залежить від стадії та виду користування надрами відповідно до Кодексу про надра. Невід'ємною частиною національної концепції ГЕО є незалежна верифікація отриманих даних та результатів проведених робіт. Згідно з чинним законодавством верифікація відповідності виконаних робіт та оголошених результатів єдиним принципам Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр і вимогам інших нормативно-правових актів, здійснюється під час проведення державної експертизи матеріалів ГЕО (ГЕО-1, ГЕО-2, ГЕО-3).

Враховуючи мету та завдання державної експертизи [12] ключову роль під час перевірки оцінок достовірності виділених напрямів вивчення має відігравати інститут незалежних експертів, що залучаються. Структура та функціонування такого інституту має відповідати найкращим міжнародним практикам. Експерти, що залучаються до проведення державної експертизи, повинні мати належну кваліфікацію та достатній досвід за напрямом оцінки.

Матеріали геолого-економічних оцінок родовищ металічних і неметалічних корисних копалин щодо підрахунку запасів, які подаються на розгляд Державної комісії по запасах корисних копалин, включають [9]:

- кондиції для підрахунку запасів;
- обґрунтування прийнятого методу підрахунку запасів;
- принцип побудови підрахункових блоків і контурів тіл корисних копалин, методика екстраполяції; обґрунтування ступеня розвіданості запасів по блоках, класах і категоріях;
- методика визначення середніх величин підрахункових параметрів, об'ємів блоків, запасів, технологічних типів, сортів (марок);
- наявність надзвичайно високих (ураганних) вмістів корисних компонентів та способи обмеження їх впливу на підрахунок запасів;
- опис алгоритмів і програм, що дають можливість перевірки результатів підрахунку із застосуванням ЕОМ;
- обґрунтування розподілу запасів по класах розвіданості і категоріях, дані про запаси в блоках, що розпочаті розробкою, в охоронних ціликах;
- прийняті методи підрахунку запасів супутніх компонентів по вмісту в пробах (в т. ч. мономінеральних), в концентратах та способи кореляції; обґрунтування віднесення запасів супутніх компонентів до класів розвіданості вміщуючої її основної корисної копалини, вивченості форм їх концентрації (розподілу);
- результати підрахунку основних і супутніх корисних копалин по групах і класах запасів та напрямках використання; для забалансових запасів - розподіл за ознаками, що спричинили віднесення запасів до цієї групи;
- порівняння підрахункових запасів корисних копалин і корисних компонентів з врахованими державними балансами та пояснення причин невідповідностей.

**Міжнародні вимоги до критеріїв оцінки запасів і ресурсів корисних копалин.** З метою залучення коштів або прийняття інвестиційних рішень, наприклад щодо проєктів гірничодобувних активів компанії, відповідно до вимог регулятора, використовують положення того чи іншого національного (регіонального) кодексу звітності, що входять до кодексів сімейства CRIRSCO [1, 7].

Такий підхід передбачає оцінку активу компанії, як об'єкту оцінки з метою прийняття надійного рішення щодо подальших дій з управління активу (геологорозвідувальні роботи, ТЕО, експлуатація). Під час такого процесу головним пріоритетом є достовірність звітності щодо перспектив освоєння, прогнози виробництва та визначення чистого дисконтованого грошового потоку (NPV) [8].

Єдині стандарти, структура, наповнення та форма звітності щодо результатів оцінки активів з освоєння мінеральних ресурсів різних стадій описані в різних національних кодексах звітності та відповідають Шаблону CRIRSCO.

Важливо відмітити, що на відміну від державної концепції, комерційна концепція оцінки здійснюється з врахуванням геологічної вивченості та модифікуючих факторів (чинників), а не на підставі інструктивних вимог нормативних документів (інструкцій, методичних рекомендацій і таке інше). Геологічне вивчення досягається відповідною мережею гірничих виробок та спостережень із застосуванням підходів якості визначення і контролю (QA/QC) [3]. Під час переходу від ресурсів до запасів враховують модифікуючі фактори, до яких належать, але не обмежуються, гірничодобувні, переробні, металургійні, інфраструктурні, економічні, маркетингові, юридичні, екологічні, соціальні та державні фактори.

Іншим важливим аспектом особливості комерційної концепції ГЕО є діяльність інституту «компетентної особи» (Competent / Qualified Person). Компетентна особа це фахівець, який є членом національної організації звітності (National Reporting Organisation) з відповідним рівнем (класом) членства або іншої визнаної професійної організації (Recognised Professional Organisations) із обов'язковою дисциплінарною відповідальністю.

Компетентна особа повинна мати щонайменше п'ять років відповідного досвіду в області напряму дослідження (геолог, інженер, проєктант і т.д.) певного виду мінералізації або типу родовища, що розглядається, і в діяльності, яку ця особа здійснює. Компетентна особа несе особисту відповідальність за всю необхідну документацію, пов'язану з підготовкою публічних звітів та інших документів, що публікуються відповідно до стандартів звітності Шаблону CRIRSCO.

Звіт супроводжується заявою компетентної особи (осіб), що містить усі відомості про кваліфікацію, професійну і корпоративну приналежність, підтвердження незалежності від емітента або замовника і т.ін.

Діяльність інституту «компетентної особи» зумовлює відсутність окремої стадії верифікації з боку власника надр отриманих даних дослідження. Іншими словами виконавець робіт з оцінки несе відповідальність за отримані (опубліковані) дані та їхню верифікацію. Результати кількісних, якісних, екологічних, економічних та інших характеристик накопичуються (обліковуються) в рамках компаній або груп компаній, які здійснюють управління активами, що пов'язані з освоєнням мінеральної сировини. Частина результатів оцінки може бути облікована на загальнодержавному рівні якщо це вимагає законодавство. Більшість крупних компаній оперують активами, які розташовані в різних країнах, що ускладнює аналіз, моніторинг та управління мінеральною сировиною на державному рівні.

Вимоги до оцінки та звітності про ресурси і запаси корисних копалин наведені у Розділі 4 Контрольного переліку критеріїв оцінки та звітності (табл. 2).



**Контрольний перелік критеріїв оцінки та звітності про результати розвідки, ресурси та запаси корисних копалин [19]**

	Результати геологічної розвідки	Ресурси корисних копалин	Запаси корисних копалин	
<b>Розділ 4: Оцінка та звітність про результати розвідки, ресурси та запаси корисних копалин</b>				
<b>4.1 Геологічна модель та інтерпретація</b>	(i)	Характер, детальність і достовірність геологічної інформації про літологічні, структурні, мінералогічні, метасоматичні або інші геологічні, геотехнічні та геометалургійні характеристики.		
	(ii)	Геологічна модель, методика побудови та припущення, які є основою для результатів розвідки або оцінки мінеральних ресурсів. Достатність щільності даних для забезпечення безперервності мінералізації та геології і надання адекватної основи для процедур оцінки та класифікації, що застосовуються.		
	(iii)	Будь-які геологічні, гірничотехнічні, металургійні, технологічні, екологічні, соціальні, інфраструктурні, юридичні та економічні фактори, які можуть мати значний вплив на перспективи об'єкта розвідки або родовища.		
	(iv)		Геологічні дані, які можуть суттєво вплинути на оцінку кількості та якості мінеральних ресурсів.	
	(v)		Розгляд альтернативних інтерпретацій або моделей та їх можливий вплив (або потенційний ризик) на оцінку мінеральних ресурсів, якщо такі є.	
	(vi)		Геологічні поправки, що застосовуються в моделі, незалежно від того, чи застосовуються вони до мінералізованого та/або немінералізованого матеріалу.	
<b>4.2 Методика оцінки та моделювання</b>	(i)	Детальний опис методів оцінки та припущень, використаних для визначення діапазонів вмісту та тоннажу для об'єктів розвідки.		
	(ii)		Характер і доречність застосованої(их) методики(ок) оцінки та ключові припущення, включаючи обробку екстремальних значень вмісту (відсікання або обмеження), композитування, поділ на домени, відстань між пробами, розмір блоку, селективні видобувні одиниці, параметри інтерполяції та максимальна відстань екстраполяції від точок даних.	
	(iii)		Припущення та обґрунтування кореляцій між показниками	
	(iv)		Будь-яка відповідна спеціалізована комп'ютерна програма (програмне забезпечення), що використовувалася (із зазначенням номера версії), а також використані параметри.	
	(v)		Процеси перевірки та валідації, порівняння даних моделі та опробування; використання даних перевірки при оцінці ресурсів	
	(vi)		Припущення, зроблені щодо оцінки будь-яких супутніх продуктів, побічних продуктів або шкідливих елементів.	

При порівнянні вимог до матеріалів та критеріїв оцінки ресурсів (підрахунку запасів) корисних копалин не виявляється критичних відмінностей. У випадку шаблону CRIRSCO

такі вимоги є більш загальними і менш детальними, що в цілому є характерним для міжнародних вимог. Деякі аспекти, що стосуються, наприклад, ураганних (екстремально високих) вмістів, обґрунтування методів підрахунку та ін., є дуже подібними. Інші, зокрема щодо параметрів моделювання або кондицій, суттєво відрізняються, що обумовлено відмінністю підходів. Так, результатом оцінки мінеральних ресурсів зазвичай є ресурсна модель, обмежена літологією або природним (статистичним) бортовим вмістом, а також “побортовим” звітом щодо ресурсів. Обґрунтування параметрів кондицій та переведення ресурсів в запаси відбувається на наступному етапі техніко-економічної оцінки (Pre/Feasibility Study), тому вони не включені у критерії оцінки ресурсів.



Рис. 1. Блокова модель – а, звіт щодо підрахунку запасів (оцінки ресурсів) – б, крива вміст-тоннаж – в

**Вихідні дані та засоби верифікації блокових моделей.** Для якісної експертизи запасів, підрахованих методами блокового моделювання, повинні бути представлені усі вихідні та проміжні дані, а також параметри та результати моделювання. Цих даних має бути достатньо, щоб експерт міг повторити усі розрахунки та оцінки та порівняти результати. Формати файлів мають бути стандартними, наприклад: табличні (включаючи блокові моделі) *xlsx*, *csv* та ін., векторні (включаючи каркасні моделі та поверхні) *dwg*, *dxf* та ін., растрові *jpg*, *tif* та ін. Це дозволить працювати з даними у будь-якому програмному середовищі.

Різноманітні інструменти та засоби дозволяють контролювати кожен етап ресурсного блокового моделювання [2] (рис. 2).

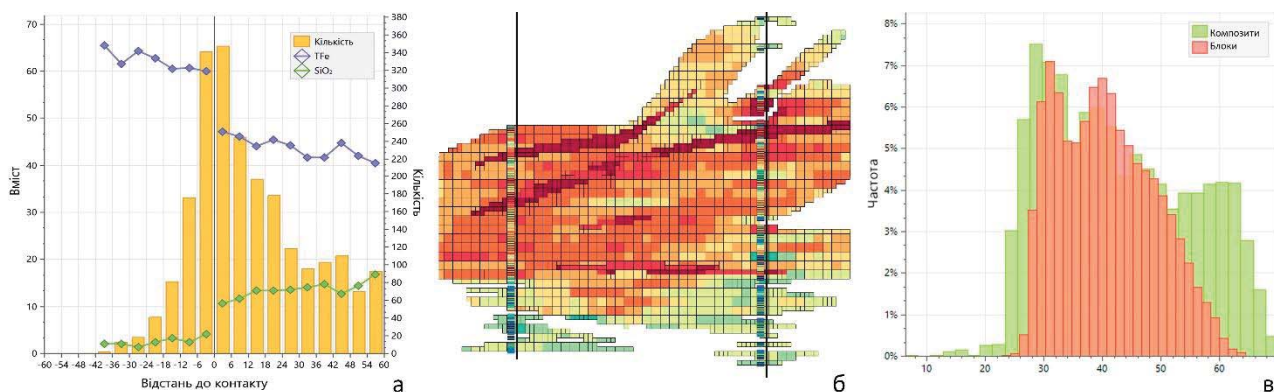


Рис. 2. Верифікація ресурсної блокової моделі: а – аналіз границь, б – візуальна перевірка, в – багатовимірна гістограма

Основні можливості верифікації показано в табл. 3, цей перелік не є вичерпним і не включає верифікацію вихідних даних щодо застосованих геологорозвідувальних методик і процедур.

## Основні інструменти та засоби для верифікації блокових ресурсних моделей

Етап	Предмет перевірки	Інструменти та засоби
База даних	Коректність вихідних даних	<ul style="list-style-type: none"> <li>Автоматична перевірка технічних помилок</li> <li>Візуальна перевірка</li> <li>Порівняння з графічними та іншими матеріалами</li> <li>Статистичний та QA/QC аналіз</li> </ul>
Геологічна інтерпретація та каркасне моделювання	Вибір та дотримання параметрів інтерпретації, каркасного або умовного моделювання	<ul style="list-style-type: none"> <li>Візуальна вибіркова перевірка інтерпретації</li> <li>Автоматична перевірка каркасів на помилки триангуляції</li> <li>Графічний аналіз меж (границь)</li> </ul>
Обмеження ураганних вмістів	Значення ураганного вмісту	<ul style="list-style-type: none"> <li>Децильний аналіз</li> <li>Гістограма, графік накопиченої частоти, графік ймовірності та ін.</li> </ul>
Блокове моделювання	Параметри блокової моделі (розміри материнського блоку, субблокування, орієнтація та ін.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Візуальна перевірка</li> <li>Порівняння об'ємів каркасної та блокової моделей</li> <li>Блокове моделювання з різними параметрами</li> </ul>
Геостатистичний аналіз	Параметри області пошуку (радіус, орієнтація, співвідношення осей)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Візуальна оцінка еліпсу інтерполяції</li> <li>Статистика області пошуку</li> <li>Кількісний аналіз області пошуку кригінгу (QKNA)</li> </ul>
Оцінка ресурсів (підрахунок запасів)	Відповідність блокової моделі вихідним даним	<ul style="list-style-type: none"> <li>Порівняння статистичних параметрів</li> <li>Порівняння розподілів (гістограма, “ящик з вусами”, квантиль-квантиль графік)</li> <li>Візуальне локальне порівняння</li> <li>Графіки Swath</li> </ul>
Перевірка якості оцінки	Коректність блокової моделі	<ul style="list-style-type: none"> <li>Перехресна перевірка</li> <li>Порівняння з результатами альтернативних методів (IDW, Kriging, полігональний, машинне навчання і т.д.)</li> <li>Порівняння з результатами видобування або експлуатаційної розвідки</li> </ul>

**Висновки.** Порівняння вітчизняних вимог до матеріалів ГЕО та міжнародних вимог до критеріїв оцінки запасів і ресурсів корисних копалин показало, що вони є досить подібними, особливо у частині повноти та обґрунтованості геологічних даних. Враховуючи детальність вимог до матеріалів експертизи, у частині підрахунку запасів, вони можуть бути доповнені вимогами щодо моделювання (вихідні дані, параметри, моделювання) для об'єктивної оцінки ресурсних блокових моделей.

Матеріали для експертизи запасів, підрхованих методами блокового моделювання, мають містити усі вихідні та проміжні дані з використанням стандартних форматів файлів, а також параметри моделювання. Верифікація ресурсних моделей може виконуватися поетапно з використанням стандартних інструментів.

Адаптація та гармонізація окреслених підходів в Україні може відбуватися, у тому числі, шляхом розробки керівних документів ДКЗ. Особливої уваги потребує концептуальний перегляд положень про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину.

#### Список використаних джерел:

1. Баряцька Н.В. Чи готові українські надрокористувачі розмовляти «однією мовою» з міжнародними інвесторами? Мінеральні ресурси України. 2021. №1. с. 4-7. <https://doi.org/10.31996/mru.2021.1.4-7>
2. Баряцкая Н.В., Сафронова Н.Г. Поэтапная заверка при трехмерном моделировании и оценке ресурсов рудных месторождений. GEOINFORMATIKA. 2019. № 1(69). с. 47-57.
3. Баряцька Н., Сергеева С. Використання контрольних проб для забезпечення і контролю якості (QA/QC). Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. 2(101). 2023. с. 75-80.

4. Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. Постанова Кабінету Міністрів України від 5.05.1997 р. № 432 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text>
5. Кодекс України Про надра від 27.07.1994 р. № 132/94. Відомості Верховної Ради України, № 36. ст. 340// <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text>
6. Литвинюк С. Нормативні передумови розвитку системи управління мінеральними ресурсами державного фонду надр України // Вісник КНУ. Геологія. 2024. № 105 (2). С. 94-98.
7. Литвинюк С., Баряцька Н. Методичні підходи до оцінки ресурсного потенціалу критичної мінеральної сировини України // Матеріали восьмої міжнародна науково-практична конференція "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування" Львів. 2023. С. 348-358.
8. Литвинюк С., Курило М. Уніфіковані критерії класифікаційних систем як інструмент управління мінеральними ресурсами // Мінеральні ресурси України. 2023. № 4. С. 21-26.
9. Методичні рекомендації щодо змісту, оформлення і порядку подання на розгляд Державної комісії по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічних оцінок родовищ металічних і неметалічних корисних копалин. Наказ Державної комісії України по запасах корисних копалин від 21.07.2015 № 293 // <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0293339-15#Text>
10. Податковий кодекс України // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>
11. Положення про порядок організації та виконання дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення. Наказ Комітету України з питань геології та використання надр від 03.03.2003 № 34/м // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0377-03#Text>
12. Положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин. Постанова Кабінету Міністрів України від 22.12.1994 р. № 865 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/865-94-%D0%BF#Text>
13. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах. Наказ Державної комісії України по запасах корисних копалин від 07.12.2005 № 300 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0065-06#Text>
14. Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на підземні води (гідрогеологічні роботи). Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 16.07.2001 № 260 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0648-01#Text>
15. Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини: затв. Наказ Комітету України з питань геології та використання надр від 15.02.2000 № 19 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0124-00#Text>
16. Порядок обліку родовищ, запасів і проявів корисних копалин. Постанова Кабінету Міністрів України від 31.01.1995 № 75 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/75-95-%D0%BF#Text>
17. Coombes J. The art and science of resource estimation. A Practical Guide for Geologists and Engineers. Perth: Coombes Capability. 2008. 232 p.
18. International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. – Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards. International Council on Mining & Metals. 2024. 78 p. // [https://crirSCO.com/wp-content/uploads/woocommerce\\_uploads/2024/06/CRIRSCO\\_International\\_Reporting\\_Template\\_June2024\\_Update\\_Approved\\_for\\_Release\\_20240627-dl8515.pdf](https://crirSCO.com/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2024/06/CRIRSCO_International_Reporting_Template_June2024_Update_Approved_for_Release_20240627-dl8515.pdf)
19. Rossi, M.E., Deutsch, C.V. Mineral resource estimation. Springer, Dordrecht. 2014. 346 p.



## УНІВЕРСАЛЬНИЙ МОДУЛЬ РАДІОАКТИВНОГО КАРОТАЖУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НАФТОГАЗОВИХ КОЛЕКТОРІВ В ПРОЦЕСІ БУРІННЯ

*Бондаренко М.С.<sup>1</sup>, к. геол. н., msbondarenko1979@gmail.com;*

*Кулик В.В.<sup>1</sup>, к. фіз.-мат. н., с. н. с., п. н. с., vkulyk@igph.kiev.ua;*

*Данилів С.М.<sup>2</sup>, danyliv.sm@gmail.com;*

*1 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна,*

*2 – ТОВ «Укрспецприлад»*

Каротаж в процесі буріння (англ. logging-while-drilling – LWD) є найперевішеною технологією промислової геофізики і широко використовується для визначення петрофізичних параметрів нафтогазових порід-колекторів в свердловинах. Особливе значення має LWD горизонтальних свердловин. Останні дозволяють: багатократно збільшити дебіт вуглеводнів; підвищити загальний об'єм видобування; ефективно використовувати як нові вертикальні свердловини, так і ті, що перебувають в експлуатації. Важливе значення має також горизонтальне буріння до локальних покладів. В тезах розглянуто апаратні розробки в напрямку створення нового модуля радіоактивного каротажу (РК) для LWD. Модуль має універсальний характер в сенсі можливості його використання в товстостінних бурильних трубах, застосовуваних при бурінні всіх видів свердловин. Розроблений універсальний модуль РК реалізує методи нейтрон-нейтронного каротажу, нейтрон-гамма каротажу, гамма-гамма каротажу та гамма-каротажу. Це дозволяє визначати широкий набір петрофізичних параметрів колекторів. В якості прикладу використання нового модуля для LWD приведено результати визначення петрофізичних параметрів нафтового колектора в горизонтальній свердловині. Процес LWD-вимірювань показав високу технологічність і ефективність модуля. Порівняння отриманих параметрів з даними незалежних вимірювань, проведених приладом PEX фірми Шлюмберже, показали якісну узгодженість і кількісну збіжність результатів.

## UNIVERSAL MODULE OF RADIOACTIVITY LOGGING FOR INVESTIGATION OF OIL-AND-GAS RESERVOIR WHILE DRILLING

*Bondarenko M.<sup>1</sup>, Cand. Sc. (Geology), msbondarenko1979@gmail.com;*

*Kulyk V.<sup>1</sup>, Cand. Sc. (Phys.-Math.), senior researcher, lead researcher, vkulyk@igph.kiev.ua;*

*Danyliv S.<sup>2</sup>, danyliv.sm@gmail.com;*

*1 – The Institute of Geophysics of the National Academy of Science of Ukraine,*

*2 – LLC «Ukrspetsprylad»*

Logging-while-drilling (LWD) is the most advanced technology in geophysical well logging and it is widely used for determining the petrophysical parameters of oil-and-gas reservoirs in boreholes. The LWD is particularly important for horizontal boreholes. The latter allows: to multiply the yield of hydrocarbons, to increase overall production, to use effectively new vertical boreholes and exploited ones. The opportunity of horizontal drilling to local deposits is of also essential importance. This paper concentrates on the apparatus developments, which are aimed at creating the new module of radioactivity logging for LWD; the module is universal in the sense that it can be used in drill collars, which are employed while drilling all types of boreholes. The developed module implements neutron-neutron logging, neutron-gamma logging, gamma-gamma logging, and gamma-ray logging. It allows to perform determination of a broad set of petrophysical parameters. As an example of using the new module, the results of determining the petrophysical parameters of oil reservoir in horizontal borehole are given. The process of LWD measurements demonstrated high technologicness and efficiency of the module. Comparison of the obtained parameters with the data of independent measurements using the PEX tool (Schlumberger) showed a qualitative consistency and a quantitative convergence.

### **Вступ.**

**Актуальність.** До відносно недавнього часу основною технологією геофізичних досліджень в нафтогазових свердловинах був каротаж на кабелі – як для необсаджених, так і для обсаджених свердловин. З кінця минулого століття для визначення петрофізичних та інших параметрів нафтогазових колекторів став широко використовуватись каротаж в процесі буріння (англ. logging-while-drilling – LWD). Останній в ряді випадків має незаперечні переваги перед каротажем на кабелі та іншими видами каротажу. Особливе значення має LWD горизонтальних свердловин, які отримують скерованим бурінням з вертикальних свердловин у наперед визначені пласти-колектори. Горизонтальні свердловини дозволяють: збільшити дебіт вуглеводнів у 3 – 4 рази, а в деяких випадках в десятки разів; підвищити загальний об'єм видобування; ефективно використовувати як нові вертикальні свердловини, так і ті, що перебувають в експлуатації, а також свердловини старого фонду. Горизонтальне буріння разом з гідророзривом пластів сприяють нарощуванню видобування вуглеводнів, що має особливу важливість для України. Нині передові компанії (Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes)

досягли значних результатів в області LWD і його широкого застосування при будівництві всіх типів свердловин. В Україні на даному етапі об'єми робіт з LWD невеликі, виконуються переважно із залученням апаратури і методик згаданих світових фірм. Висока вартість послуг і технологічна монополія зазначених компаній, а також певні технічні і методичні недоліки їхніх послуг, обумовлюють необхідність розробки вітчизняних апаратурно-методичних комплексів LWD.

**Мета.** Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (ІГФ НАНУ) спільно з ТОВ «Укрспецприлад» ведуть роботи з створення універсального модуля радіоактивного каротажу (УМРК) для дослідження нафтогазових колекторів в процесі буріння. Модуль має універсальний характер в сенсі можливості його використання в товстостінних бурильних трубах (ТБТ) різного діаметра і товщини стінок, застосовуваних при бурінні вертикальних, похилих і горизонтальних свердловин. Розроблюваний універсальний модуль для LWD-вимірювань містить двозондові пристрої нейтрон-нейтронного каротажу (2ННК) і гамма-гамма каротажу (2ГГК), однозондовий пристрій нейтрон-гамма каротажу (1НГК) та пристрій гамма-каротажу (ГК), що дозволяє розширити інформативність LWD-досліджень.

#### **Методи. Аналоги.**

**Особливості каротажу в процесі буріння.** Каротаж в процесі буріння має ряд принципів відмінностей від каротажу на кабелі. Швидкість проведення LWD однозначно пов'язана з швидкістю буріння, тому є відносно малою та нерівномірною (~ 10÷80 м/год). Мала швидкість каротажу сприяє збільшенню статистичної точності вимірювань радіоактивними методами. Передача основних даних LWD в реальному часі здійснюють за допомогою спеціальної телеметрії, а повну інформацію записують в блок пам'яті. Під час буріння вимірювальні пристрої протягом тривалого часу зазнають сильних механічних навантажень (вібрація, удари, кручення). Це ставить високі вимоги перед комплектуючими та їх монтажем, вимагає спеціальних амортизаційних пристосувань. Головна особливість вимірювань при каротажі в процесі буріння пов'язана з необхідністю отримання інформації про властивості пластів-колекторів при наявності ТБТ різних діаметрів. До основних переваг LWD можна віднести наступні: отримання результатів у реальному часі; практично непорушені пласти під час вимірювань; ефективність і значне здешевлення каротажних робіт; вираш у часі, особливо при дослідженні глибоких і надглибоких свердловин.

**Конвенціональні модулі ядерного каротажу для LWD на основі ГГК і ННК.** Для дослідження нафтогазових колекторів в процесі буріння за допомогою радіоактивного каротажу звичайно використовують метод нейтрон-нейтронного каротажу (ННК) для визначення нейтронної пористості та метод гамма-гамма каротажу (ГГК) для визначення густини і оцінки літології [Lamont-Doherty ..., 2002; Ellis, Singer, 2008]. Відповідні пристрої вмонтовані в ТБТ, яка одночасно служить захисним кожухом модуля РК. При цьому пристрій 2ННК розташовують на ділянці цільної труби, а для пристрою 2ГГК навпроти джерела і детекторів гамма-квантів обладнують спеціальні «вікна». «Вікна», пророблені в сталевій трубі, сприяють проникненню в породу гамма-квантів від джерела  $^{137}\text{Cs}$  і проходженню із породи в детектори ГГК комптонівських і низькоенергетичних гамма-квантів. При вказаній конструкції модуля РК вимірювальним приладом для LWD фактично служить сама ТБТ з вмонтованими в ній пристроями («ТБТ-прилад») Це призводить до необхідності мати набір таких надзвичайно важких і громіздких «ТБТ-приладів», що створює незручності при LWD-вимірюваннях, калібруванні пристроїв РК, транспортуванні тощо. Описаний модуль радіоактивного каротажу (англ., radioactivity logging – RL) для LWD при наявності «вікон» в ТБТ будемо умовно позначати як модуль RL(GGD) (англ., gamma-gamma density – GGD). Інформативність використовуваних у традиційному модулі RL(GGD) методів не завжди достатня для визначення необхідних петрофізичних параметрів нафтогазових колекторів. Наприклад, відсутність детектора ГК в модулі РК затрудняє отримання параметрів глинистості та пористості колекторів з урахуванням водневого індексу глин, а також не дозволяє коректно враховувати фон природного гамма-випромінювання для детекторів 2ГГК.

**Конвенційний модуль ядерного каротажу на основі імпульсного генератора нейтронів.** Істотні обмеження GGD (зокрема, мала глибинність і, як наслідок, висока чутливість до свердловинних факторів), а також прагнення замінити ампульні радіоактивні джерела нейтронів

і гамма-квантів на більш безпечні, стимулювали пошуки нових можливостей для отримання густини колекторів при LWD. З використанням імпульсного D-T джерела нейтронів ( $E_{0n} = 14,1 \text{ MeV}$ ) було розроблено [Allioli et al., 2013; Reichel et al., 2013; Tkabladze et al., 2017] нейтрон-гамма метод визначення густини (англ., neutron-gamma density – NGD) з паралельним визначенням водневого індексу (нейтронної пористості), макроперерізу захвату теплових нейтронів, визначенням вмісту окремих елементів [Reichel et al., 2013]. Модуль ядерного каротажу (англ., nuclear logging – NL) на основі імпульсного генератора нейтронів, який ми будемо позначати як модуль NL(NGD), змонтовано в цільній ТБТ («ТБТ-прилад») [Reichel et al., 2013]. Основною геофізичною перевагою методу NGD відносно методу GGD є значне (в  $\sim 2,5$  рази) збільшення глибинності досліджень (до  $\sim 25 \text{ см}$ ) [Allioli et al., 2013; Reichel et al., 2013; Luuxh, Torres-Verdin, 2019], внаслідок чого зменшується вплив ближньої зони. Разом з певними перевагами мають місце такі недоліки: похибки при визначенні густини в цілому дещо більші порівняно з методом GGD; показання зондів чутливі до відхилень від стінки свердловини; неконтрольовані параметри промивальної рідини погіршують точність і чутливість; точність визначення густини глинистих і газонасичених покладів занижена порівняно з GGD.

Варто відмітити інший підхід [Inanc, Gilchrist, 2017] до визначення густини з використанням D-T генератора нейтронів, принципово відмінний від конвенціонального методу NGD. При цьому підході в якості джерела гамма-квантів використовуються як гамма-кванти від непружного розсіяння нейтронів, так і від інших  $(n,\gamma)$ -процесів, основним з яких є радіаційний захват теплових нейтронів. Згідно [Inanc, Gilchrist, 2017], крім «породних» гамма-квантів, їх джерелом при визначенні густини гірських порід служать гамма-кванти від спеціально підібраних матеріалів, які розміщені в приладі, наприклад, графіт і кадмій. Такий прилад повинен мати достатньо великий діаметр, що прийнятно для необсаджених і обсаджених свердловин, але неефективно для LWD.

### Новизна досліджень. Результати.

**Універсальний модуль радіоактивного каротажу для LWD.** Нами запропоновано [Кулик, Бондаренко, 2021, 2023; Данилів та ін., 2022] новий підхід до створення модуля РК для LWD. В модулі реалізуються чотири методи РК: нейтрон-нейтронний каротаж (ННК); нейтрон-гамма каротаж (НГК), гамма-гамма каротаж (ГГК), гамма-каротаж (ГК). Модуль працює в цільних (без вікон) ТБТ всіх діаметрів і товщин стінок при проведенні LWD вертикальних, похилих і горизонтальних свердловин. Такий модуль будемо називати універсальним модулем радіоактивного каротажу і позначатимемо як УМРК. При цьому спосіб визначення густини методом НГК [Кулик та ін., 2023] позначимо як густинний НГК (ГНГК; англ., density neutron-gamma logging – DNGL), а спосіб густинного ГГК (у ТБТ без вікон) – ГГГК (англ., density gamma-gamma logging – DGGL). На рис. 1 показано фото експериментального зразка універсального модуля УМРК, втіленого фірмою «Укрспецприлад» за участю ІФФ НАНУ.



**Рис. 1. Експериментальний зразок універсального модуля УМРК**

1 – підмодуль 2ГГК+ГК, 2 – підмодуль 2ННК+НГК,  
3 – блок живлення, 4 – блок програмного забезпечення

**Особливості модуля УМРК.** Основні відмінності запропонованого модуля УМРК від традиційного RL(GGD) полягають в наступному. 1) Модуль УМРК є автономним приладом (незалежним від конкретної ТБТ), тобто може бути використаним в ТБТ різного діаметра і різної товщини стінок шляхом поміщення модуля РК в цільну бурильну трубу (без спеціально обладнаних «вікон» для ГГК). Модуль РК вставляють в ТБТ безпосередньо перед прове-



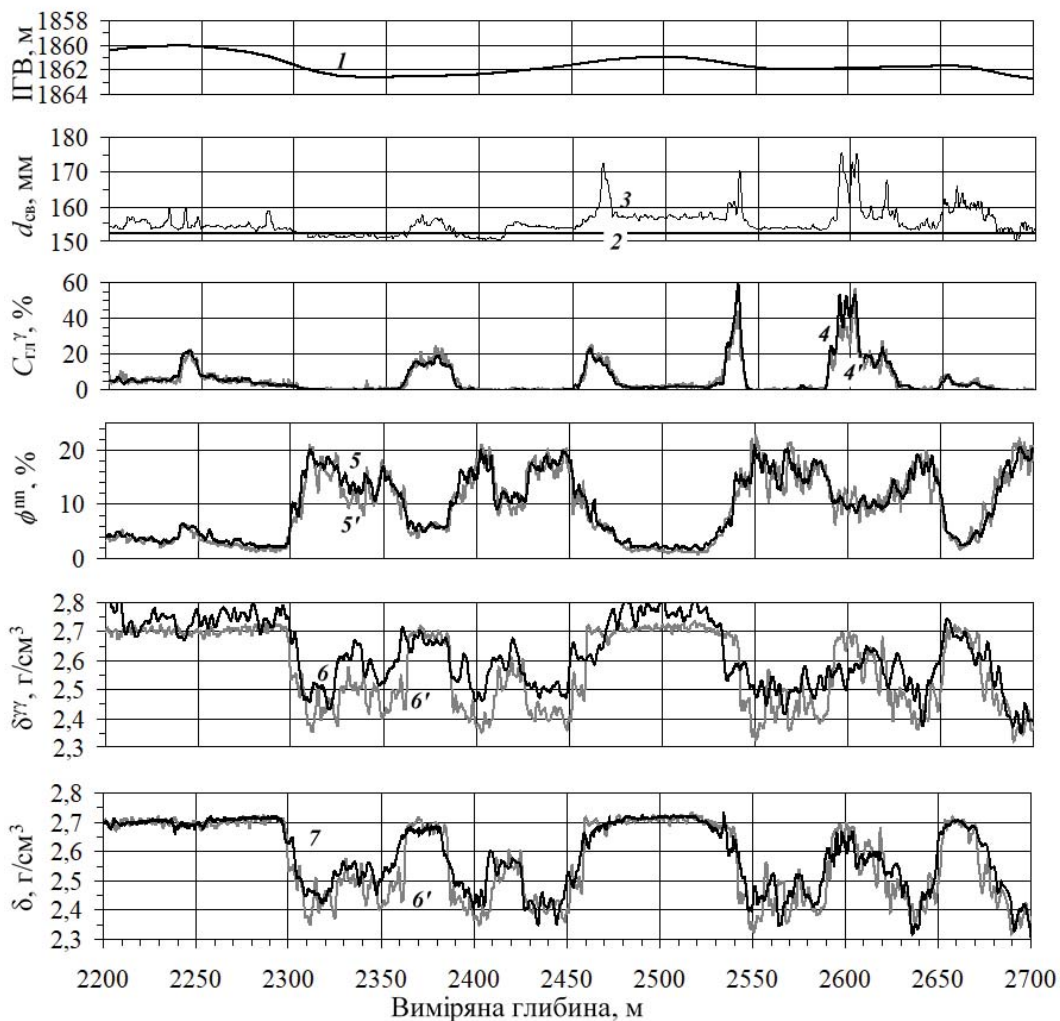
денням LWD. 2) Збільшення інформативності універсального модуля РК. На основі одного джерела швидких нейтронів може працювати кілька методів РК. Інформативність модуля УМПК підвищена тим, що до пристрою 2ННК додано пристрій 2НГК. 3) Використання ізотопу  $^{60}\text{Co}$  в якості джерела  $\gamma$ -квантів ГГК. Ізотоп  $^{60}\text{Co}$  випромінює  $\gamma$ -кванти з енергією, що значно вища енергії  $\gamma$ -квантів ізотопу  $^{137}\text{Cs}$ , який використовується у традиційному пристрої GGD. Гамма-кванти  $^{60}\text{Co}$  мають підвищену проникну здатність, а також дають дещо збільшену глибинність досліджень. Однак наявність шару високої густини (залізо стінок ТБТ) зменшує ефективність  $\gamma$ -квантів  $^{60}\text{Co}$  при визначенні густини породи методом DGGL, тому товщина стінок ТБТ для цього способу має бути обмеженою. 4) Збільшення точності результатів DNGL і DGGL при LWD шляхом розміщення в модулі РК детектора  $\gamma$ -квантів для врахування вкладу  $\gamma$ -фону від природного випромінювання гірських порід (пристрій ГФ, він же зонд ГК). Детектор ГФ доцільно розмістити між дальніми детекторами пристроїв 2ГГК і 2НГК при умові відсутності впливу джерел  $\gamma$ -квантів і нейтронів; при цьому всі три суміжні детектори  $\gamma$ -квантів доцільно вибрати однотипними і з одним і тим же налаштуванням. 5) Реалізація універсального модуля УМПК у вигляді двох підмодулів з роз'ємом, за допомогою якого обидва підмодулі з'єднуються при встановленні модуля у ТБТ перед проведенням LWD. Використання двох малогабаритних і легких підмодулів, поміщених в охоронну трубку достатньо малого діаметра, робить запропонований модуль РК зручним і технологічним (порівняно з «ТБТ-приладом») при виконанні всього циклу робіт, пов'язаних з LWD-вимірюваннями. Кожух діаметром 48 мм виготовлено із титана, загальна довжина модуля  $\sim 4$  м, вага  $\sim 30$  кг; довжина і вага кожного з підмодулів становить приблизно 2 м і 15 кг.

**Приклад визначення параметрів колекторів в горизонтальній нафтовій свердловині.** Горизонтальні свердловини вздовж наперед відомих (з попередніх досліджень) нафтоносних пластів отримують шляхом бурінні бокових відгалужень з існуючих вертикальних свердловин нафтових родовищ. Модуль УМПК було випробувано при LWD ряду горизонтальних нафтових свердловин. Для перевірки ефективності LWD-вимірювань було проведено контрольний каротаж у відкритому стволі комбінованим приладом PEX фірми Шлюмберже [Schlumberger, 2001]. На рис. 2 представлено результати визначення параметрів гірських порід у горизонтальній свердловині за даними модуля УМПК при проведенні LWD і приладу PEX після буріння.

За апіорними даними породи представлені вапняком і доломітизованим вапняком, а також інтервалами глинистих порід. Колектори мають відносно невисоку пористість (до  $\sim 20\%$ ) і високу нафтонасиченість (до  $\sim 80\%$ ), мінералізація пластової води  $\sim 100$  г/л. Інтервал досліджень складає 500 м, при цьому глибина по вертикалі практично не змінюється (рис. 2, крива 1). Діаметр ТБТ 120 мм, діаметр долота 152 мм (крива 2), глибина каверн в глинистих пластах за даними PEX доходить до  $\sim 20$  мм (крива 3), на деяких інтервалах пористих пластів відмічається поява глинистої кірки.

За даними ГК модуля УМПК було визначено масовий вміст глини  $C_{\text{гл}}$  (крива 4). Величина  $C_{\text{гл}}$  за даними LWD збігається з контрольними даними приладу PEX (крива 4'). Способом компенсаційного нейтронного каротажу (КНК) в процесі буріння визначено нейтронну пористість порід  $\phi^n$  (крива 5). Нейтронна пористість за LWD практично співпадає з відповідним контрольним результатом у відкритому стволі (крива 5'). За даними відношення зондів пристрою 2ГГК модуля УМПК визначено густину порід (крива 6). Порівняно з густиною, отриманою приладом PEX у відкритому стволі (крива 6'), густина за LWD якісно узгоджена, але переважно завищена (до  $\sim 0,05$  г/см<sup>3</sup> в щільних пластах, до  $\sim 0,15$  г/см<sup>3</sup> в пористих пластах). Кількісні відмінності можуть бути викликані використанням калібрувальної функції з діаметром свердловин у моделі, дещо відмінним від діаметра при LWD, а також змінами в ближній зоні, що відбулися після буріння. За допомогою розробленого нами способу густинного НГК визначено густину порід та враховано вплив глинистості (крива 7). Крива густини 7 за ГНГК+ГК добре узгоджена з контрольною кривою 6'.





**Рис. 2. Параметри порід за даними каротажу в горизонтальній свердловині**  
 1 – істинна глибина по вертикалі (ПВ), 2 – діаметр долота (152 мм), 3 – кавернограма,  
 4 – масова загальна глинистість за ГК, 5 – пористість за 2ННК, 6 – густина за 2ГГК, 7 – густина за НГК;  
 4-7 (—) – результати УМРК, 4'-6' (---) – контрольний каротаж приладом РЕХ (Шлюмберже) у відкритому

## Висновки

1. Розроблено, запатентовано і виготовлено в малій серії універсальний модуль радіоактивного каротажу для визначення параметрів нафтогазових колекторів в процесі буріння вертикальних, похилих і горизонтальних свердловин. Модуль має високу технологічність на всіх етапах робіт, пов'язаних з LWD.

2. Універсальність нового модуля полягає в можливості LWD-вимірювань високоінформативним комплексом РК для всіх використовуваних бурильних труб (без їх спеціальної підготовки, наприклад, без облаштування «вікон»).

3. З модулем проведено роботи на фізичних моделях пластів за наявності бурильних труб і побудовано градувальні залежності від пористості і густини. На їх основі отримано інтерпретаційні функції, які разом з іншими даними дозволяють визначити розширену сукупність петрофізичних параметрів.

4. Свердловинні випробування модуля УМРК показали інформативність і ефективність розробки. Порівняння параметрів пластів, отриманих за допомогою нового модуля, з даними незалежних вимірювань, проведених в тих же свердловинах після буріння, показали якісну узгодженість і кількісну збіжність результатів.

5. Створений модуль має ряд переваг перед відомими аналогами, зокрема, є універсальним, зручним, більш доступним для вітчизняних добувних та каротажних компаній. Важливим фактором є те, що українські розробники володіють необхідними ідеями і ноу-хау та мають всі можливості для адаптації розробки під вимоги замовників, її подальшого серійного випуску.

### Список використаних джерел:

- Данилів, С.М., Кулик, В.В., Бондаренко, М.С., Дмитренко, О.В. Лось, М.В., Зіненко, В.В. (2022). Модуль радіоактивного каротажу для дослідження нафтогазових колекторів в процесі буріння. *Патент на винахід № 125356*.
- Кулик, В.В., & Бондаренко, М.С. (2021). Комбінований модуль радіоактивного каротажу для визначення параметрів нафтогазових колекторів в процесі буріння горизонтальних свердловин. *Патент на корисну модель № 146993*.
- Кулик, В.В., & Бондаренко, М.С. (2023). Universal apparatus module of radioactivity logging for the investigation of oil-and-gas reservoirs while drilling. *Геофіз. журн.*, 45(6), 50-66. <https://doi.org/10.24028/gj0000000000>.
- Кулик, В.В., Бондаренко, М.С., Данилів, С.М., & Кармазенко, В.В. (2023). Спосіб визначення об'ємної густини нафтогазових колекторів при каротажі в процесі буріння та пристрій для його здійснення. *Заявка на патент на винахід № a202300803*.
- Allioli, F., Cretoiu, V., Mauborgne, M.-L., Evans, M., Griffiths, R., Haranger, F., Stoller, C. Murray, D., & Stavanger, R. (2013). Formation density from a cloud, while drilling. *Oilfield Review*, 25(2), 4-15.
- Ellis, D.V., & Singer, J.M. (2008). *Well Logging for Earth Scientists*. (2nd ed.). Dordrecht: Springer, 692 p.
- Inanc, F., & Gilchrist, W.A. (2013). Method for taking gamma-gamma measurements. *U.S. Pat. № 8,436,294*.
- Lamont-Doherty Earth Observatory. (2002). Logging-While-Drilling, Azimuthal Density Neutron Tool. <http://mlp.ldeo.columbia.edu/BRG/ODP/LEGACY/PDF/LWD-ADN.pdf>
- Luyckx, M., & Torres-Verdin, C. (2019). Physics, applications, and limitations of borehole neutron-gamma density measurements. *Geophysics*, 84(1), D39-D56. <https://doi.org/10.1190/geo2018-0088.1>
- Reichel, N., Evans, M., Allioli, F., Mauborgne, M.-L., Nicoletti, L., Haranger, F., Laporte, N., Stoller, C., Cretoiu, V., Hehiawy, E., & Rabrei, R. (2013). Neutron-gamma density (NGD): principles, field test results and quality control of radioisotope-free bulk density measurement. *Petrophysics*, April, 1-15.
- Schlumberger (2001). Platform Express. <https://www.slb.com/-/media/files/fe/brochure/platform-express-br.ashx>
- Tkabladze, A., Evans, M., & Stephenson, K. (2017). Neutron-gamma density through normalized inelastic ratio. *U.S. Pat. № 9,671,519*.

## ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДРАХУНКУ ЗАПАСІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН

*Баряцька Н.В., д. геол. н., BariatskaN@gmail.com;*

*Сафронова Н.Г., Isanige80@gmail.com;*

*ТОВ «Софтмайн», м. Київ, Україна*

Штучний інтелект (Artificial Intelligence – AI) стрімко розвивається останнім часом і вже успішно використовується у геології та гірничодобувній промисловості. Застосування штучного інтелекту для підрахунку запасів корисних копалин розглядається на прикладі інноваційної технології / програмного модуля Micromine Grade Copilot, який використовує нейромережі та машинне навчання. Моделювання здійснюється на основі бази даних проб або геологічних інтервалів за встановленими параметрами, в результаті створюється категоріальна (геологічна) або числова (ресурсна) блокова модель. Порівняння результатів моделювання з використанням Micromine Grade Copilot з результатами геологів показали здатність штучного інтелекту узагальнювати великі обсяги інформації щодо досвіду спеціалістів і відтворювати його при виконанні подібних задач. Штучний інтелект доповнює, а не замінює фаховий досвід людини, а його застосування має певні ризики зменшення залученості геолога. Найбільш успішним без сумніву є поєднання творчих та креативних можливостей людини зі здатністю штучного інтелекту до узагальнення величезних обсягів інформації. Геологічна та добувна галузі завдяки своїй складності та багатофакторності мають великі перспективи для подальшого розвитку технологій штучного інтелекту.

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR MINERAL RESOURCE ESTIMATION

*Bariatska N., Dr. Sci. (Geol.), BariatskaN@gmail.com;*

*Safronova N., Isanige80@gmail.com;*

*Softmine LLC, Kyiv, Ukraine*

Artificial intelligence (AI) is developing rapidly and has already been successfully used in geology and mining. Artificial intelligence application for mineral resource estimation is discussed by the example of the innovative Micromine Grade Copilot tool, which utilises neural networks and machine learning. The modelling is based on a database of samples or geological intervals by specified parameters, resulting in a categorical (geological) or numerical (resource) block model. Comparison of the results of the Micromine Grade Copilot simulation with the results of geologists showed the ability of artificial intelligence to summarise large amounts of professional experience information and reproduce it in similar tasks. Artificial intelligence enhances but does not replace human expertise, and its use has some risks of reducing the geologist's involvement. The most successful is clearly the combination of human creativity and imagination with the ability of artificial intelligence to summarise huge amounts of information. Due to their complexity and multifactorial nature, the geological and mining industries have great prospects for the further development of artificial intelligence technologies.

**Історія штучного інтелекту** бере початок у 50-х роках ХХ сторіччя, коли було впроваджено цей термін та було створено тест для “обчислювальних машин” на інтелектуально обумовлену поведінку. У 1960-х роках з’явилися перші роботи та чат-боти, у 1970-80-тих розвиток тимчасово призупинився і настала “зима штучного інтелекту”. Для 1990-тих характерним є поява машинного навчання, для 2000-них - великих даних, у 2000-х з’являється глибоке машинне навчання, а у 2010-х - генеративний штучний інтелект. Загалом розвиток штучного інтелекту мав періоди інтенсивного розвитку, відносного занепаду і у 21 сторіччі демонструє тенденції до глобального застосування та технологічних перегонів (рис. 1).

Штучний інтелект успішно використовується у геології та видобуванні корисних копалин, спрощуючи та прискорюючи повсякденні операції та процеси [10]. Технології машинного навчання застосовуються у геологічній документації керну для виділення літологічних різновидів, виявлення окремих мінералів та самородних елементів, а також визначення інтервалів опробування. Штучний інтелект дозволяє збирати і обробляти величезні обсяги дистанційного зондування, аеро-космічних та геофізичних зйомок з метою картографування та прогнозування перспективних ділянок для пошуку корисних копалин [5].

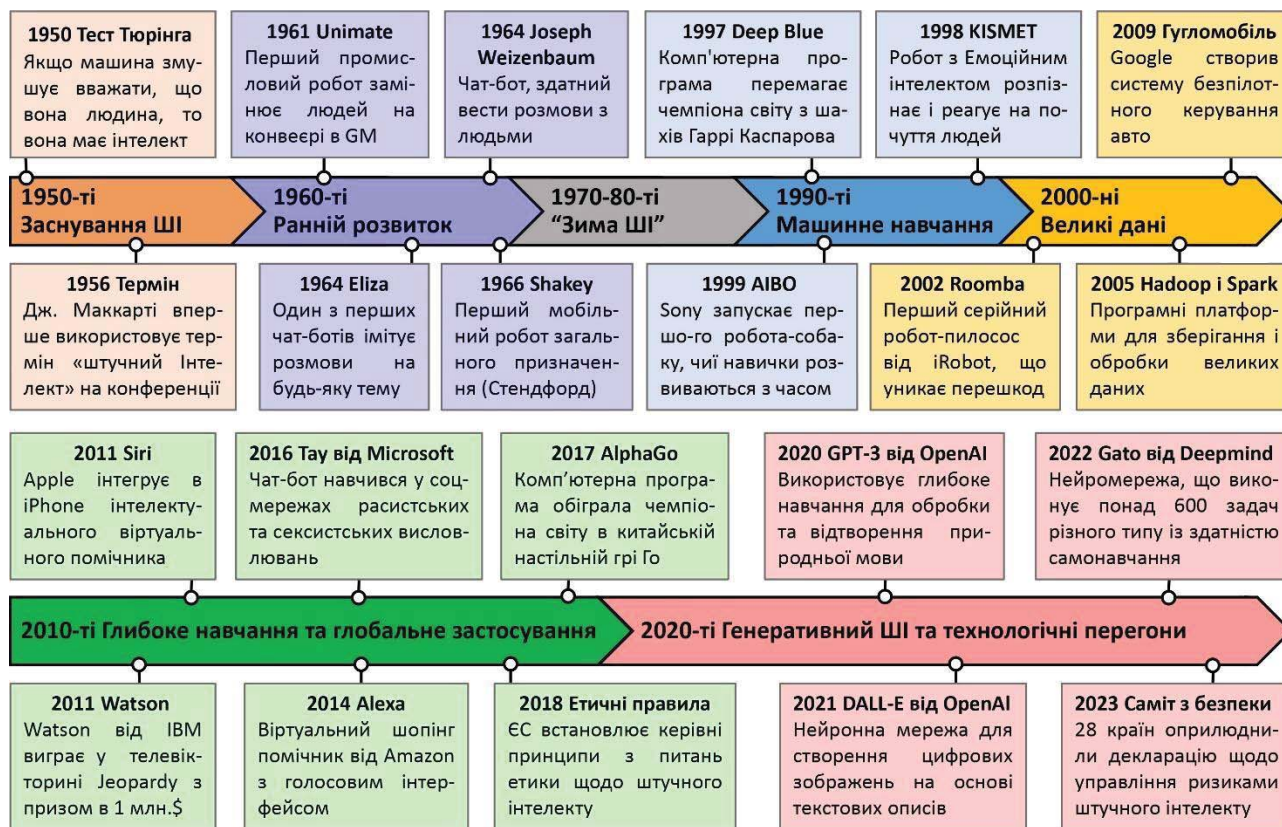


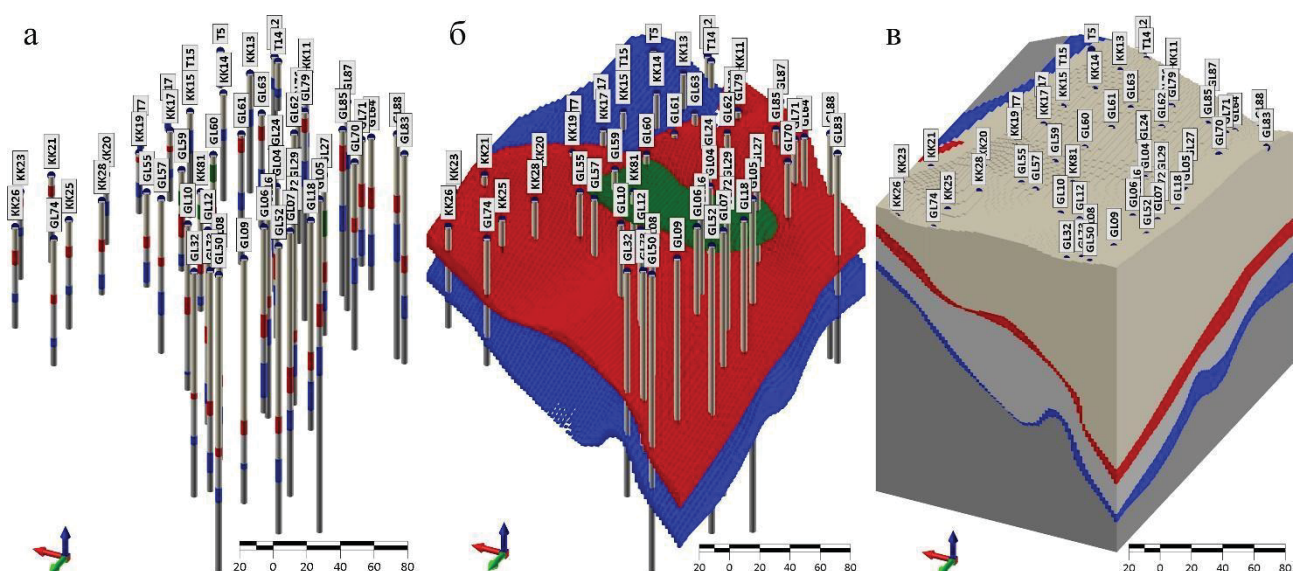
Рис. 1. Хронологія розвитку штучного інтелекту

Сортування руд та гірських порід з використанням машинного навчання засноване на обробці даних фотоелектричних, рентгенівських та інших сенсорів для сортування за кольором, формою, текстурою, блиском, розміром, радіоактивністю та ін. Провідні виробники видобувного обладнання випускають автономні (безпілотні) транспортні засоби, роботизовані бурові установки та видобувне обладнання зі штучним інтелектом, які успішно використовуються на багатьох родовищах світу [9; 4].

**Штучний інтелект для підрахунку запасів корисних копалин.** Технології на базі штучного інтелекту широко використовуються у різноманітному програмному забезпеченні, у тому числі гірничо-геологічному. Користувачі Micromine вже успішно використовують кілька інструментів на базі штучного інтелекту. Так, Micromine Geobank Rapogama створено для автоматизації трудомістких задач обробки фотозображень керну, а Micromine Pitram виконує збір та обробку даних з бортових камер вантажівок для оптимізації процесів завантаження і транспортування на гірничодобувних підприємствах [1]. У 2023 році компанія Micromine презентувала Grade Copilot – інструмент для геологічного моделювання та підрахунку запасів корисних копалин з використанням нейромереж та машинного навчання, який має приклади успішного застосування [6; 7].

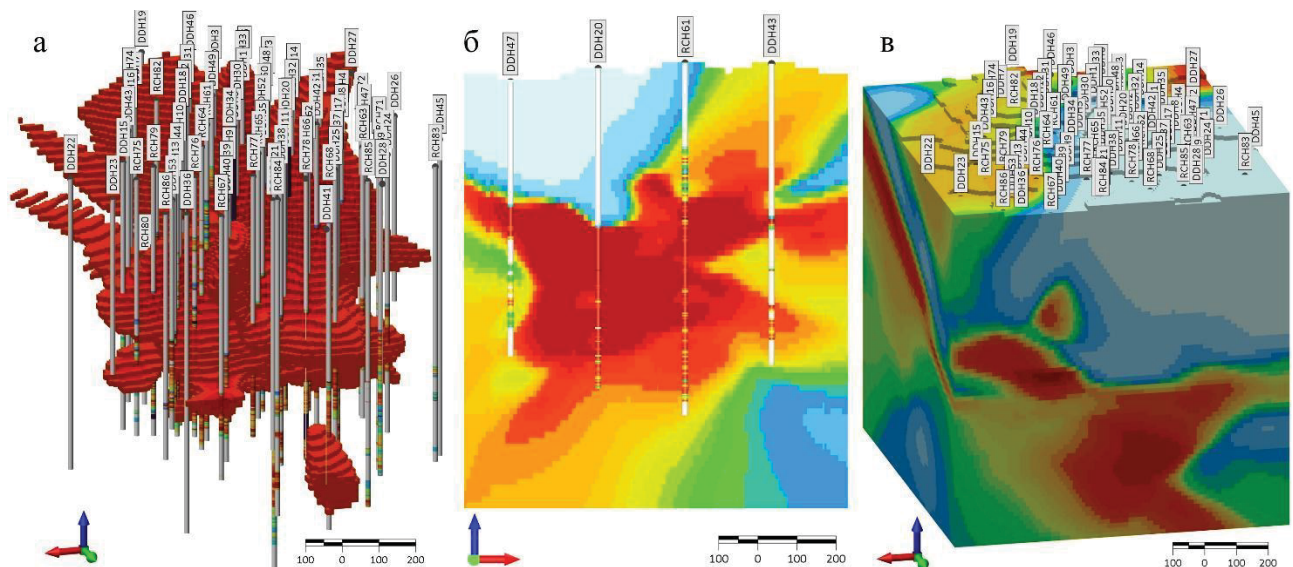
Grade Copilot може моделювати числові дані (наприклад, вмісти), або категоріальні (наприклад, літологію), або і ті, і інші одночасно (рис. 2, рис. 3). Якщо різні дані добре корелюють між собою, то їх одночасне моделювання зазвичай покращує результат, за відсутності кореляції вміст і літологію варто моделювати окремо.





**Рис. 2. Категоріальна геологічна модель:**

а – свердловини, б – модель продуктивних пластів, в – геологічна блокова модель



**Рис. 3. Числова модель за вмістами:**

а – рудне тіло, б – розріз, в – блокова модель

**Вихідними даними** є база даних проб або геологічних інтервалів (файл з XYZ координатами), що містить числове або категоріальне поле атрибуту (атрибутів) для моделювання. У якості вихідних даних можна також використовувати файл пілоотної Coriplot моделі, створеної при попередньому запуску інструменту.

**Параметри моделювання** дозволяють налаштувати процес для адекватного відображення даних, врахування додаткових факторів та отримання оптимального результату.

Згасання до фонового вмісту або категорії дозволяє приводити оцінки вмісту, що оточують рудне тіло, до фонового вмісту або категорії. Це допомагає запобігти “викидам” в екстрапольованих ділянках.

Фоновий вміст може являти собою число або категорію і визначає значення атрибуту поза межами даних.

Напрявні каркаси використовуються для скерування моделі, якщо є зв'язок між розташуванням каркаса та атрибутами, що моделюються. Це можуть бути соліди або

поверхні, але вони не розглядаються як жорсткі обмеження. Дуже ефективним є використання поверхонь контактів при створенні моделей пластів.

Трансформація простору моделі застосовується для врахування геологічної будови та зменшення впливу анізотропії, і передбачає чотири варіанти: *без коригування, на основі даних вводу* – універсальний метод, який нормалізує кожну координатну вісь незалежно на основі даних вводу, *глобальний тренд* використовує еліпс пошуку для інтерполяції, *структурний тренд* дозволяє більш точно враховувати локальну анізотропію даних і вимагає завчасно створений файл структурного тренду.

Відповідність моделі визначає наскільки змодельовані значення відображають вхідні дані і може бути *вихідною, збалансованою, розширеною або екстремальною*. Вихідна відповідність призведе до створення дуже плавної моделі, яка відображатиме загальні тенденції, але не буде точно відповідати вихідним даним. *Екстремальна* відповідність забезпечить точне відображення локальних даним, але погіршить ситуацію в проміжках між точками даних. За замовчуванням використовується *збалансована* відповідність, що є компромісом локальним даними і значеннями в області інтерполяції.

Максимальна екстраполяція – це відстань, на яку будуть екстрапольовані оцінки з вхідних даних. Блоки на відстані, що перевищують максимальну відстань екстраполяції, не будуть створені.

Обмеження поверхнею – блокова модель може бути обмежена поверхнею (рельєфу або кори вивітрювання), блоки вище цієї поверхні не створюються.

Файл моделі Copilot зберігає “навчену” модель нейронної мережі. Після завершення навчання цей файл можна використовувати у якості даних вводу, щоб згенерувати змодельовані параметри без необхідності перенавчання моделі.

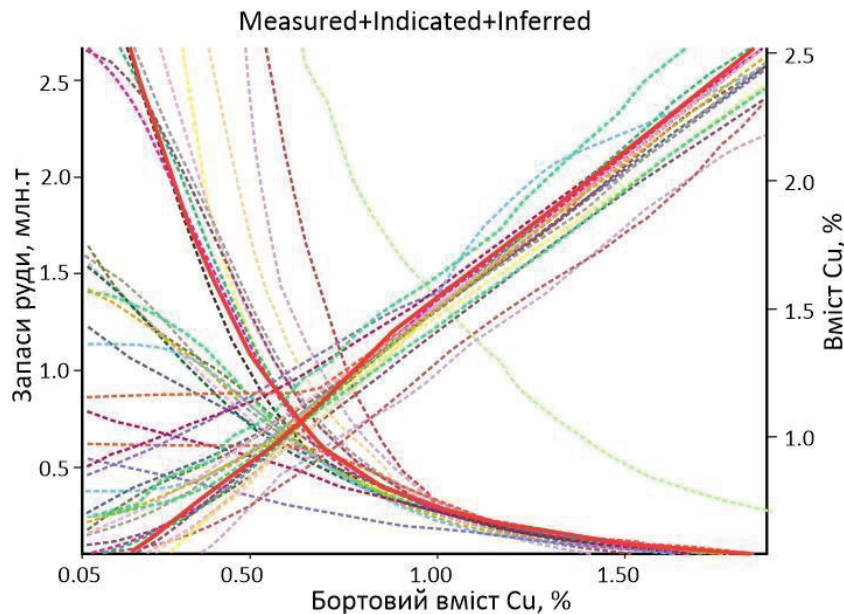
Файл блокової моделі потребує визначення її параметрів, таких як межі, розмір блоків, дискретизація, азимут та кут повороту (за необхідності).

Вивід в існуючий файл дозволяє записати змодельовані значення в існуючий файл блокової моделі або набору точок з координатами.

Після налаштування всіх параметрів, вихідні дані потрапляють до спеціального хмарного сховища, де вони обробляються нейронною мережею, а результати повертаються назад на локальний комп'ютер. Прогрес обробки у хмарі можна спостерігати на панелі завдань.

**Порівняння результатів Micromine Grade Copilot з результатами спеціалістів геологів.** У рамках конференції з оцінки мінеральних ресурсів (Mineral Resource Estimation Conference 2023, Перт, Австралія, 24-25 травня 2023 р.) було проведено спеціальний захід Parker Challenge, який мав на меті кількісно оцінити різницю в оцінці ресурсів (підрахунку запасів) 7 компонентів (Cu, Au, Mo, Ag, As, S, Fe), виконаній різними спеціалістами на основі одних і тих самих даних. Результати виявилися досить різними і були представлені зокрема у вигляді кривої вмісту-тоннажу на прикладі міді [3].

Руперт Осборн у своїй презентації щодо створення Micromine Grade Copilot на віртуальному вебінарі «Початок ери штучного інтелекту в геології» продемонстрував результати порівняння оцінки ресурсів, виконані за допомогою штучного інтелекту на основі геологічних даних Parker Challenge (рис. 4).



**Рис. 4. Крива вмісту-тоннажу результатів оцінки ресурсів у рамках Parker Challenge та з використанням штучного інтелекту (суцільна червона лінія), за даними [8]**

Як можна бачити на діаграмі, штучний інтелект показав середні результати. Необхідно відмітити, що оцінки ресурсів, виконані в рамках Parker Challenge безпосередньо не використовувались для машинного навчання Micromine Grade Copilot. Результати такого порівняння демонструють здатність штучного інтелекту узагальнювати великі обсяги попереднього досвіду спеціалістів і відтворювати його при виконанні подібних задач.

Штучний інтелект, як і інші інноваційні інструменти, доповнює, а не замінює людський досвід, дозволяючи геологам зосередитися на аналізі та прийнятті рішень. Найбільші ризики використання таких інструментів є зменшення залученості геолога та глибокого занурення у дані. Якщо погодитись, що підрахунок запасів має мистецьку і наукову (або концептуальну і емпіричну) складову [2], то людина тут відповідає за мистецтво, а штучний інтелект поряд з іншими інноваційними інструментами - за науку. Тому найбільш успішним без сумніву є поєднання творчих та креативних можливостей людини з неймовірною здатністю штучного інтелекту до узагальнення величезних обсягів інформації.

**Перспективи подальшого розвитку.** Зроблено лише перші кроки у застосуванні технологій штучного інтелекту для обробки геологорозвідувальних даних та підрахунку запасів корисних копалин, подальший розвиток сприятиме більш широкому застосуванню та вдосконаленню інструментів. Найбільш перспективними напрямками тут можуть бути наступні:

- можливість вибирати/додавати дані вручну,
- керування кількома наборами даних,
- додавання геологічних та структурних границь, меж кар'єрів або ліній виїмки, зон виключення тощо,
- прямий доступ до проміжних даних (відкритий капот),
- вдосконалення та розширення параметрів моделювання,
- визначення параметрів композитування та блокового моделювання,
- поетапне моделювання з можливістю використання попередніх етапів навчання для поступового вдосконалення моделі,
- попередня оцінка приблизного часу обробки,
- створення звітів про збої, використання даних та ін.

Розширення застосування технологій штучного інтелекту у гірничодобувній галузі може відбуватися у таких сферах:



- Моніторинг довкілля: аналіз даних для моніторингу впливу гірничодобувної діяльності на екосистеми, прогнозування екологічних ризиків і розробки стратегій для пом'якшення негативних наслідків.

- Підвищення безпеки за рахунок прогнозування потенційних загроз та автоматизації небезпечних завдань, використання систем моніторингу для аналізу даних з датчиків для виявлення потенційних загроз або збоїв у роботі обладнання, застосування роботизованого обладнання для проведення перевірок у небезпечних зонах, знижуючи ризик для людей.

- Колаборативні роботи, призначені для співпраці з людиною у виконанні завдань, які є небезпечними або неможливими для людини.

- Проектування рудників: генеративні моделі штучного інтелекту дозволять створювати ефективні проекти, враховуючи методи видобутку, вибір обладнання, інфраструктуру, капітальні та операційні витрати. Здатність оцінювати сотні і тисячі сценаріїв допоможе визначати найбільш ефективні та економічно вигідні проекти гірничодобувного підприємства для конкретних родовищ.

- Планування гірничих робіт: методи стохастичного планування дозволять отримувати оптимальне рішення з урахуванням безлічі невизначеностей та оновлювати дані в режимі реального часу, які реагуватимуть на мінливі умови видобутку корисних копалин.

- Цифрові двійники гірничодобувних підприємств дозволять моделювати та імітувати стан, зміни і продуктивність цілих гірничодобувних комплексів, оптимізувати роботу, прогнозувати збої та тестувати різні сценарії для покращення прийняття рішень.

#### **Список використаних джерел:**

1. AI and ESG Innovations Headline Micromine's 2024 Release // <https://www.micromine.com/ai-esg-innovations-headline-micromine-2024-release/>
2. Coombes, J. I'd like to be OK with MIK, UC?: A Critique of Mineral Resource Estimation techniques, 2016 // [www.coombescapability.com.au](http://www.coombescapability.com.au)
3. Dunham S. Parker Challenge Thoughts (the first bit), 2023 // <https://www.linkedin.com/pulse/parker-challenge-thoughts-first-bit-scott-dunham/>
4. Gaber et al. Autonomous Haulage Systems in the Mining Industry: Cybersecurity, Communication and Safety Issues and Challenges // *Electronics*, 2021, 10. 1357.
5. Janga B, Asamani G. P., Sun Z. and Cristea N. A Review of Practical AI for Remote Sensing in Earth Sciences // *Remote Sen Sensing*. 2023, 15, 4112.
6. Mah D. Redefining how Resource Geos experience their work (Endeavour Silver Corp), 2024//[https://experience.micromine.com/grade-copilot?\\_gl=1\\*t83pmn\\*\\_gcl\\_au\\*MTcwNjMxMDYwMy4xNzI2NDcyNDgx\\*\\_ga\\*MjA4MzIyMTg2MC4xNjk5ODE3NjA4\\*\\_ga\\_5JQSXNMCRQ\\*MTcyNzAxMDI2OS45Mi4xLjE3MjcwMTA5NzUuNTQuMC45NjM0NjI3NDE](https://experience.micromine.com/grade-copilot?_gl=1*t83pmn*_gcl_au*MTcwNjMxMDYwMy4xNzI2NDcyNDgx*_ga*MjA4MzIyMTg2MC4xNjk5ODE3NjA4*_ga_5JQSXNMCRQ*MTcyNzAxMDI2OS45Mi4xLjE3MjcwMTA5NzUuNTQuMC45NjM0NjI3NDE)
7. Masters S. How AI helps Geologists to quickly see and test patterns – Micromine Origin Grade Copilot Case Study, 2024// <https://www.micromine.com/blog-how-ai-helps-geologists-to-quickly-see-and-test-patterns/>
8. Osborn R. The Making of Micromine Origin Grade Copilot: An AI-enabled Geology Modeller, 2024 // <https://www.micromine.com/the-dawn-of-ai-for-geology/>
9. Simonite T. Mining 24 Hours a Day with Robots, 2016// <https://www.technologyreview.com/2016/12/28/154859/mining-24-hours-a-day-with-robots/>
10. Wang H, Morra G. Artificial Intelligence in Geosciences // *Artificial Intelligence in Geosciences Volume 1*, December 2020, Pages 52-53 <https://doi.org/10.1016/j.aiig.2021.02.001>



## ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВОЛИНСЬКОГО ТИТАНОНОСНОГО РАЙОНУ

*Охоліна Т.В., к. геол. н., svilya@ukr.net;*  
*Кузьманенко Г.О., к. геол. н., geology7@ukr.net;*  
*Мережко М.Д., аспірант, geoinsgeo@gmail.com,*  
*Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна*

Запропоновано один з методів геолого-економічної оцінки родовищ і проявів титанових руд – ранжування за бальною шкалою на прикладі Волинського титанового району. Проведено систематизацію наявних даних щодо кількісних і якісних характеристик 18 титанових родовищ різного генезису.

Підібрано комплекс геолого-промислових параметрів, відомих для всіх об'єктів, які є найбільш показовими та важливими для рейтингової оцінки. Виділено групу з максимальною кількістю балів, яку рекомендовано для подальшого промислового освоєння або детальної розвідки. Це об'єкти із сумою балів вище 70. Для першочергового геологічного і технологічного вивчення найбільший інтерес становлять розсипні родовища: Правобережне (84 балів), Межиріченське (80 балів), Поромівське (71 бал), Злобицьке (70 балів) та Іванівський розсип (74 бали). За умови впровадження сучасних технологій освоєння корінних родовищ, можна рекомендувати Стремигородське родовище, що отримало 94 бали, як можливий об'єкт інвестування.

## GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE VOLYN TITANIUM-BEARING DISTRICT

*Okholina T., Cand. Sci. (Geol.), svilya@ukr.net;*  
*Kuzmanenko H., Cand. Sci. (Geol.), geology7@ukr.net;*  
*Marezhko M., postgraduate, geoinsgeo@gmail.com,*  
*Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

One of the methods of geological and economic assessment of deposits and manifestations of titanium ores is proposed - ranking on a point scale using the example of the Volyn titanium-bearing district. Systematization of the available data on the quantitative and qualitative characteristics of 18 titanium deposits of various genesis was carried out.

A complex of geological and industrial parameters, known for all objects, which are the most indicative and important for the rating assessment, has been selected. The group with the maximum number of points is selected, which is recommended for further industrial development or detailed exploration. These are objects with a sum of points above 70. For the primary geological and technological study, the placer deposits of greatest interest are: Pravoberezhne (84 points), Mezhyrichenske (80 points), Poromivske (71 points), Zlobytske (70 points) and Ivanivsky placer (74 points). Under the condition of the introduction of modern technologies for the development of indigenous deposits, it is possible to recommend the Stremyhorod deposit, which received 94 points, as a possible investment object.

**Вступ.** Титанові руди належать до стратегічної мінеральної сировини [3]. Розвиток титанової промисловості України для забезпечення високотехнологічних галузей (обороноздатність, медицина, літакобудування, хімічна промисловість тощо) залишається одним із пріоритетних завдань економіки нашої держави.

Упродовж багатьох десятиліть геолого-економічна оцінка родовищ базувалася на стандартних підходах, які передбачали детальне вивчення кожного родовища окремо, без порівняння його з іншими об'єктами. Хоча цей підхід дозволяв отримати точні дані про запаси та можливий прибуток, він мав суттєві обмеження, які стають особливо помітними на сучасному етапі розвитку галузі. Сучасні методики, такі як ранжування за бальною шкалою, значно підвищують ефективність і об'єктивність геолого-економічної оцінки, відкриваючи нові можливості для розвитку видобувної промисловості.

Запропонований підхід має кілька значних переваг. По-перше, методика вирізняється простотою і зрозумілістю, що дозволяє легко застосовувати її на практиці та швидко отримувати зрозумілий результат. По-друге, цей підхід забезпечує об'єктивність, оскільки використання чітких критеріїв для оцінки кожного показника мінімізує суб'єктивні впливи на результат. Крім того, методика відзначається гнучкістю: її можна легко адаптувати до різних типів родовищ та умов їх розробки, що дозволяє застосовувати її в різних геологічних

контекстах. Нарешті, ранжування за бальною шкалою забезпечує високу швидкість проведення оцінки родовищ, що є важливим у процесі прийняття інвестиційних рішень.

Методика ранжування за бальною шкалою ґрунтується на всебічному аналізі ключових геологічних, технологічних і економічних показників, що забезпечує об'єктивну оцінку перспективності кожного родовища (табл. 1). Попередньо автори вже випробували цю методику для оцінки родовищ титану, використовуючи трибальну шкалу, при аналізі об'єктів Новомиргородського титаноносного району [2].

Таблиця 1

**Показники оцінювання родовищ і проявів титану**

№ п.п	Параметри оцінювання	Максимальна кількість балів
1	Об'єм геологічних запасів пісків, тис.м <sup>3</sup>	10
2	Об'єм геологічних запасів ільменіту, тис.т.	10
3	Об'єм геологічних запасів двоокису титану, тис.т	10
4	Оптимальна продуктивна потужність підприємства, тис.м <sup>3</sup> /року	10
5	Оптимальний термін експлуатації	10
6	Вміст ільменіту пісках, кг/м <sup>3</sup>	5
7	Вміст TiO <sub>2</sub> в ільменіті, %	5
8	Середня товщина пласта, м	5
9	Промисловий вміст супутніх компонентів	5
10	Вміст шкідливих домішок, %	5
11	Коефіцієнт розкриву	5
12	Складність геологічної будови	10
13	Промислове значення	5

Для Волинського титаноносного району розроблена система оцінки родовищ за 13 ключовими показниками. Основна частина параметрів (об'єм геологічних запасів, термін експлуатації, виробнича потужність тощо) оцінювалася за десятибальною шкалою, оскільки багато родовищ мають схожі характеристики. Однак, для деяких показників, зокрема таких як вміст ільменіту в пісках, вміст TiO<sub>2</sub> в ільменіті, середня товщина пласта, промисловий вміст супутніх компонентів та вміст шкідливих домішок, застосовувалася п'ятибальна шкала. Кожному родовищу присвоювалися бали за цими критеріями, після чого підраховувалася їх загальна сума. Більша кількість балів вказувала на вищу перспективність родовища для подальшого освоєння.

Для кожного родовища за показниками, які наведені в табл. 1, були проведені розрахунки та внесені в табл. 2.

Таблиця 2

**Ранжування родовищ і проявів титану в межах Волинського титаноносного району за ознаками, які визначають їх промислову цінність**

Родовище, розсип	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Розсипні родовища та рудопорояви														
<b>Родовища що розробляються</b>														
Лемненське	1	1	1	1	1	2	3	3	1	2	4	10	2	32
Межиріченське	10	9	10	10	10	3	3	3	1	2	4	10	5	80
Валки-Гацківське	3	3	3	5	3	3	2	5	1	5	5	8	2	48
<b>Розвідані</b>														

Злобицьке	7	6	8	9	7	3	2	3	5	5	3	8	4	70
Тростянецьке	3	4	4	3	3	5	3	3	5	1	4	8	3	49
Лівобережне	3	2	2	5	3	1	3	3	1	5	5	10	2	45
Поромівське	6	6	7	8	7	3	3	5	1	5	5	10	4	71
<b>Опошуквані</b>														
Красноріченське	2	3	3	3	2	4	2	5	1	5	5	7	2	44
Правобережне	9	10	10	9	9	3	3	5	1	5	5	10	5	84
Ушицький	4	3	3	7	5	3	1	3	1	5	3	9	2	49
Іванівський	7	6	9	9	8	3	4	3	1	5	4	10	5	74
Ставищанський	3	2	2	3	3	4	3	2	4	2	4	9	2	42
Селищанський	5	5	5	8	6	4	3	3	1	5	1	7	3	56
<b>Корінні та залишкові родовища</b>														
Стремигородське	10	10	10	10	10	8	4	5	5	4	5	8	5	94
Видибірське	6	6	8	6	9	6	4	4	5	4	4	8	4	74
Федорівське	6	8	8	6	9	6	4	4	5	4	5	8	4	77
Торчинське	4	4	7	4	8	10	4	1	5	4	2	9	4	66
Лемненське	8	2	6	8	9	7	4	1	5	4	3	9	3	69

## Висновки

В результаті проведеного ранжування родовищ та проявів титану в межах Волинського титаноносного району можна виділити групу об'єктів з максимальною кількістю балів, які є найбільш інвестиційно привабливими (Рис. 1).

Це об'єкти із сумою балів понад 70. Найбільший інтерес становлять розсіпні родовища: Правобережне (84 балів), Межиріченське (80 балів), Поромівське (71 бал), Злобицьке (70 балів) та Іванівський розсіп (74 бали). За умови впровадження сучасних технологій освоєння корінних родовищ, можна рекомендувати Стремигородське родовище, що отримало 94 бали, як можливий об'єкт інвестування.

Особливо варто звернути увагу на Стремигородське родовище, яке отримало найвищий результат (94 бали). Це корінне родовище має великі запаси і може стати ключовим об'єктом для інвестування, особливо за умови впровадження сучасних технологій видобутку та переробки. Враховуючи складність його геологічної будови, застосування передових технологій може суттєво підвищити ефективність його освоєння.

Важливо зазначити, що використання методики рейтингової оцінки не лише дозволяє об'єктивно порівнювати родовища з різним ступенем вивченості, але й сприяє прийняттю зважених інвестиційних рішень. Такий підхід може бути особливо корисним у випадках, коли інформація про об'єкти є обмеженою, оскільки він дає змогу визначити найбільш перспективні родовища для подальшого розвитку.

Крім того, методика, застосована у даному дослідженні, може бути використана для оцінки перспективності інших мінерально-сировинних об'єктів в Україні та за її межами. Це підкреслює її універсальність і значущість для подальших наукових досліджень і практичних застосувань у сфері видобутку корисних копалин.

Таким чином, проведене дослідження не лише виділяє найбільш перспективні родовища Волинського титаноносного району, але й надає практичні рекомендації для інвесторів і підприємств, що планують розробку цих об'єктів. Висновки цього дослідження можуть стати основою для стратегічного планування в галузі видобутку титану та інших корисних копалин.

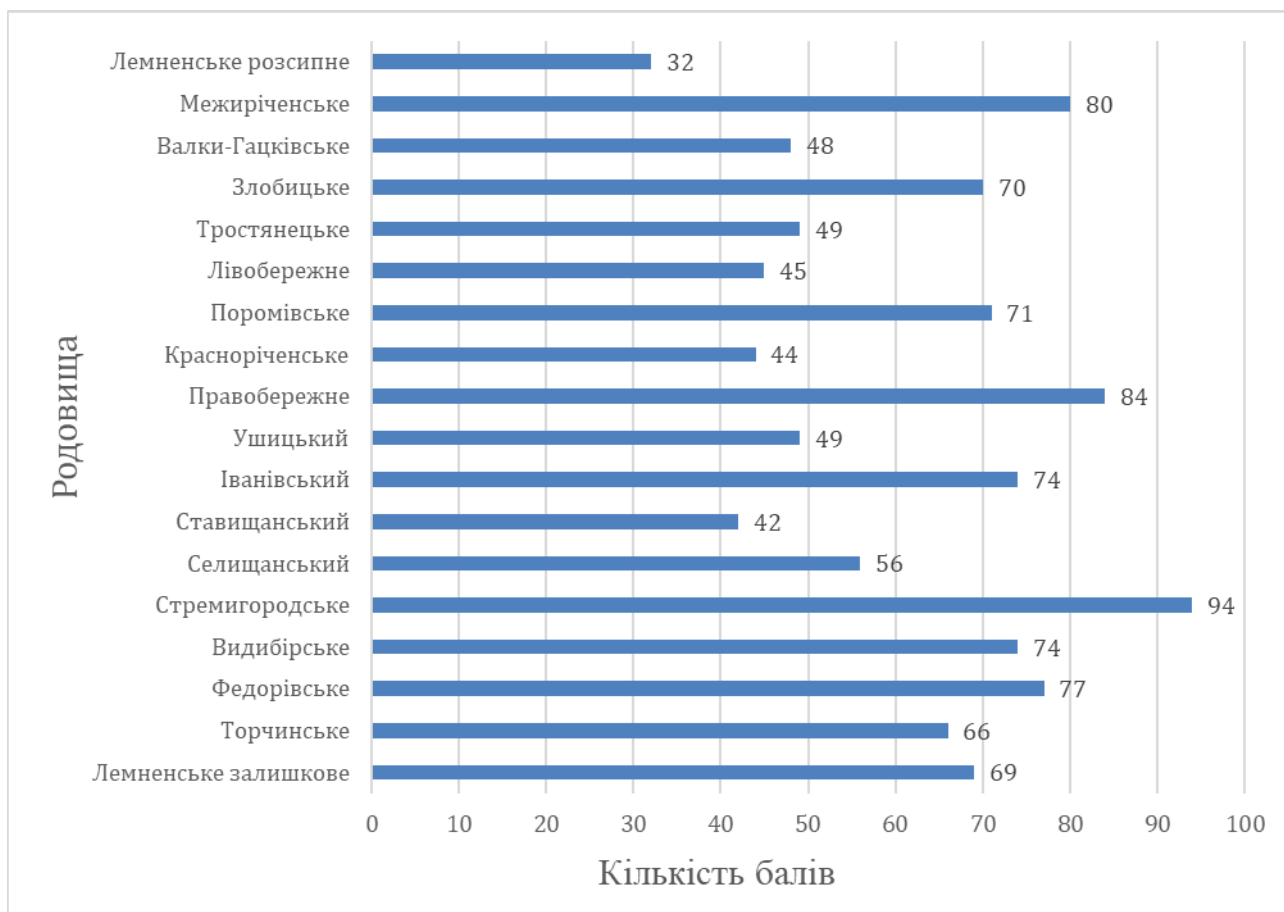


Рис. 1. Розподіл балів між різними родовищами Волинського титаноносного району

#### Список використаних джерел:

1. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 5 травня 1997 р. N 432 ( 432-97-п).
2. Охоліна Т., Кузьманенко Г. Порівняльна геолого-економічна оцінка родовищ титану України на прикладі Новомиргородського розсипного район. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Геологія.* 2023. № 3 (102). С. 69-73.
3. Рудько Г.І., Бала Г.Р. (2021). Критична мінеральна сировина та її перспективи в Україні. *Мінеральні ресурси України*, 2, 3–14.

*Робота профінансована за рахунок програми “Наукові і науково-технічні (експериментальні) роботи за пріоритетним напрямом “Технології пошуку, видобутку, переробки та використання критичних корисних копалин, проблеми оцінювання, збереження та повоєнного відновлення довкілля» на 2023-2024 рр.” “Стратегічна мінеральна сировина для відновлення економіки України: аналіз ресурсів та запасів, розробка критеріїв пошуку для нарощування їх мінерально-сировинної бази” Державний реєстраційний номер: 0123U100855*



## **ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕДУРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ І КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ (QA/QC) ШЛЯХОМ ДУБЛЮВАННЯ «ІСТОРИЧНИХ» СВЕРДЛОВИН (НА ПРИКЛАДІ РОЗВІДКИ ПОЛОХІВСЬКОГО РОДОВИЩА)**

*Слободян Б.І.<sup>1</sup>, sbiv@ukr.net, Гейченко М.В.<sup>2</sup>, geich@ukr.net,*

*1 – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України,  
м. Київ, Україна,*

*2 – ТОВ «Укрлітійвидобування», Кіровоградська область, смт. Мала Віска, Україна*

Викладено окремі практичні аспекти застосування процедур QA/QC шляхом дублювання «історичних» свердловин при дорозвідці Полохівського родовища літію. Зазначені процедури є обов'язковими при відсутності ядерного матеріалу та дублікатів проб «історичних» свердловин. Показано процедуру вибору свердловин для дублювання та методики їх порівняння. По більшості родовищ корисних копалин в Україні, які опошуквані і розвідані в «радянські» часи, відсутня первинна геологічна інформація у вигляді керну і дублікатів проб. Тому єдиним методом забезпечення і контролю якості результатів «історичного» буріння є дублювання свердловин. Зазначені методичні підходи до вирішення завдань якості удосконалюватимуть і підвищуватимуть достовірність даних при геологічному вивченні родовищ корисних копалин.

## **APPLICATION OF THE QUALITY ASSURANCE AND QUALITY CONTROL (QA/QC) PROCEDURE BY DUPLICATING «HISTORICAL» WELLS (ON THE EXAMPLE OF EXPLORATION OF POLOHIVSKY FIELD)**

*Slobodian B.<sup>1</sup>, sbiv@ukr.net, Geichenko M.<sup>2</sup>, geich@ukr.net,*

*1 – Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation named after M.P.Semenenko  
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*2 – UkrLithiumMining LLC (ULM), Kirovohrad Region, village Mala Viska, Ukraine*

Some practical aspects of the application of QA/QC procedures by duplicating "historical" wells in the exploration of the Polokhiv lithium deposit are outlined. The specified procedures are mandatory in the absence of core material and duplicate samples of "historical" wells. The procedure for selecting wells for duplication and the methods of their comparison are shown. Primary geological information in the form of cores and duplicate samples is missing for most of the mineral deposits in Ukraine, which were searched and explored in the "Soviet" times. Therefore, the only method of ensuring and controlling the quality of the results of "historical" drilling is duplication of wells. The specified methodical approaches to solving quality problems will improve and increase the reliability of data in the geological study of mineral deposits.

**Вступ.** За попередні роки в Україні розвідано і оцінено пошуковими роботами тисячі родовищ і рудопроявів рудних і нерудних корисних копалин. Значна частина з них пройшла експертизу в ДКЗ Радянського Союзу і України і прийнята на Державний Баланс родовищ корисних копалин. Методологічною основою їх геологічного вивчення (в тому числі і в роки незалежності України) були «радянські» інструкції і методики виконання геологічних досліджень. Ці «радянські» нормативні документи суттєво відрізняються від сучасних, прийнятих в міжнародній практиці оцінки ресурсів, які викладені в JORC Code, NI 43-101 та інших Кодексах. Ключова різниця полягає в методах, принципах і підходах до забезпечення якості і контролю якості (в міжнародних Кодексах іменується QA/QC). Цей факт робить практично неможливим «камеральну» трансформацію запасів затверджених і оцінених за «радянськими» стандартами у відповідні ресурси і запаси JORC Code, NI 43-101 та інших. Відсутність оцінки мінеральних ресурсів і запасів корисних за міжнародними стандартами (JORC Code, NI 43-101 та інші) є одним із основних стримуючих факторів залучення інвестицій від провідних гірничорудних компаній світу.

В повній мірі це стосувалось і Полохівського родовища літію. Типовими для родовищ України є основні етапи геологічного вивчення:

– родовище було відкрито під час проведення прогнозно-геологічних робіт масштабу 1:50 000 в південно-західній частині Корсунь-Новомиргородського плутону в 1989-1994 рр.

під керівництвом П.Ф. Кинякіна (ДГП «Кіровгеологія»). З 1990 по 1993 роки на родовищі (в рамках того ж титулу) були проведені роботи, які можна визначити як пошуково-оцінювальні. Виконано підрахунок запасів, складено техніко-економічну доповідь і підготовлено матеріали для ТЕО [1];

– у 2011 та 2016 роках були виконані попередня і повторна геолого-економічні оцінки (протоколи ДКЗ № 2641-ДСК від 09 серпня 2011 р. та 3668-ДСК від 29 вересня 2016 р.). Запаси і ресурси апробовані та класифіковані за категоріями С<sub>2</sub> і Р<sub>1</sub>;

– у 2017-2018 роках виконано детальну розвідку, в процесі якої пробурено 6 розвідувальних свердловин. За її результатами запаси затверджені та класифіковані за категоріями С<sub>1</sub> і С<sub>2</sub> (протокол ДКЗ № 4479-ДСК від 21 серпня 2018).

В подальшому, на основі наявних матеріалів, були неодноразові спроби (за допомогою компетентної персони) виконати оцінку ресурсів згідно JORC Code 2012 та їх класифікацію на рівнях передбачувані (inferred), вказані (indicated), виміряні (measured). Ці спроби виявились безрезультатними. Максимальна досягнута класифікація – потенціал для розвідки. Головним негативним фактором стала відсутність процедури QA/QC при вивченні родовища.

У 2019-2020 роках ТОВ «ГЕО-КРАТОН», відповідальний виконавець В.О. Парфенюк, була виконана дорозвідка (на основі вимог JORC Code 2012), в процесі якої пробурено 8 розвідувальних свердловин, в тому числі 4 дублюючі свердловини. За результатами робіт ресурси Полохівського родовища класифіковані компетентною персоною на рівнях передбачувані (inferred) та вказані (indicated).

**Мета досліджень.** Розробка процедур забезпечення якості і контролю якості(QA/QC) шляхом дублювання «історичних» свердловин при розвідці Полохівського родовища. Оцінка достовірності даних «історичного» буріння.

**Об'єкти і методика досліджень.** Об'єкт досліджень – гірські породи, літєві руди і рудні тіла «історичних» і дублюючих свердловин Полохівського родовища літію.

#### **Методи та матеріали.**

Методологічною основою дослідження став наступний комплекс методів:

- теоретичні методи – формалізація, гіпотетичний та дедуктивний;
- емпіричні методи – спостереження, порівняння та опис, вимірювання;
- загально логічні методи – синтез, аналогія, моделювання.

Матеріалом для цього дослідження були результати дорозвідки Полохівського родовища у 2019-2020 роках.

#### **Результати досліджень.**

Вимоги міжнародних Кодексів (NI-43-101, JORC..) – Супровід геологорозвідувальних робіт програмами достовірності та якості: «Програми контролю достовірності повинні систематично виконуватися як частина будь-якої програми геологорозвідувальних робіт. Така програма має підтвердити достовірність відбору проб, їх збереження, підготовки проб та аналітичних досліджень.» [2]. Загальну характеристику програми забезпечення і контролю якості, за матеріалами [3], наведено в табл. 1.

**Таблиця 1**

**Загальна характеристика програми QA/QC.**

N	Види контролю	Методи і засоби контролю:
1	Аналіз даних розвідки минулих років	Дублювання свердловин, переопробування керну, дублікатів
2	Топографічна зйомка	10-20 % контрольної зйомки іншим приладом (іншим підрядником)
3	Буріння	Завірювальні роботи (здвоєні свердловини, контроль інклінометрії – 10-20%)
4	Відбір проб	Правильність нанесення лінії розпилу, відбір польових дублікатів, контроль ваги (рядової проби та дублікату)

5	Пробопідготовка	Контроль забруднення, контроль правильності підготовки проби: використання бланків, дублікатів дроблення, ситовий контроль
6	Аналітичні роботи	Контрольні проби – стандарти, бланки, дублікати стирання
7	Інтерпретація результатів – моделювання та підрахунок ресурсів	Завірення бази даних для моделювання
8	Звіт про Мінеральні Ресурси	Завірювальне моделювання іншим методом

**Аналіз даних розвідки минулих років.** Підрахунок запасів і оцінка ресурсів Полохівського родовища, в «історичний період», базувалась на результатах буріння **18 глибоких свердловин** загальним обсягом **8326,0 п. м.** Первинний геологічний матеріал у вигляді керну свердловин, або дублікатів проб не зберігся. Тому єдиним методом контролю і аналізу даних розвідки минулих років було буріння дублюючих свердловин. Для контролю було вибрано **4 свердловини (22 %)**, пробурені в різні роки, на різних стадіях вивчення родовища, які розкрили рудні тіла. Характеристика про дубльованих свердловин наведено в табл. 2.

**Таблиця 2**

**Загальна характеристика дубльованих свердловин**

N	Номер свердловини	Рік буріння	Цільове призначення	Глибина,м	Сумарна потужність рудних перетинів,м
1	26-90	1990	Пошукова	520,60	126,20
2	7-92	1992	Пошуково-оцінювальна	558,20	249,70
3	21-92	1992	Пошуково-оцінювальна	465,50	66,50
4	42-96	1996	Технологічна	312,10	43,00
				<b>1856,40</b>	<b>485,40</b>

Як видно з таблиці, сумарний обсяг глибини дубльованих свердловин склав 1856,4 п.м., тобто **22%** від загального обсягу «історичного» буріння.

Аналіз і співставлення продубльованих свердловин виконувався по геолого-геохімічним розрізам колонок і по характеристикам рудних перетинів. В якості прикладу наведено характеристики та співставлення результатів по свердловині 7-92(історична) і 7-92-19 (дублююча) (рис. 1, 2; табл. 3, 4).

**Таблиця 3**

**Параметри свердловин і характеристика аналітичних досліджень**

Тип свердловини	Номер свердловини	Глибина, м	Почат. азимут	Почат. Кут	Виконавець буріння, рік	Виконавець хімічних аналізів	Метод хіманалізу	Діапазон відхилення між стовбурами, м
«історична»	7-92	558,2	60 <sup>0</sup>	76,9 <sup>0</sup>	КП Кіровгеологія, 1992	ЦЛ Кіровгеологія, 1992	Полум'яно фотометричний на Li,Rb,Cs	Від 2,0 до 15,0
дублююча	7-92-19	534,0	62 <sup>0</sup>	75 <sup>0</sup>	Позітіф Дрілінг, Туреччина, 2019	Бюро Верігас Канада	ICP на 45 елементів (методики МА200 і МА370)	

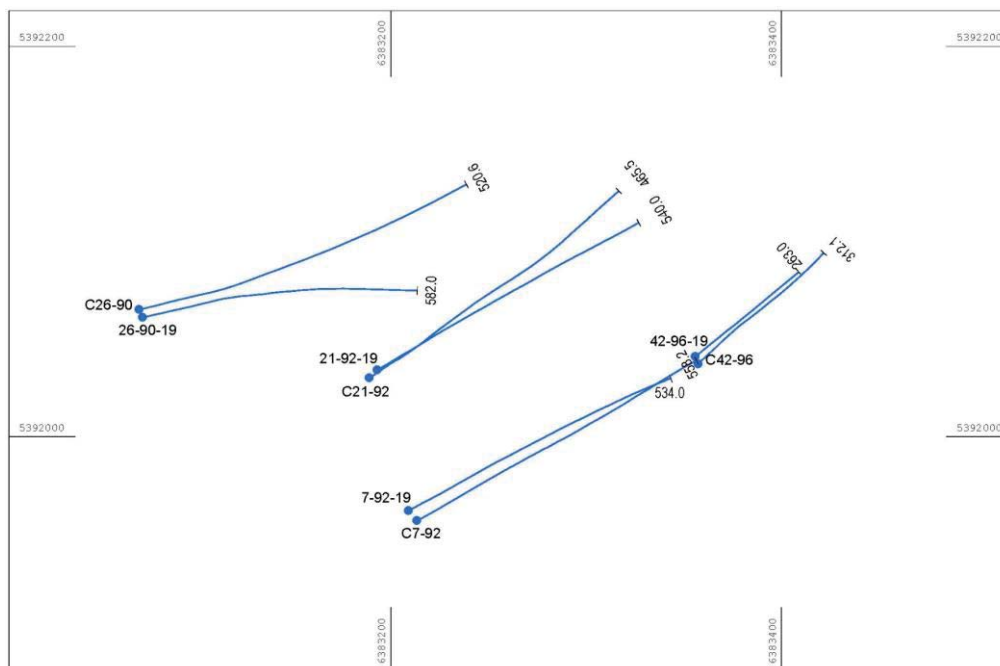


Рис. 1. Просторове положення історичних і дублюючих свердловин у горизонтальній площині

Характеристика і порівняння рудних покладів, розкритих свердловинами 7-92 і 7-92-19 наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Характеристика рудних покладів «історичної»(7-92) і дубльованої(7-92-19)свердловини

Свердловина 7-92					
ч/ч	інтервал , м		потужність,м	середній вміст	
	від	до		Li2O	метро/%
1	66,20	131,40	65,20	1,4480	94,4096
2	338,2	340,5	2,30	1,4320	3,2936
3	352,30	433,60	81,30	1,3620	110,7306
4	440,70	541,60	100,90	1,4610	147,4149
Разом			249,70	1,4251	355,8487

Свердловина 7-92-19					
ч/ч	інтервал , м		потужність,м	середній вміст	
	від	до		Li2O	метро/%
1	62,50	137,00	74,50	1,3400	99,8300
2	348,50	383,00	34,50	1,2300	42,4350
3	392,00	505,00	113,00	1,4000	158,2000
4	510,00	534,00	24,00	1,1900	28,5600
Разом			246,00	1,3375	329,0250



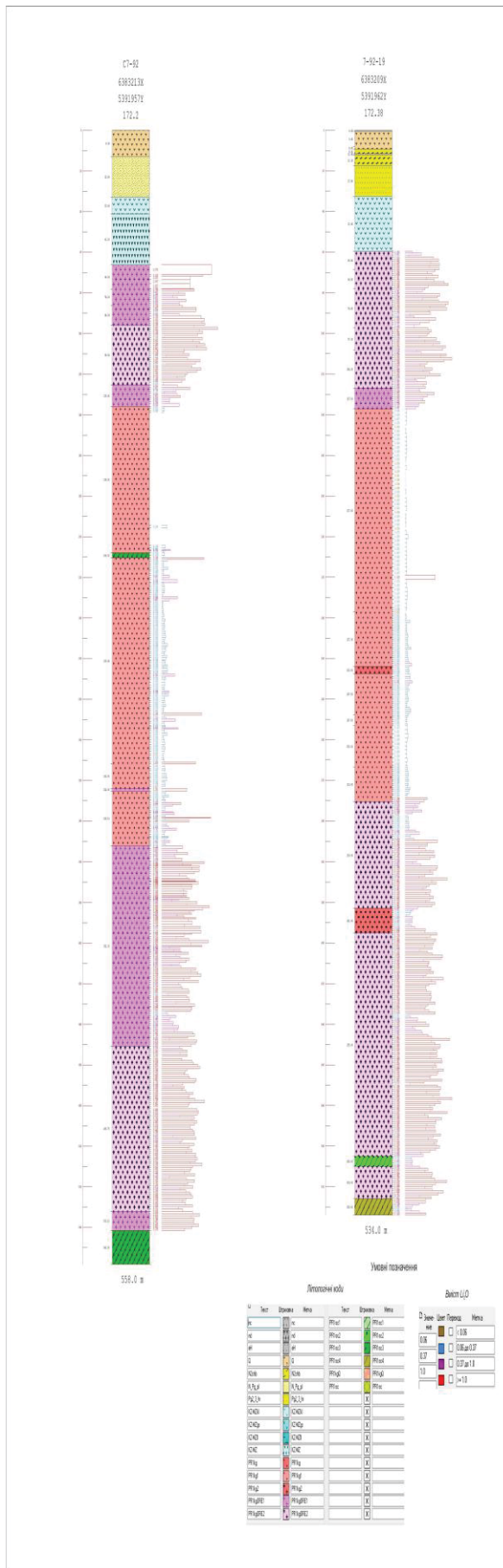


Рис. 2. Геолого-геохімічні колонки свердловин 7-92 і 7-92-19

На рис. 2 наведено геолого- геохімічні колонки з яких видно тотожність геологічних розрізів «історичної» свердловини 7-92 і дублюючої 7-92-19.

Обидві свердловини розкрили потужні жило-, лінзоподібні поклади петалітових літєвих руд.

Отримані геологічні дані і результати аналітичних досліджень свідчать про хорошу збіжність дублюючих та «історичних» свердловин.

### **ВИСНОВКИ**

На Полохівському родовищі, у 2019-2020 роках була проведена дорозвідка родовища літєвих руд за міжнародними стандартами оцінки ресурсів і запасів. Для забезпечення і контролю якості «історичного» буріння було виконано буріння дублюючих свердловин. Це єдина можливість забезпечення процедури QA/QC при відсутності первинної геологічної інформації у вигляді керну і дублікатів проб. Це дало змогу виконати оцінку мінеральних ресурсів згідно вимог Кодексу JORC (2012).

1 Процедура QA/QC є ключовими для можливості оцінки мінеральних ресурсів і запасів корисних копалин за міжнародними стандартами.

2 При відсутності первинної геологічної інформації у вигляді керну і дублікатів проб буріння дублюючих свердловин є необхідною складовою програми забезпечення і контролю якості.

3 Наявність оцінки мінеральних ресурсів і запасів корисних за міжнародними стандартами (JORC Code, NI 43-101 та інші) є ключовою умовою залучення інвестицій від провідних гірничорудних компаній світу.

### **Список використаних джерел:**

1. Гейченко М.В., Фалькович О.Л., Мєнасова А.Ш., Лівенцева Г.А. Сучасний стан родовищ літєвих руд в Україні. Мінералогічний журнал. Том 45, 2023 р. ст. 83-94
2. Кодекс *JORC 2012*. [https://admin.ponen.kz/uploads/files/libraryDocuments/izdanny\\_i\\_perevod\\_JORC\\_2012.pdf](https://admin.ponen.kz/uploads/files/libraryDocuments/izdanny_i_perevod_JORC_2012.pdf)
3. Pavel Mukhin, FAIG and FPONEN, 2019 p. , КазЦинк, Усть-Каменогорськ.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕДУРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ І КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ (QA/QC) ЩОДО АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ (НА ПРИКЛАДІ РОЗВІДКИ ПОЛОХІВСЬКОГО РОДОВИЩА)**

*Слободян Б.І.<sup>1</sup>, sbiv@ukr.net, Гейченко М.В.<sup>2</sup>, geich@ukr.net,*

*1 – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, Україна,*

*2 – ТОВ «Укрлітійвидобування», Кіровоградська область, смт. Мала Віска, Україна*

Викладено окремі практичні аспекти застосування процедур забезпечення якості і контролю якості (QA/QC), щодо аналітичних досліджень, при дорозвідці Полохівського родовища літію. Зазначені процедури є обов'язковими при оцінці ресурсів і запасів корисних копалин за міжнародними стандартами (JORC Code, NI 43-101 та інші). Показано основні відмінності від аналогічних процедур які застосовуються в Україні. Методичні підходи до вирішення завдань якості аналітичних досліджень удосконалюватимуть і підвищуватимуть достовірність даних при геологічному вивченні родовищ корисних копалин.

## **APPLICATION OF THE QUALITY ASSURANCE AND QUALITY CONTROL (QA/QC) PROCEDURE FOR ANALYTICAL RESEARCH (ON THE EXAMPLE OF EXPLORATION OF POLOHIVSKY FIELD)**

*Slobodian B.<sup>1</sup>, sbiv@ukr.net, Geichenko M.<sup>2</sup>, geich@ukr.net,*

*1 – Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation named after M.P.Semenenko of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*2 – UkrLithiumMining LLC (ULM), Kirovohrad Region, village Mala Viska, Ukraine*

Certain practical aspects of the application of quality assurance and quality control (QA/QC) procedures, in relation to analytical studies, in the exploration of the Polokhiv lithium deposit are outlined. The specified procedures are mandatory when estimating mineral resources and reserves according to international standards (JORC Code, NI 43-101 and others). The main differences from similar procedures used in Ukraine are shown. Methodical approaches to solving problems of the quality of analytical research will improve and increase the reliability of data in the geological study of mineral deposits.

**Вступ.** За попередні роки в Україні розвідано і оцінено пошуковими роботами тисячі родовищ і рудо проявів рудних і нерудних корисних копалин. Значна частина з них пройшла експертизу в ДКЗ Радянського Союзу і України і прийнята на Державний Баланс родовищ корисних копалин. Методологічною основою їх аналітичного забезпечення (в тому числі і в роки незалежності України) були «радянські» інструкції і методики виконання вимірювань. Аналізи виконувались в мережі Центральних і експедиційних лабораторій державних геологічних підприємств. Ключова відмінність цього аналітичного забезпечення від прийнятого в міжнародній практиці полягає в методах, принципах і підходах до забезпечення якості і контролю якості (QA/QC). Аналітичні дослідження це основа подальшої оцінки мінеральних ресурсів. Відсутність сучасних процедур QA/QC щодо аналітичних досліджень робить практично неможливим «камеральну» трансформацію запасів затверджених і оцінених за «радянськими» стандартами у відповідні ресурси і запаси JORC Code, NI 43-101 та інших. Відсутність оцінки мінеральних ресурсів і запасів корисних за міжнародними стандартами (JORC Code , NI 43-101 та інші) є одним із основних стримуючих факторів залучення інвестицій від провідних гірничорудних компаній світу.

**Мета досліджень.** Розробка процедур забезпечення якості і контролю якості (QA/QC), щодо аналітичних досліджень, при розвідці Полохівського родовища літію згідно вимог Кодексу JORC, 2012.

**Об'єкти і методика досліджень.** Об'єкт досліджень – гірські породи, літєві руди і рудні тіла геологічних комплексів Полохівського родовища літію.

### **Методи та матеріали.**

Методологічною основою дослідження став наступний комплекс методів:

– геостатистичні методи;

– емпіричні методи – спостереження, порівняння та опис, вимірювання;

– аналітичні методи – ІСР спектрометрія.

Матеріалом для цього дослідження були передусім результати аналітичних досліджень при дорозвідці Полохівського родовища у 2019-2020 роках.

#### **Результати досліджень.**

Вимоги міжнародних Кодексів (NI-43-101, JORC..) – Супровід геологорозвідувальних робіт програмами достовірності та якості:

«Програми контролю достовірності повинні систематично виконуватися як частина будь-якої програми геологорозвідувальних робіт. Така програма має підтвердити достовірність відбору проб, їх збереження, підготовки проб та аналітичних досліджень.» [2]. Загальну характеристику програми забезпечення і контролю якості, за матеріалами [5], наведено в табл. 1.

**Таблиця 1**

#### **Загальна характеристика програми QA/QC**

N	Види контролю	Методи і засоби контролю:
1	Аналіз даних розвідки минулих років	Дублювання свердловин, переопробування керну, дублікатів.
2	Топографічна зйомка	10 – 20% контрольної зйомки іншим приладом (іншим підрядником)
3	Буріння	Завірювальні роботи (здвоєні свердловини, контроль інклінометрії – 10-20%)
4	Відбір проб	Правильність нанесення лінії розпилу, відбір польових дублікатів, контроль ваги (рядової проби та дублікату)
5	Пробопідготовка	Контроль забруднення, контроль правильності підготовки проби: використання бланків, дублікатів дроблення, ситовий контроль
6	Аналітичні роботи	Контрольні проби – стандарти, бланки, дублікати стирання
7	Інтерпретація результатів – моделювання та підрахунок ресурсів	Завірення бази даних для моделювання
8	Звіт про Мінеральні Ресурси	Завірювальне моделювання іншим методом

**Аналітичні роботи.** Основною відмінністю процедури забезпечення і контролю якості хімічних аналізів (процедура QA/QC), яка прийнята у світі і використовується для оцінки ресурсів корисних копалин за міжнародними стандартами (JORC 2012 та інші), від процедур контролю згідно з нормативними документами України є використання в партіях проб для поточного аналізу:

– зашифрованих проб з відомим **аномальним** вмістом хімічних елементів (srт-сертифікований референтний матеріал) – **проби стандартів**;

– зашифрованих проб з відомим **фоновим** вмістом хімічних елементів (srт-сертифікований референтний матеріал) – **бланкові проби**;

– зашифрованих проб з раніше проаналізованих рядових проб (різних класів вмісту) – **дублікати проб**.

#### **Прийнята в Україні процедура контролю і забезпечення якості аналітичних досліджень**

Контроль базується на методиці, визначеній інструктивним документом ДКЗ СРСР, який діяв ще в радянські часи: «**Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям литиевых и цезиевых руд**» [1].

Для визначення **випадкових похибок** проводився **внутрішній контроль** шляхом аналізу зашифрованих контрольних проб, відібраних із дублікатів аналітичних проб, в тій же лабораторії, яка виконувала основні аналізи.



Для виявлення і оцінки можливих **систематичних похибок** здійснювався **зовнішній контроль**, в лабораторії, затвердженій в якості контрольної уповноваженим державним органом, що здійснював геологорозвідувальні роботи.

За результатами обробки даних контролю відносна середньоквадратична похибка, яка визначена за результатами внутрішнього контролю, не повинна була перевищувати значень, вказаних в Методичних рекомендаціях [3] (табл. 2).

Таблиця 2

**Гранично допустимі відносні середньоквадратичні похибки за класами вмісту Li<sub>2</sub>O у руді**

Компонент	Класи вмісту компоненту у руді, %	Гранично допустимі відносні середньоквадратичні похибки, %
Li <sub>2</sub> O	більше 1	7
	0,5-1	10
	0,2-0,5	13
	0,1-0,2	17
	0,05-0,1	22

У випадку виявлення за даними **зовнішнього контролю систематичних розбіжностей** між результатами аналізів основної і контролюючої лабораторії проводився **арбітражний контроль**. Цей контроль виконувався в лабораторії, затвердженій в якості арбітражної уповноваженим державним органом, що здійснював геологорозвідувальні роботи.

На арбітражний контроль надсилались аналітичні дублікати рядових проб, по яким є результати рядових і зовнішніх контрольних аналізів і які зберігались в лабораторії. Контролю підлягали 30-40 проб по кожному класу вмісту Li<sub>2</sub>O, в якому виявлені систематичні розбіжності [3].

При виконанні дорозвідки у 2019-2020 роках була застосована міжнародна процедура забезпечення і контролю якості (QA/QC).

Для її забезпечення в компанії OREAS (Австралія) були придбані відповідні сертифіковані референтні матеріали (srn): **бланки і стандарти**.

Таблиця 3

**Перелік стандартних зразків і бланкових проб, придбаних у компанії OREAS**

ч/ч	Стандартні зразки, Бланкові проби	Сертифікати (посилання)	Вміст, %	
			Li	Li <sub>2</sub> O
1	OREAS 147	<a href="https://www.oreas.com/downloads/?fileId=3812">https://www.oreas.com/downloads/?fileId=3812</a>	0,227	0,488
2	OREAS 148	<a href="https://www.oreas.com/downloads/?fileId=1702">https://www.oreas.com/downloads/?fileId=1702</a>	0,476	1,025
3	OREAS 751	<a href="https://www.oreas.com/downloads/?fileId=1836">https://www.oreas.com/downloads/?fileId=1836</a>	0,463	0,997
4	OREAS 752	<a href="https://www.oreas.com/downloads/?fileId=1681">https://www.oreas.com/downloads/?fileId=1681</a>	0,695	1,50
5	OREAS 753	<a href="https://www.oreas.com/downloads/?fileId=1683">https://www.oreas.com/downloads/?fileId=1683</a>	0,985	2,121
6	OREAS 999	<a href="https://www.oreas.com/downloads/?fileId=1685">https://www.oreas.com/downloads/?fileId=1685</a>	2.65	5.70
7	OREAS 21e	<a href="https://www.oreas.com/downloads/?fileId=962">https://www.oreas.com/downloads/?fileId=962</a>	0,00148	0,0031
8	OREAS 22e	<a href="https://www.oreas.com/downloads/?fileId=965">https://www.oreas.com/downloads/?fileId=965</a>	0,00146	0,0031

Для визначення **випадкових похибок** проводився внутрішній контроль шляхом аналізу зашифрованих контрольних проб, відібраних із дублікатів аналітичних проб, в тій же

лабораторії, яка виконувала основні аналізи (лабораторія Bureau Veritas, м. Ванкувер, Канада).

Для виявлення і оцінки можливих **систематичних похибок** здійснювався зовнішній контроль (QC) в лабораторії SGS (м. Лейкфілд, Канада), прийнятої ТОВ «УКРЛІТІЙВИДОБУВАННЯ» в якості контрольної. На зовнішній контроль надсилались дублікати аналітичних проб, які пройшли внутрішній контроль і зберігались в основній лабораторії.

**Обсяг внутрішнього і зовнішнього контролю** повинен був забезпечувати представництво виборки по кожному класу вмісту  $\text{Li}_2\text{O}$ . По кожному з виділених класів вмістів корисного компонента виконувалось більше 30 контрольних аналізів (для внутрішнього контролю в середньому 46 проб, для зовнішнього 36 проб).

Контроль якості визначення вмістів корисних компонентів оцінювався за результатами аналізів із комбінації проб:

**Первинні стандарти** – проби із відомим вмістом  $\text{Li}_2\text{O}$  представлені пробами сертифікованого референтного матеріалу (таблиця 3), які представляють високі, середні і низькі вмісти  $\text{Li}_2\text{O}$  (придбані на комерційній основі у компанії OREAS, Australia).

**Чисті (бланкові) проби** – проби стандартного зразку кварцу порожні щодо вмісту  $\text{Li}_2\text{O}$  (придбані на комерційній основі у компанії OREAS, Australia).

**Дублікати** – проба з аналітичних дублікатів з відомим вмістом  $\text{Li}_2\text{O}$  за попередніми аналітичними вимірюваннями. Дублікати проб основного аналізу, що направляються на внутрішній контроль, характеризують основні класи вмісту  $\text{Li}_2\text{O}$  (%):  $\geq 1$ ; 0,5-1; 0,2-0,5. Для забезпечення представництва вибірки по класам вмісту  $\text{Li}_2\text{O}$  до контролю залучено від 39 до 57 проб.

Частка проб внутрішнього контролю якості в середньому склала **12,7% (280 проб)**, в тому **4,7% проб сертифікованого референтного матеріалу (OREAS)**, **6,3% проб з аналітичних дублікатів і 1,7% бланкових проб**.

Проби, що відправлені для аналізу в лабораторію BV були розділені на 7 партій (таблиця 4). За програмою контролю у партію рядових проб, що надсилаються у лабораторію BV, в середньому включались у зашифрованому вигляді 1 проба стандартного зразку на кожні 20 проб, 1 проба з аналітичних дублікатів на кожні 20 проб і 1 бланкова проба на кожні 60 проб.

Таблиця 4

Характеристика партій проб на хімічний аналіз

Номери партій	Кількість проб всього, в тому числі				
	загальна	рядові	стандарти	бланкові	дублікати
1	250	223	18	9	0
2	209	185	17	7	0
3	421	383	14	3	21
4	459	415	16	5	23
5	478	430	18	5	25
6	575	523	21	6	25
7	94	47	0	2	45
ВСЬОГО	2486	2206	104	37	139

На **зовнішній контроль** в лабораторію SGS (м. Лейкфілд, Канада), прийнятої в якості контрольної, надіслано і проаналізовано **120 проб**, в тому числі **109 дублікати аналітичних проб**, які пройшли внутрішній контроль, **8 проб сертифікованого референтного матеріалу (OREAS)** і **3 бланкові проби**.

Обробка даних контрольного аналізу здійснювалась за методикою визначеною інструктивним документом ДКЗ СРСР, згідно якого визначалась методика і основні обсяги геологорозвідувальних робіт з вивчення Полохівського родовища в 1989-2002 роках:

«Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям литиевых и цезиевых руд».

За результатами обробки даних контролю відносна середньоквадратична похибка, яка визначена за результатами внутрішнього і зовнішнього контролю, не перевищує значень, вказаних в інструкції ДКЗ СРСР.

**Висновок щодо програми внутрішнього і зовнішнього контролю аналізів**

**Стандарти OREAS, дублікати проб, бланкові проби**

Всі проаналізовані проби по всім класам вмісту Li<sub>2</sub>O знаходяться в допустимих межах, що вказує на відсутність забруднення під час підготовки /аналізу проб та хорошу відтворюваність результатів.

**Рекомендовані обсяги включення.** Чітких норм щодо обсягу контролю міжнародні стандарти не містять. Компанії керуються «усталеною практикою» геологорозвідувальних робіт. Узагальнені рекомендації, на основі аналізу десятків реалізованих проектів, найбільш повно викладені в статті Armando Simón Méndez «Питання сучасної практики контролю якості при геологорозвідувальних роботах» [4].

Для правильної оцінки прецизійності, точності та ймовірного рівня зараження проб на всіх етапах ланцюжка «випробування – підготовка проб – аналіз», до комплексної програми контролю якості слід включати всі види та підвиди контрольних проб.

Загальні пропозиції щодо пропорцій включення контрольних проб наведені в табл. 5.

**Таблиця 5**

**Програма контролю якості ядерних проб: пропозиції по пропорції включення [4]**

Вид контрольної проби	Підвид		Пропонована пропорція включення
Дублікат	Парні взірці	2%	6%
	Дублікати грубого помолу	2%	
	Аналітичні дублікати	2%	
Стандартний взірець	Стандарти	6%	6%
Холоста проба	Холоста грубого помолу	2%	4%
	Холоста тонкого помолу	2%	
Проби контрольних партій (зовнішній контроль)	Проби контрольних партій (зовнішній контроль)	4%	4%

**ВИСНОВКИ**

На Полохівському родовищі, у 2019-2020 роках була проведена розвідка родовища літєвих руд за міжнародними стандартами оцінки ресурсів і запасів. В першу чергу це стосується широкого застосування процедури QA/QC-забезпечення і контролю якості при аналітичних дослідженнях.

1 Процедури QA/QC, стосовно аналітичних досліджень, є ключовими для можливості оцінки мінеральних ресурсів і запасів корисних копалин за міжнародними стандартами.

2 Необхідно виконати перегляд існуючих та розробку нових нормативних документів (методик та інструкцій) стосовно застосування сучасних процедур і методів забезпечення і контролю якості при аналітичних роботах.

3 Наявність оцінки мінеральних ресурсів і запасів корисних за міжнародними стандартами ( JORC Code , NI 43-101 та інші) є ключовою умовою залучення інвестицій від провідних гірничорудних компаній світу.

### Список використаних джерел:

1. Інструкція із застосування класифікації ДКЗ СРСР до запасів літєвих руд, Москва, 1982 р.
2. Кодекс *JORC 2012* [https://admin.ponen.kz/uploads/files/libraryDocuments/izdannyi\\_perevod\\_JORC\\_2012.pdf](https://admin.ponen.kz/uploads/files/libraryDocuments/izdannyi_perevod_JORC_2012.pdf)
3. Методичні рекомендації щодо змісту, оформлення і порядок подання на розгляд Державної Комісії по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічних оцінок родовищ металічних і неметалічних корисних копалин. Затверджені наказом ДКЗ України № 293 від 1 липня 2015 р.
4. Armando Simón Méndez The issue of modern quality control practice in geological exploration AMEC International Ingeniería y Construcciones Limitada (Chile), 2009
5. Pavel Mukhin, FAIG and FPONEN, 2019p, КазЦинк, Усть-Каменогорськ.



## ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАПАСІВ ТА РЕСУРСІВ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ

*Запека Д.С., denys.zapeka@ugv.com.ua;*

*Боднарук Б.Р., bohdan.bodnaruk@ugv.com.ua;*

*Матківський С.В., доктор філософії, serhii.matkivskiyi@ugv.com.ua;*

*АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна*

У сучасній нафтогазовій галузі тривимірне моделювання стало невіддільною частиною процесів геологорозвідки та управління розробкою родовищ. 3D-моделі родовищ дозволяють інтегрувати великий обсяг різномірних даних, таких як сейсмічні, геологічні, петрофізичні та гідродинамічні показники, що дозволяє створити детальну візуалізацію структури резервуара. Це підвищує точність оцінки запасів вуглеводнів і сприяє ефективнішому плануванню видобутку. Однією з головних переваг є можливість моделювання поведінки флюїдів у резервуарі, що дозволяє прогнозувати рух вуглеводнів та оптимізувати процес видобутку. Врахування неоднорідностей порід-колекторів, таких як зміни пористості та проникності, а також анізотропії, сприяє покращенню прогнозів та мінімізації невизначеності. У результаті, використання 3D-моделювання значно знижує ризики, підвищує ефективність і дозволяє максимізувати відбір залишкових запасів, що є важливим елементом для стратегії довгострокового управління ресурсами.

## USING MODERN 3D MODELING TOOLS FOR ASSESSING HYDROCARBON RESERVES AND RESOURCES

*Zapeka D., denys.zapeka@ugv.com.ua;*

*Bodnaruk B., bohdan.bodnaruk@ugv.com.ua;*

*Matkivskiy S., Doctor of Philosophy (Ph.D), serhii.matkivskiyi@ugv.com.ua;*

*JSC Ukrgasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine*

In the modern oil and gas industry, three-dimensional modeling has become an integral part of exploration and field development management processes. 3D reservoir models allow for the integration of a large volume of diverse data, such as seismic, geological, petrophysical, and hydrodynamic indicators, enabling the creation of a detailed visualization of the reservoir structure. This enhances the accuracy of hydrocarbon reserve estimates and contributes to more efficient production planning. One of the main advantages is the ability to model fluid behavior in the reservoir, which allows for the prediction of hydrocarbon movement and optimization of the extraction process. Considering the heterogeneities of reservoir rocks, such as changes in porosity and permeability, as well as anisotropy, helps improve forecasts and minimize uncertainty. As a result, the use of 3D modeling significantly reduces risks, increases efficiency, and allows for the maximization of reserve recovery from the field, which is an important element for long-term resource management strategy.

**Вступ.** Світовий попит на енергоресурси з кожним роком зростає, і горючі корисні копалини, зокрема нафта і газ, ще залишаються ключовими джерелами енергії. Проте, відкриття нових родовищ стає все складнішим завданням, а ефективність видобутку з уже існуючих залежить від точності оцінки їх запасів та ресурсів. Традиційні методи геологічного аналізу та моделювання не завжди враховують складні особливості будови родовищ, що може призвести до помилок в оцінках і, відповідно, до економічних втрат.[1] У цьому контексті використання сучасних інструментів 3D-моделювання є одним із найбільш перспективних напрямків для підвищення точності та ефективності робіт у галузі вуглеводнів.

**Виклад основного матеріалу.** Технологія 3D-моделювання передбачає створення об'ємних геологічних моделей на основі великої кількості різних видів даних, зокрема сейсмічних, геофізичних та даних буріння. Це дозволяє не лише візуалізувати структуру родовища, а й визначити ключові параметри порід: пористість, проникність, насиченість вуглеводнями, а також оцінити їх динаміку протягом часу.

*Основні етапи створення 3D-моделі включають:*[2-6]

1. Збір даних: отримання даних сейсмічних досліджень, геофізичних та гідродинамічних вимірювань пробурених свердловин.

2. Обробка та інтеграція даних: На цьому етапі різномірні дані синхронізуються в єдину базу. Це важливо для створення цілісної моделі, оскільки різні типи інформації повинні бути узгоджені між собою, щоб забезпечити якомога точніше моделювання родовища. Використовуються спеціальні програмні засоби, такі як Petrel, Decision Space, які

дозволяють інтегрувати ці дані в одну систему.

3. Сейсмічна інтерпретація: аналіз сейсмічних даних проводиться для виявлення геологічних структур і тектонічних особливостей покладів, таких як розломи, площини нашарування, клиноподібні утворення та зони заміщення.

4. Побудова структурної моделі: створюється структурно-тектонічний каркас моделі, який відображає геологічні особливості родовища, включаючи просторове розташування шарів порід, структурні пастки, наявність розломів, складок тощо. Ця модель допомагає визначити, де саме розташовані резервуари вуглеводнів.

5. Оцінка властивостей порід: моделювання колекторських властивостей порід, таких як пористість, проникність та насиченість флюїдами (нафта, газ, вода). Свердловинні дані використовуються для калібрування цих параметрів у масштабах всієї моделі, щоб визначити, як флюїд розподіляється в межах пласта. Алгоритми, такі як Sequential Gaussian Simulation (SGS) або Kriging, застосовуються для просторової інтерполяції цих властивостей, рис. 1.

6. Гідродинамічне моделювання: моделювання потоку флюїдів у породі-колекторі допомагає зрозуміти переміщення вуглеводнів у резервуарі в процесі видобутку. Гідродинамічні моделі дозволяють прогнозувати поведінку запасів під час розробки родовища, а також допомагають визначити оптимальні стратегії видобутку. Розробляються різні сценарії видобутку для того, щоб передбачити витрати та максимально ефективно використовувати ресурси.

7. Калібрування та валідація моделі: один з найважливіших етапів, де результати моделювання порівнюються з реальними даними, отриманими зі свердловин які не брали участі в моделюванні, або з інших джерел. Калібрування дозволяє уточнити параметри моделі для досягнення максимальної точності. Якщо модель не відповідає фактичним даним, необхідно внести коригування.

8. Аналіз невизначеності: передбачає оцінку невизначеностей, пов'язаних із різними наборами даних або припущеннями в моделі. Це дозволяє визначити можливі ризики та точність прогнозів щодо запасів. Для зменшення невизначеностей можуть використовуватись додаткові дослідження для уточнення моделі.

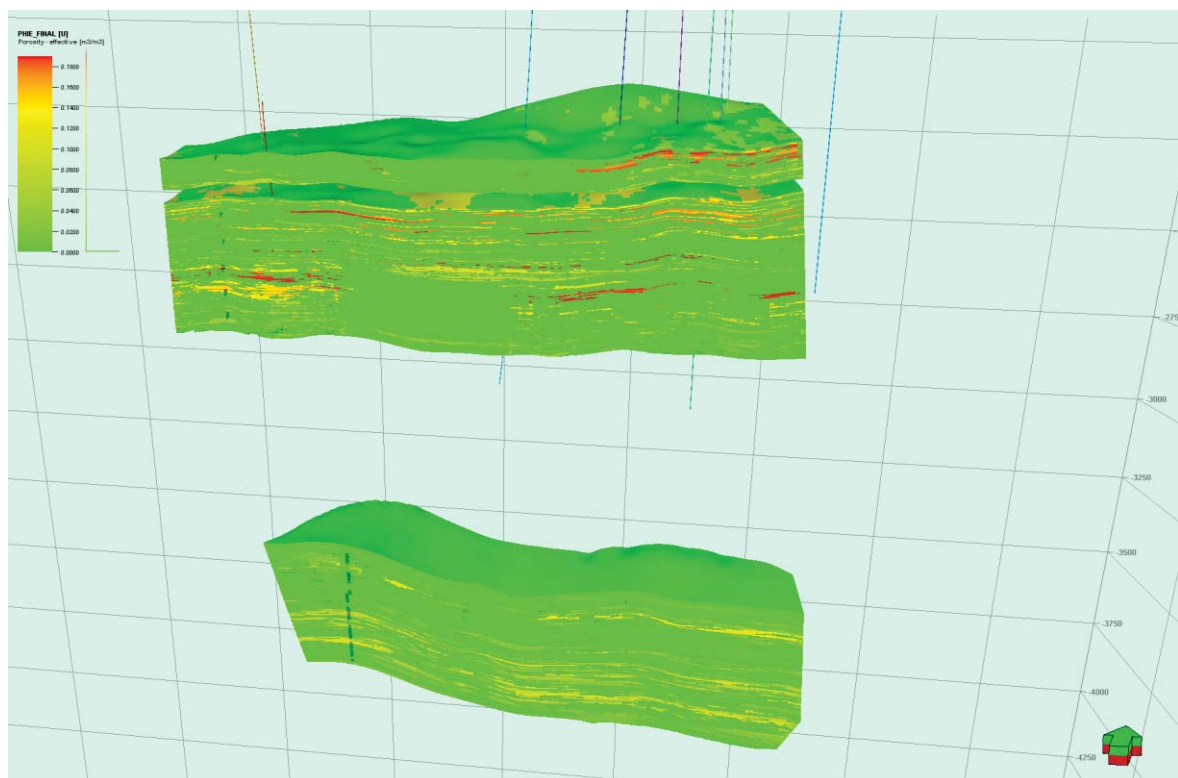


Рис. 1. Приклад моделювання розповсюдження ефективної пористості – Куб пористості

*Переваги використання 3D-моделювання:* [7]

Тривимірні моделі надають низку переваг у порівнянні з традиційними підходами до

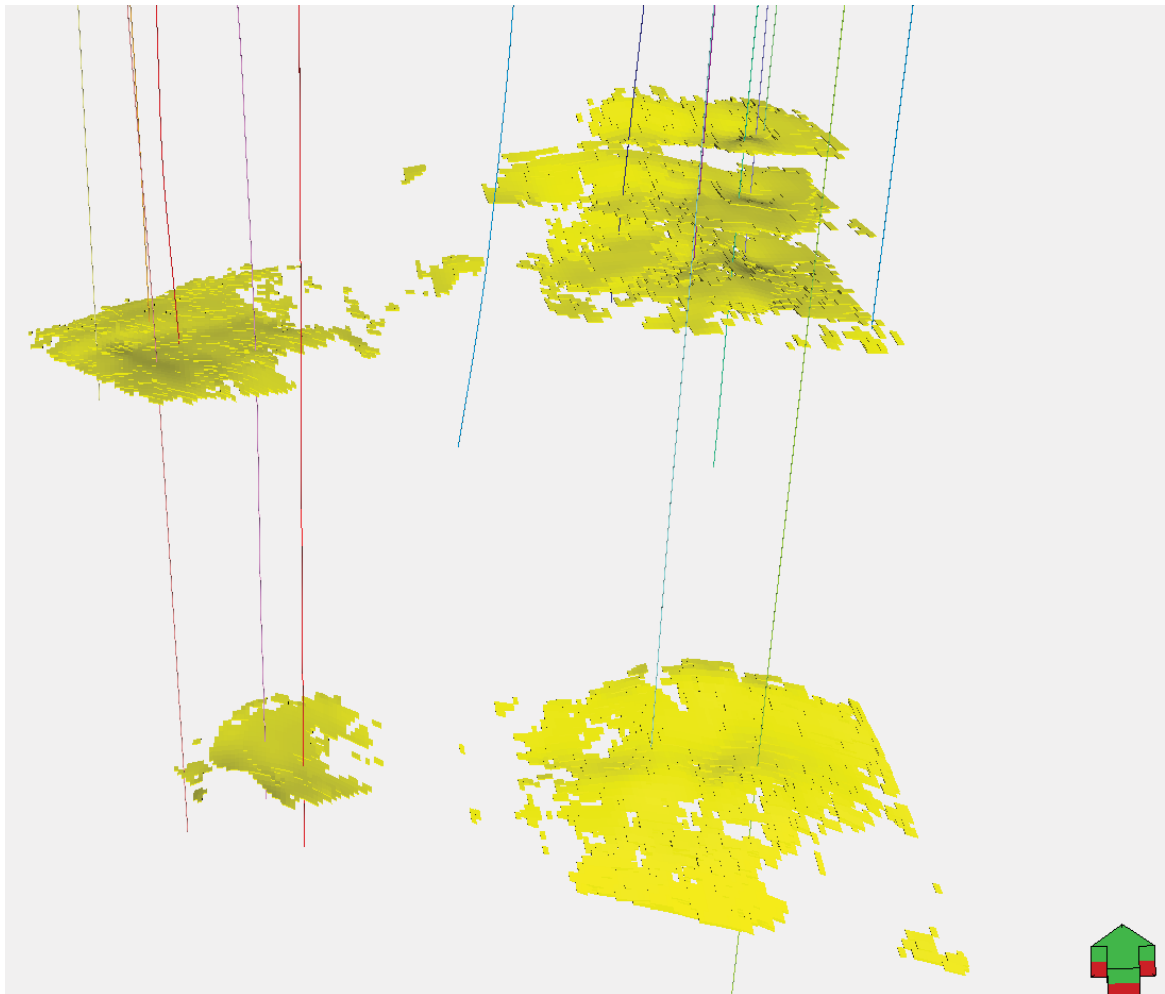
оцінки родовищ.

1. Покращена точність і деталізація даних.

3D-моделі дозволяють створити детальну візуалізацію продуктивних горизонтів, включаючи нашарування порід, розломи, пасток вуглеводнів, і т.д. Це допомагає краще зрозуміти просторове розташування та об'єми запасів вуглеводнів, що важливо для точного прогнозування їхнього видобутку. Використання сейсмічних даних, результатів буріння та петрофізичних параметрів у тривимірній формі дозволяє максимально точно оцінити розподіл нафти й газу в колекторах.

2. Врахування неоднорідності колекторів.

Врахування неоднорідності колекторів є критично важливим аспектом при створенні 3D-моделей для оцінки запасів вуглеводнів. Колектори (породи, які можуть зберігати і передавати флюїди, такі як нафта і газ) часто мають складні внутрішні структури, що включають зміни в пористості, проникності та насиченості. Тривимірне моделювання дозволяє краще врахувати ці неоднорідності, що підвищує точність оцінки запасів, рис. 2.



**Рис. 2. Приклад моделювання неоднорідності колекторів – Куб ефективних тощин колектору**

*Основні моменти врахування неоднорідності.*

- Варіація зміни пористості та проникності. Неоднорідність колектора виникає через зміну характеристик пористості (здатності порід уміщувати флюїди) і проникності (здатності пропускати флюїди). Ці параметри можуть суттєво змінюватися навіть на малих відстанях через зміну розміру зерен, цементації, мінералогії чи різних фацій породи. 3D-моделі допомагають розрахувати ці варіації та розподіляти їх у просторі резервуара, використовуючи геостатистичні методи, такі як Sequential Gaussian Simulation або Kriging, що забезпечують просторову інтерполяцію фізичних властивостей колектора

- Моделювання фаціальної неоднорідності. Фації – це геологічні одиниці, які мають подібні осадові умови і, відповідно, однорідні фізичні властивості. Неоднорідність

колекторів може бути пов'язана зі змінами в умовах осадконакопичення (наприклад, зміна дельтових систем на глибоководні), що впливає на характеристики колектора. 3D-моделі дозволяють відтворювати ці фаціальні неоднорідності, розподіляючи їх у просторі та оцінюючи, як це впливає на об'єм і розташування запасів флюїдів.

- Анізотропія. Неоднорідність може проявлятися не лише в різних ділянках резервуара, але й у різних напрямках. Це називається анізотропією колектора, коли проникність у горизонтальному напрямку відрізняється від проникності у вертикальному. У 3D-моделях така анізотропія може бути врахована через зміни сіткової структури та введення параметрів, що описують різні фізичні властивості в різних напрямках.

- Інтеграція даних з різних джерел. Неоднорідність колектора складно точно змоделювати без використання різнорідних джерел даних. У 3D-моделях зазвичай інтегрують всі наявні геолого-промислові дані для точнішого визначення меж колектора та його властивостей. Ці різнорідні дані допомагають зменшити невизначеність і краще відтворити розподіл флюїдів у неоднорідних колекторах.

- Вплив неоднорідності на потік флюїдів. Неоднорідність впливає на те, як вуглеводні переміщуються в резервуарі під час видобутку. Наприклад, низька проникність може призвести до затримки руху флюїдів або утворення пасток. Гідродинамічні моделі, інтегровані в 3D-модель, допомагають врахувати ці ефекти та прогнозувати, як неоднорідності впливатимуть на загальний рівень видобутку.

### 3. Можливість прогнозування руху флюїду.

Завдяки гідродинамічним моделям, інтегрованим у 3D-середовище, можна змоделювати рух флюїдів у резервуарі та прогнозувати, як нафта та газ будуть переміщуватися під час видобутку. Це дозволяє передбачити, які ділянки родовища будуть виснажуватися швидше, і коригувати плани видобутку для забезпечення максимального відбору запасів з найменшими втратами.

### 4. Підвищення ефективності управління видобутком.

3D-моделі надають більш точну інформацію про колектори, що дозволяє ефективніше планувати розробку родовища. Інформація про пористість, проникність і насиченість резервуара дає змогу визначити оптимальні точки для буріння нових свердловин і мінімізувати ризики. Це також допомагає уникнути непередбачуваних витрат і покращує економічну рентабельність проєктів.

### 5. Інтеграція різнорідних даних.

3D-моделювання дозволяє інтегрувати та синхронізувати дані з різних джерел, що забезпечує єдиний підхід до розуміння геологічної структури родовища, покращуючи управління його розробкою та полегшуючи взаємодію між різними фахівцями, залученими у виробничі процеси.

### 6. Оцінка невизначеностей та ризиків

Одна з головних переваг 3D-моделювання полягає в можливості аналізу різних сценаріїв і оцінки потенційних ризиків. Моделювання дозволяє розглянути різні гіпотези щодо концентрації запасів вуглеводнів або продуктивності свердловин, що дає змогу краще передбачити варіанти розвитку подій та уникнути можливих помилок під час видобутку.

### 7. Зниження витрат і підвищення швидкості прийняття рішень

Тривимірні моделі значно зменшують час на прийняття рішень, оскільки вони дозволяють швидко отримати чітке уявлення про геологічні характеристики та динаміку родовища. Це сприяє оптимізації робочих процесів, мінімізує витрати на розвідку та видобуток, а також дозволяє краще розрахувати економічну доцільність проєктів на початкових етапах.

### 8. Підтримка постійного оновлення моделі

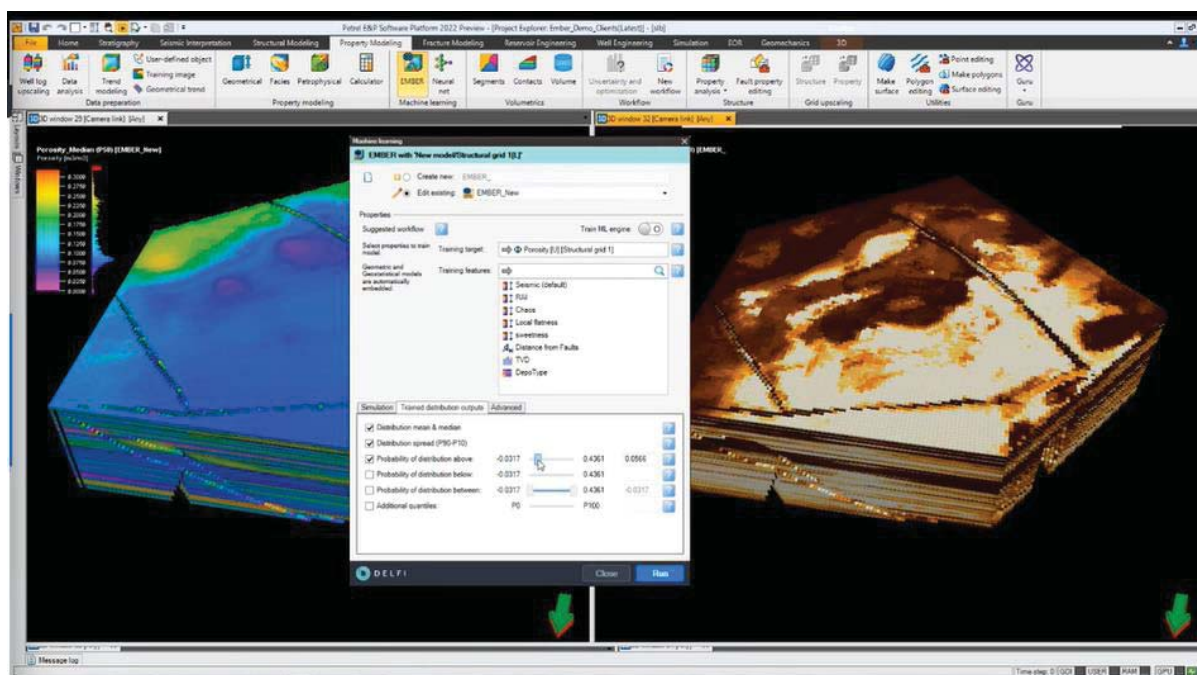
Тривимірні геологічні моделі потребують постійного оновлення новими даними, отриманими під час розробки родовища. Це дає змогу адаптувати стратегії видобутку до поточних умов і зробити процес управління розробкою родовища більш гнучким та ефективним.

### *Перспективи та виклики.*

Технології 3D-моделювання продовжують активно розвиватися. Одним із



перспективних напрямків є впровадження штучного інтелекту та машинного навчання, які можуть автоматизувати процеси аналізу даних та побудови моделей, а також підвищити точність прогнозів, рис. 3.



**Рис. 3. Приклад застосування машинного навчання при моделюванні петрофізичних властивостей порід [8]**

Однак існують і певні виклики. Основний – це потреба в якісних вхідних даних, адже неточності можуть призвести до суттєвих помилок у моделюванні. Крім того, впровадження нових технологій вимагає значних інвестицій, що може бути додатковим бар'єром для їх впровадження.

**Висновки.** Сучасні інструменти 3D-моделювання є незамінними для ефективної оцінки запасів вуглеводнів та оптимізації системи розробки родовища, обґрунтування доцільності закладання нових свердловин з визначенням їх оптимального місцеположення, вдосконалення системи контролю та регулювання вироблення запасів та зниження темпів обводнення покладів і свердловин, підвищення техніко-економічних показників. Вони дозволяють отримати точнішу картину будови родовища, знизити ризики прогнозування технологічних режимів експлуатації свердловин та проектних показників розробки покладів. Подальший розвиток цих технологій, зокрема із застосуванням штучного інтелекту, відкриває нові можливості для підвищення ефективності управління запасами родовища.

#### **Список використаних джерел:**

1. Матківський, С.В. (2020). Теоретико-методологічні особливості побудови постійно діючих геолого-технологічних моделей родовищ вуглеводнів. *Мінеральні ресурси України*, №4, С. 39-44.
2. McLean JK, Dulac JC, Gringarten E. Integrated petrophysical uncertainty evaluation impacts reservoir models: Propagating uncertainty from well logs to production forecasts enables quantification of its effect on other subsurface measurements. *Hart Energy: Exploration and Production*. 2012.
3. James, N.P., Dalrymple, R.W. (2010). *Facies Models*. The Geological Association of Canada. 591pp.
4. Cossé R. *Oil and gas field development techniques: Basics of reservoir engineering*. Institut Francais du Petrole Publications, Paris. 2005:132.
5. Cosentino L. Static reservoir study. In *Encyclopaedia of Hydrocarbons*. 2005;(1):553-573.
6. Avseth P, Mukerji T, Mavko G. *Quantitative seismic interpretation*. Cambridge university press. 2000:376.
7. Ma, Y.Z. (2018). An accurate parametric method for assessing hydrocarbon volumetrics: Revisiting the volumetric equation. *SPE Journal*, 23(05), 1566–1579.
8. [Machine learning for property modeling \(slb.com\)](https://www.slb.com/technology/machine-learning-for-property-modeling)

## ІСТОРІЯ ЗМІН ВИКОНАННЯ ПІДРАХУНКУ ЗАПАСІВ НАФТИ І ГАЗУ В ПАТ "УКРНАФТА"

*Федів І.Я., Iryna.Fediv@Ukrnafta.com,  
ПАТ "Укрнафта", м. Івано-Франківськ, Україна*

Окреслено історію змін виконання підрахунку запасів нафти (газу) в ПАТ "Укрнафта". Зміни мали місце переважно внаслідок введення нових класифікацій запасів, що є основою звітності щодо видобутку та використання вуглеводнів. Зіставленням величини запасів та підрахункових параметрів в різні роки з'ясовано, що повнота вивчення геолого-геофізичної моделі родовища залежить від етапу геологорозвідувального процесу та стадії його розробки і з розвитком нафтогазової галузі потребує корегування підходів підрахунку і оцінки запасів вуглеводнів.

## HISTORY OF CHANGES IN THE CALCULATION OF OIL AND GAS RESERVES AT PJSC "UKRNAFTA"

*Fediv I., Iryna.Fediv@Ukrnafta.com,  
JSC "Ukrnafta", Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The history of changes in the calculation of reserves at PJSC "Ukrnafta" was primed. These changes are primarily related to the introduction of new reserve classifications, which are the basis for reporting hydrocarbon production and consumption. The analysis of the comparison of reserves and estimated parameters in different years shows that the completeness of the geological and geophysical model of the field depends on the stage of the exploration process and the stage of field development and has temporal aspects that vary in the course of the development of the oil and gas industry.

**Вступ.** В теперішній час Публічне акціонерне товариство "Укрнафта" проводить ефективне надрокористування з чітким дотриманням діючих законодавчо-нормативних вимог. Є найбільшою компанією України, розробляє родовища вуглеводнів на території двох нафтогазоносних регіонів, що охоплюють Львівську, Івано-Франківську, Чернівецьку, Сумську, Чернігівську, Полтавську та Харківську області. Станом на 01.01.2024 року здійснює видобуток нафти та газу на 1 832 нафтових та 154 газових свердловинах. Окремим функціоналом компанії є департамент надрокористування, в складі якого, зокрема, діє управління оцінки запасів. Важливими завданнями його фахівців є використання сучасних підходів при вивченні геолого-геофізичної моделі родовищ, відтворення історії їх розробки, створення мультикомпозиційної моделі з врахуванням і узагальненням наявних даних, а також розрахунок техніко-технологічних показників та вибір варіантів подальшого видобутку вуглеводнів. Геолого-економічна оцінка запасів (попередня назва "підрахунок запасів"). на даний час для фахівців галузі є основним нормативним документом за яким визначають кількість, якість та ступінь вивченості запасів розвіданих родовищ, стан їх підготовки до промислового освоєння та коригують подальші перспективи з видобутку вуглеводнів. Зважаючи, що розробка родовищ вуглеводнів в Західному регіоні України має цікаву історію і бере початки чверть тисячоліття тому коли почалася промислова розробка нафти на промислі Слобода-Рунгурська (теперішня Івано-Франківська область) є актуальним вивчення особливостей підрахунків запасів у історичному минулому. У 1820 році інтенсивний видобуток нафти розпочався у районі міста Борислав (Львівська область). На Бориславському родовищі в 1909 р. було одержано 2 мільйони 75 тисяч тон нафти, що на той час було найбільшим показником у Європі і займало третє місце у світі за рівнем видобутку нафти після США і Росії [1]. Корисним є проаналізувати як змінювались підходи щодо підрахунку та оцінки запасів вуглеводнів у родовищах у різні етапи розвитку галузі. Саме цьому присвячено дану роботу.

**Викладення основного матеріалу.** Еволюція підходів до підрахунку запасів тісно пов'язана з класифікацією запасів, як основи для звітності щодо їх видобутку і використання. На початках підрахунку запасів зводились до статистичного узагальнення за даними фактичного видобутку на родовищах. Перші класифікації на початку ХХ століття враховували запаси за прямими ознаками, а саме за виходом нафти на денну поверхню, що

називали "видимими запасами". Так, у 1907 році було сформовано першу класифікацію для нафти, а у 1905 році проведено перший підрахунок запасів об'ємним методом [2]. У радянську добу було утворено комісію з підрахунку запасів, оскільки першочерговим завданням було питання розвідки й обліку запасів вуглеводнів для планування розвитку нафтової промисловості країни загалом.

За період з 1939 року утворення компанії "Укрнафта" виконано близько 300 підрахунків запасів на 92 родовищах вуглеводнів. Для більшості родовищ проведено дві оцінки, а для окремих проведено три і більше оцінок. Перший підрахунок запасів здійснено за старою класифікацією з узагальненням даних від періоду відкриття і до введення родовища в промислову розробку. Другий підрахунок виконано за оновленою класифікацією РК-ООН, яка введена з 1999 року та захищені в період з 2000 року в ДКЗ України, яке діє з квітня 1992 року. Зазначимо, що в оперативному порядку на деяких родовищах додатково оцінювались прирости надвидобувних запасів та здійснювалось переведення запасів у вищі категорії, меншою мірою здійснювалось списання чи коригування запасів, яке проводиться щорічно.

Перші підрахунки в компанії "Укрнафта" датовані від 1949 року на родовищах Західного регіону, а саме Східницькому, Ріпнянському і Бориславському. У звітах вже на той час згадується, що роботи проведені вперше і є основними, але у зв'язку з відсутністю матеріалу недостатньо повно висвітлені. В роботах використано наявні фактичні дані і літературні дослідження лабораторій компанії. Оформлення цих звітів має надзвичайно просту форму. Пояснююча записка невеликого обсягу до 200 сторінок тексту з рисунками. Рисунки переважно чорнобілі фотографії, які в більшості зменшені та зняті з графічних додатків до звіту, а текстова частина містить 13 розділів. Перші чотири розділи аналогічно сучасним оцінкам вміщують вступ, історію розвитку нафтопромислу, коротку геологічну характеристику та геологічну будову родовища. П'ятий розділ – це характеристика покладів нафти і газу та початок розробки родовища. У шостому описано геологорозвідувальні роботи, у сьомому – якісна та технологічна характеристика флюїду, у восьмому – гідрогеологічна характеристика, у дев'ятому – гірсько-технічні умови експлуатації, у десятому – власне підрахунок запасів. Останні три розділи містять висновок, табличні матеріали та список використаної літератури.

Пояснююча записка сучасних ГЕО складена з двох частин, а саме геолого-геофізичної та техніко-технологічної (ТЕО) з обґрунтуванням коефіцієнтів вилучення вуглеводнів. Іноді ТЕО займає більшу частину звіту. Окремо автори звітів формують табличні та текстові додатки. Зразки оформлення основних таблиць до звітів наведені в інструкції про зміст, оформлення та порядок подання в ДКЗ України матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ нафти і газу [3]. Їх форма збереглась і при виконанні нових підрахунків, хоча в діючому регламенті, що діє з 2020 року їх не наведено[4]. Текстові додатки містять в собі фактичний матеріал по нових свердловинах, пробурених після попередньої ГЕО. В деяких випадках ця частина звіту може складати від 2 до 16 книг, а, наприклад, для Бугруватівського родовища з фондом 247 свердловин загальна кількість книг сягнула 29 та 14 папок графічного матеріалу).

Всі роботи з геологічного вивчення, власне підрахунку запасів [5] передані на постійне зберігання у ДНВП "Геоінформ України". Відповідно можна уявити який великий обсяг матеріалів з оцінки запасів зберігається у фондах. З 2023 року подача звітів (вторинна інформація) проводиться в електронній формі та напрацьовані вимоги до формування електронної версії звіту, що є позитивним досягненням. Звіт доповнюється первинною інформацією в кабінеті надрокористувача. Такий підхід значно спрощує передачу звіту в державні органи і зменшує витрати ресурсу на друк об'ємних пояснюючих записок і графічних додатків.

У перших підрахунках запасів, як і сучасних, в основному використовується об'ємний метод підрахунку. Але додатково деякі автори використовують метод матеріального балансу, з метою порівняння і уточнення величини запасів. Варто звернути увагу на стрімку зміну обґрунтування підрахункових параметрів, що входять у формулу об'ємного методу.

Площа нафтоносності перших підрахунків запасів визначалась по крайніх свердловинах де отримано флюїд, оскільки в експлуатаційних об'єктах води не було виявлено. В підрахунках окремо виділено площі з підготовленими запасами (A1), розвіданими (A2) та видимими (B). Окремим підрозділом виділено ймовірні запаси (C), які розраховані з величини першочергових запасів в тонах на одиницю площі. В основному ці запаси прогнозувались за простяганням складки (на Ріпнянському родовищі 10 км на 1 км в хрест простягання складки). В більшості випадків водонафтові контакти на родовищах не визначено. Пізніше в деяких випадках висота пастки приймалась за аналогією з сусідніми родовищами і прийнято умовний контур.

Визначення площі нафтоносності проводилось планіметром Амслера-Кораді випуску 1948 року. В деяких оцінках згадується, що заміри площ виконано на міліметровці з врахуванням палеток. Зміна інструментарію замірів площ впродовж століття досить суттєва від інструментального (механічного, цифрового), яке мало похибки до точного визначення із застосуванням програмного забезпечення. Однак і цей підрахунковий параметр в часі може бути змінним, оскільки з отриманням нових даних глибинної будови родовищ чи навіть переінтерпретації старих матеріалів сучасними методами контур родовища чи контур запасів буде мати інше положення.

Найбільш вагомим змінам зазнало обґрунтування та підтвердження підрахункових параметрів, які визначають колекторські різновиди продуктивних товщ, а саме ефективна товщина, коефіцієнти пористості і насиченості. З часу перших оцінок тільки в деяких свердловинах відібрано керн і визначена загальна товщина нафтоносного горизонту. Потім це значення загальної товщини перемножувалось на відсоток продуктивної ефективності нафтоносного пласта, що складав 20–40 %. Пористість колекторських різновидів була змінною від 3 % до 18 %, а тому всі значення приймалися для розрахунку як середньоарифметичне. Розуміння кондиційного значення застосовано значно пізніше. Для виявлення зон більшої продуктивності будувались карти початкових і сумарних дебітів. Величина коефіцієнту нафтонасиченості складала від 27 %, які прийняті за аналізами поодиноких свердловин, так з врахуванням дослідження свердловин та режиму покладів родовища. Сучасні моделі поширення колекторських різновидів дозволяють прослідкувати окремо кожен літотип покладу і зміну його характеристик по площі і в розрізі, з врахуванням існуючих даних інтерпретації геофізичних досліджень свердловин як у відкритому так і у закритому стовбурі. Дослідження проводяться на початках від буріння свердловини та враховують її поточний стан, вторинні процеси в ході експлуатації. Варто відмітити, що не у всіх підрахунках запасів (особливо із великим фондом) проведено переінтерпретацію геофізичного матеріалу старих пробурених раніше свердловин. В більшості випадків через відсутність повного комплексу всі попередні параметри прийняті на основі затверджених раніше даних.

Фізико-хімічні характеристики флюїду в основу базуються на даних аналізів нафти і газу отриманих із свердловин, які в більшості відбирались на поверхні. Пізніше було запроваджено обґрунтування підрахункових параметрів власне флюїду за глибинними пробами.

Питання методології обґрунтування підрахункових параметрів в часі зазнало суттєвих змін. Однак використання первинних глибинних проб на родовищах залишається в пріоритеті, позаяк вони відтворюють початкові умови в покладі. На більшості родовищ такі проби відібрані, водночас деякі первинні умови відтворюються за допомогою також графо-аналітичних методів і є аргументованими з врахуванням моделювання історії розробки родовищ та даних роботи свердловин.

Узагальнення змін та впровадження нових підходів до ГЕО на даному етапі розвитку нафтогазової галузі дає підстави вважати високий рівень ймовірності представлених в роботах геолого-геофізичних моделей та величини підрахованих запасів. В пріоритеті є відтворення та застосування геологопросторової візуалізації сусідніх родовищ, ув'язка в регіональному плані структурно-тектонічної моделі та відтворення умов формування



нафтоносних комплексів, структурних пасток і покладів, визначення і прогноз літотипів та вивчення літофацій з реконструкцією умов осадконакопичення та аналізом умов формування піщаних тіл чи карбонатних товщ.

Пріоритетним завданням на майбутнє є аналіз причин зміни величини запасів від відкриття до інтенсивної розробки родовищ на деяких об'єктах вже на завершальних стадіях, що дасть змогу спрогнозувати зв'язок структури запасів із ступенем розвіданості, виявити наявність потенційних ресурсів, підтвердити достовірність і промислово значимість відкритих.

Проведення повторних геолого-економічних оцінок для надрокористувача дає змогу отримати об'єктивну оцінку кількості та якості запасів з врахуванням сучасних підходів вивчення тих чи інших параметрів та спланувати інвестиції в подальшу розробку родовища, яка обґрунтовується техніко-економічними показниками (за сучасними нормами) за оптимальним варіантом з метою отримання прибутку. Для держави, як розпорядника ресурсів надр, метою ГЕО є оцінка та облік національного багатства, встановлення раціональних напрямків використання ресурсів надр, отримання доходів від рентних платежів та охорона і контроль за виконанням умов використання надр у межах наданих спеціальних дозволів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Історія галузі та Нафтогазу "Історія галузі" | Нафтогаз України (naftogaz.com )
2. Рудько Г.І. та інші. Підрахунок запасів нафти і газу (підручник). – Київ – Чернівці, 2016. – 591с.
3. Інструкція про зміст, оформлення та порядок подання в ДКЗ України матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ нафти і газу. Затверджена ДКЗ України 1999 р.
4. Регламент подання на розгляд до ДКЗ матеріалів геолого-економічної оцінки запасів нафти, газу і супутніх компонентів, вимоги до їх оформлення та змісту. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. – 2020 р.
5. Матеріали підрахунків запасів та геолого-економічних оцінок впродовж 1949 – 2023 років.

## **ОЦІНКА МІНЕРАЛЬНИХ РЕСУРСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВІТНІХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕТОДИК – ЗАПОРУКА СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ**

*Назаренко М.В., mvn@k-mine.com,  
Король Н.О., nata@k-mine.com,  
Група компаній K-MINE, м. Кривий Ріг, Україна*

Розглянута можливість застосування новітніх комп'ютерних технологій для оцінки мінерально-сировинної бази України, як способу залучення додаткових інвестицій за рахунок прозорості методик оцінки мінеральних ресурсів. Наведені можливості застосування сучасних алгоритмів оцінок на прикладі використання K-MINE.

## **MINERAL RESOURCE ESTIMATION BASED ON THE LATEST COMPUTER TECHNIQUES IS A KEY TO SUSTAINABLE GROWTH OF UKRAINE**

*Nazarenko M., mvn@k-mine.com,  
Korol N., nata@k-mine.com,  
K-MINE Group, Kryvyi Rih, Ukraine*

The article highlights the potential of leveraging advanced computer technologies for mineral resource estimation in Ukraine, positioning it as a key driver for attracting investment through transparent assessment methods. It showcases the power of modern estimation algorithms, with a focus on the use of K-MINE as a prime example.

В умовах динамічної економіки та стрімкого науково-технічного прогресу в світі величезне значення приділяється мінерально-сировинній базі. Візитною карткою Української держави є різноманітність типів корисних копалин, обсяг яких регулюється Державою.

Сучасна мінерально-сировинна база України є ключовим елементом національної економіки та має значний вплив на світову економіку завдяки багатим запасам корисних копалин. Україна володіє одними з найбільших у світі ресурсів руд чорних і кольорових металів, енергетичних копалин, нерудних матеріалів та мінералів, що мають стратегічне значення. Потенціал країни у видобуванні ключових мінеральних ресурсів дозволяє їй залишатися важливим партнером для багатьох держав, особливо в металургії й енергетиці.

Враховуючи вищенаведене, для укріплення України у глобальному економічному просторі дуже важливо залучати додаткові іноземні інвестиції, які впливатимуть на конкурентоспроможність товарної продукції (мінеральної сировини) та спонукатимуть надкористувачів до глобальної модернізації гірничо-геологічних процесів, починаючи з геологічного вивчення родовищ і закінчуючи їх проектуванням та введенням в експлуатацію. Для досягнення таких покращень конче необхідно навести прозорі оцінки мінеральних ресурсів.

Класичні підходи до підрахунку запасів, що прийняті та урегульовані діючими інструкціями хоча й широко використовуються протягом багатьох десятиліть, мають певні недоліки, які обмежують їх ефективність і точність в умовах сучасних технологій. До таких недоліків відносяться:

1. Низька точність і спрощення даних. Традиційні методи, такі як статистичні або геометричні, базуються на припущеннях про однорідність родовищ, що призводить до спрощення складних геологічних структур. Це може спричиняти суттєві похибки у підрахунку запасів через недостатню деталізацію або нехтування важливими локальними особливостями рудних тіл.

2. Велика залежність від якості вихідних даних. Результати традиційного підрахунку значною мірою залежать від якості та кількості первинних геологічних і геофізичних даних. Якщо дані неповні або неточні (наприклад, через обмежену кількість свердловин чи нерівномірний розподіл зразків), це може призводити до помилкових оцінок запасів.

3. Часомісткість. Традиційні методи, особливо статистичні, вимагають значних витрат часу для збирання, обробки й аналізу даних. Багато етапів, зокрема геологічне картування та підрахунок запасів, є доволі трудомісткими і можуть займати місяці.

4. Високий рівень суб'єктивності. Традиційні підходи залежать від експертних оцінок і інтерпретацій. Результати можуть різнитися залежно від досвіду та компетентності геологів, що збільшує ймовірність людської помилки. Крім того, в процесі інтерпретації геологічних даних суб'єктивність може призвести до відхилень у результатах підрахунку.

5. Складність роботи з великими обсягами даних. Обробка великих масивів геологічних даних із використанням традиційних методів є складним завданням.

6. Відсутність комплексного підходу. Традиційні методи підрахунку запасів зазвичай орієнтовані на певний тип даних (наприклад, геологічні або геофізичні).

Оцінка мінеральних ресурсів України за міжнародними стандартами є важливим аспектом для визначення її інвестиційної привабливості. Щоб залучити більше інвестицій, Україна повинна продовжувати адаптувати методіку оцінки мінеральних ресурсів до міжнародних стандартів, таких як JORC (Австралія), NI 43-101 (Канада), SK-1300 (США) тощо.

В Україні підрахунок запасів базується на державних стандартах і нормативах, що ґрунтуються на пострадянській системі класифікації запасів, яка була частково адаптована до міжнародної класифікації. Вона включає поділ запасів на коди класів, які характеризують запаси за ступенем їх геологічного вивчення. Наразі – це запаси, які оконтурюються та підраховуються за класичними методами, за категоріями, враховуючі технічні границі видобутку.

Між тим всі міжнародні стандарти оцінки мінеральних ресурсів поділяють запаси на три основні категорії:

- «Measured» (виміряні ресурси),
- «Indicated» (вказані ресурси),
- «Inferred» (передбачені ресурси).

А ресурси, які мають економічно доцільну перспективу видобутку на два класи: Proved та Probable Reserves.

Такий підхід дає Інвесторам зрозуміле уявлення про реальні можливості родовища.

Основні відмінності між українською та міжнародними методиками полягають у наступному:

- «Українська методика» більше зосереджена на геологічних особливостях, а не на економічній оцінці, що може бути менш зрозумілим для іноземних інвесторів.

- «Міжнародні стандарти» (JORC, NI 43-101, SK-1300, тощо.) орієнтовані на ринкові потреби та вимоги фондових бірж, а також на економічні оцінки родовищ, що робить їх більш привабливими для міжнародних інвестицій.

- «Категорії» запасів у міжнародних стандартах більш орієнтовані на оцінку ризиків та економічної вигоди, тоді як українська система підрахунку має більш детальне геологічне підґрунтя.

Для залучення іноземних інвесторів українським компаніям все частіше доводиться адаптуватися до міжнародних стандартів оцінки запасів.

Сучасні методи оцінки мінеральних ресурсів сягнули величезних удосконалень. Наразі у світовій практиці лівова частка оцінок обчислюється за допомогою сучасного програмного забезпечення. Експерт по оцінці мінеральних ресурсів – Компетентна особа (за термінологією міжнародних стандартів) на свій розсуд обирає той чи інший підхід до оконтурювання мінералізації, методу інтерполяції якісних показників і класифікації мінеральних ресурсів, а також несе відповідальність за цю оцінку.

Новітнє програмне забезпечення містить різноманітні підходи до оконтурювання того чи іншого родовища. В K-MINE реалізовані наступні методи, які адаптовані для різних типів родовищ (рис. 1):

1. Класичне каркасне моделювання – застосовується для великих масивів концентрації рудної мінералізації. До таких типів відносяться родовища залізних руд, графіту, крупних магматичних утворень тощо.

2. Імпліцитне моделювання – характерне для більш складної конфігурації рудної мінералізації з витриманою або відносно витриманою потужністю покладу, з складною тектонікою.

3. Vine modelling – даний алгоритм застосовується для гідротермальних та інших жилоподібних родовищ, ускладнених розривними порушеннями. Даний алгоритм дозволяє застосовувати не лише дані літологічного опису розвідувальних свердловин, а включати додаткові параметри, такі як потужність жили, кути падіння й азимути простягання кожної жили. Такий комплексний підхід максимально відображає складні жильні рудопрояви, що у подальшому впливає не лише на обсяги мінеральної сировини, а й на подальше проектування рудника.

4. Numerical model (чисельна модель) – цей метод заснований на використанні комбінації математичних рівнянь для розрахунку складних геологічних сценаріїв розповсюдження мінералізації. Це дуже актуальний метод для інтерполяції різних сортів руд в межах рудної мінералізації. У якості вихідних даних можуть виступати різні критерії: вміст корисного компоненту, технологічні, геотехнічні параметри тощо.

5. Пластове моделювання – незамінний модуль для моделювання пластових родовищ, які характеризуються незначною потужністю, що унеможливорює застосовувати класичні методи каркасного моделювання.

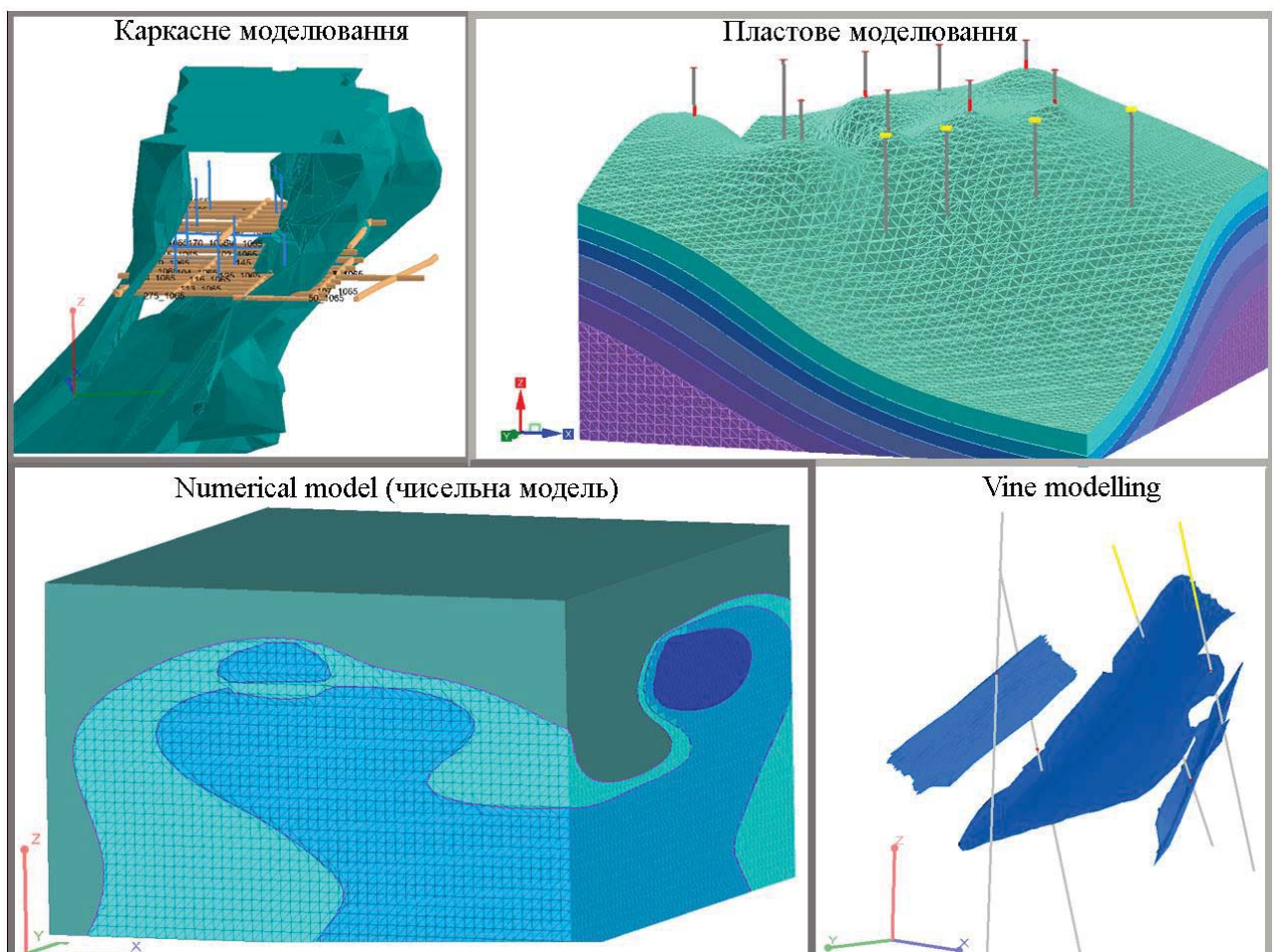


Рис. 1. Моделювання різних типів родовищ



Методи інтерполяції корисних і шкідливих компонентів в K-MINE також адаптовані для кожного типу мінералізації, обсягу та характеру первинних даних. Потужний модуль геостатистики включає різноманітні методи інтерполяції, такі як:

1. Ординарний Кригінг – метод застосовується при відносно рівномірному розподілі корисних компонентів у масиві даних, наближеному до ізотропного.

2. Логнормальний Кригінг – використовується при нерівномірному розподілі вихідних даних, які потребують додаткових математичних перетворень (наприклад, логорифмування).

3. Кригінг з дрейфом – у цьому методі за допомогою поліномів різних порядків використовуються складні геологічні виборки для інтерполяції вмістів, де, наприклад, простежується залежність розподілу вмістів корисних компонентів з просторовими координатами.

4. Кокригінг – алгоритм застосовується для одночасного процесу інтерполяції двох чи більше компонентів у комплексних рудах на основі більш вивченого компоненту (основного). Перед застосуванням цього методу попередньо проводиться кореляційний аналіз залежності одного корисного компоненту від іншого. Після підтвердження високого кореляційного зв'язку відбувається розрахунок кроссваріограми даних компонентів, рівняння якої застосовується для розрахунку менш вивченого (другорядного) компоненту.

Тривала практика використання програмного забезпечення при оцінці мінеральних ресурсів на світовій арені підтвердила той факт, що такий підхід до оцінок є не лише оперативним і зрозумілим, а й характеризується високою точністю та мінімізує ризики, пов'язані із похибкою у розповсюдженні та суцільності рудної мінералізації, точності інтерполяції показників тощо.

У програмному забезпеченні K-MINE реалізовані сучасні підходи до оцінок мінеральних ресурсів, які із високою достовірністю і та мінімальним використанням часу допомагають Компетентній особі виконати обґрунтований розподіл мінеральних ресурсів за категоріями. До таких методів відносяться:

**1. Оцінка мінеральних ресурсів за допомогою довірчого інтервалу ймовірності.**

**2. Застосування інтелектуальної обробки даних на основі нейронних мереж.**

Оцінка мінеральних ресурсів за допомогою довірчого інтервалу ймовірності є статистичним підходом, який дозволяє визначити інтервал, в якому з певною ймовірністю може знаходитись справжнє значення обсягу ресурсів. Цей метод дозволяє врахувати невизначеність даних і оцінок, що є особливо важливим у геологорозвідці та видобутку корисних копалин, де багато чинників можуть впливати на точність прогнозів.

Оцінка мінеральних ресурсів за допомогою довірчого інтервалу в K-MINE полягає у моделюванні ймовірності при використанні геостатистичних підходів інтерполяції даних. У цифровій блоковій моделі одночасно із процесом інтерполяції даних проводиться додатковий статистичний аналіз та обчислення параметру довірчого інтервалу. Інтерполяція даних, в свою чергу, спирається на варіограмний аналіз, визначення еліпсоїду анізотропії, вибір оптимальних радіусів за простяганням, падінням та потужністю рудної мінералізації та застосування даних варіограмних моделей при оцінці й кодуванні ресурсів за класами (Measured, Indicated, Inferred). Наприклад, якщо використовується 95%-й довірчий інтервал, це означає, що з імовірністю 95% справжнє значення обсягу ресурсів знаходитиметься в межах цього інтервалу. Довірчий інтервал допомагає оцінити ризики інвестицій або прийняття рішень у видобутку, оскільки надає інформацію про те, наскільки точними є ці оцінки. Тобто, застосування зазначеного методу дозволяє враховувати всі невизначеності та зробити Компетентній особі точні висновки як щодо обсягів мінеральних ресурсів, так і наскільки змінним є прогноз в їх наявності. В свою чергу інвестори та видобувні компанії можуть приймати обґрунтовані рішення на основі даних з оцінкою ймовірностей.

Таким чином, довірчі інтервали ймовірності дозволяють знизити ризики й підвищити точність оцінок мінеральних ресурсів.

Одними із перспективних методів підвищення якості геологічних досліджень є сучасні методи інтелектуальної обробки даних, які наразі впроваджуються до програмного забезпечення K-MINE.

Класичні методи машинного навчання та глибоко навчені нейронні мережі роблять великі успіхи у багатьох галузях знань й аспектах нашого повсякденного життя. Попередні висновки свідчать, що застосування алгоритмів аналізу даних із вчителем і без вчителя підвищують точність прогнозування геологічних характеристик (різновиди гірничих порід, якісні характеристики корисних копалин тощо), а також суттєво зменшують трудомісткість обробки геологічної інформації. Наприклад, витрати праці спеціалістів-геологів при побудови цифрового двійника родовища зменшується на 35-45% при поступовому використанні комбінованих алгоритмів машинного навчання на основі регресійного аналізу та дискретних методів дерев рішень (рис.2). Крім того, проводяться дослідження ефективності застосування нейронних мереж (рекурентних, згорткових, тощо) для обробки геологічної інформації, яку можна розташувати на плоских розрізах. Нейронні мережі добре навчаються знаходити певні об'єкти на розрізах (приміром, геологічні порушення), класифікувати мінералогічні різновиди та прогнозувати числові (наприклад, якість) й категорійні (наприклад, тип і сорт гірничої породи) величини. Для таких нейронних мереж потрібно провести достатньо тривалу процедуру попереднього навчання, схожу на процес навчання, який проходить спеціаліст-геолог протягом власної професійної діяльності. В якості вхідних даних можуть служити розрахунки цифрових двійників або блочних моделей, які виконали спеціалісти на основі власних знань, досвіду й інтуїції. Мережа здатна сприймати особливі характерні побудови на розрізах, запам'ятовувати умови їхнього розташування, зв'язок з іншими елементами розрізу, формувати прогнозні конфігурації гірничих тіл тощо. Попередньо навчена нейронна мережа потім може доучитися на даних певного родовища і з високою точністю відтворювати геологічну картину надр даного покладу. Ведуться дослідження ефективності роботи як власних попередньо навчених нейронних мереж, так і готових та загальнодоступних, які проходили навчання на мільйонах зображень та можуть бути пристосовані до практичних геологічних розрахунків.

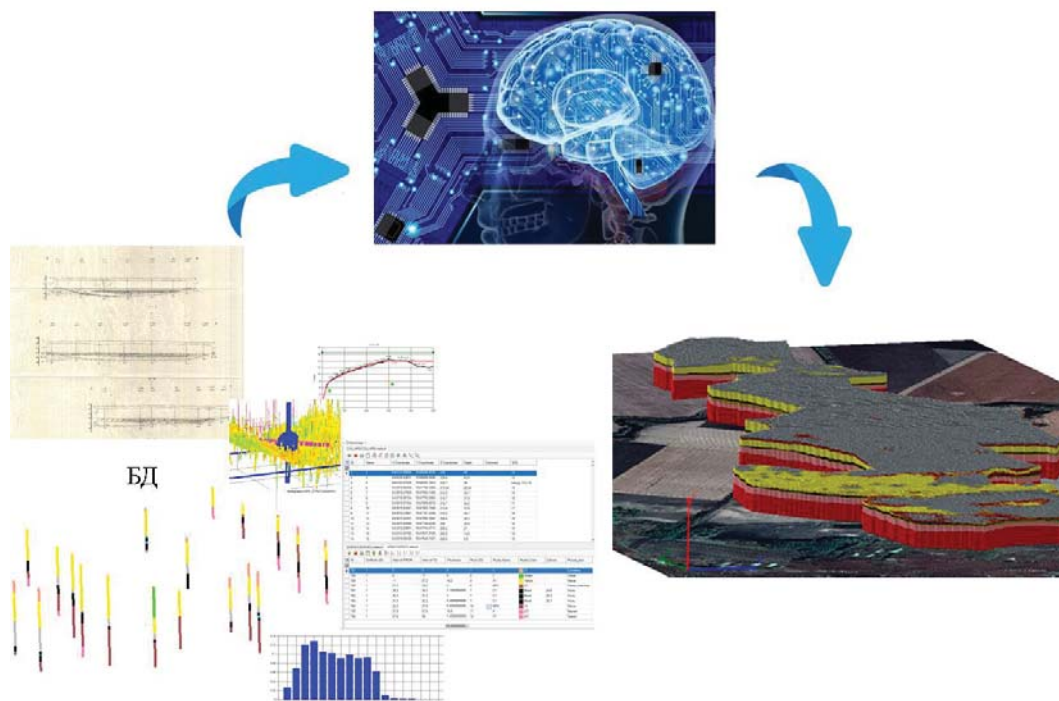


Рис. 2. Моделювання родовищ з використанням нейронних мереж

Багаторічний досвід 3D моделювання різних типів родовищ, створення великої кількості баз даних геологічних свердловин, векторизація геологічних структур спеціалістами геологами дозволило створити власний кейс-банк в K-MINE, який дозволяє застосовувати нейронні мережі для оперативного й адекватного створення блокових моделей покладів зон мінералізації різного типу. Зрозуміло, що поки зарано стверджувати, що геологічна інтелектуальна аналітично-інформаційна система здатна виконати певні розрахунки на рівні досвідченого спеціаліста-геолога, але в якості надійного помічника та порадирика вона скоро може стати незамінною.

Інвестиційна привабливість залежить від багатьох чинників, проте Україна, з її багатими мінеральними ресурсами, має потенціал стати ключовим гравцем на міжнародному ринку. Для цього необхідна модернізація інфраструктури, впровадження найсучасніших технологій, а також стабільна політична ситуація.

Щоб залучити більше інвестицій, Україна повинна продовжувати вдосконалювати нормативно-правову базу, спрощувати бюрократичні процедури для іноземних інвесторів і підвищувати рівень прозорості у видобувній галузі за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних технологій та адаптації ресурсної бази України до Міжнародних стандартів (JORC, NI 43-101, SK-1300, та ін.), які орієнтовані на ринкові потреби та вимоги фондових бірж.

#### **Список використаних джерел:**

1. Наукове супроводження геологічних об'єктів з метою оптимізації використання ресурсів надр (моніторинг надрокористування) / за ред. Г.І. Рудька. – Київ – Чернівці, 2015. – 592 с
2. Геоінформаційні технології в надрокористуванні (на прикладі ГІС K-MINE) / [Рудько Г.І., Назаренко М.В., Хоменко С.А., Нецький О.В. та ін.]; під ред. Г.І. Рудька, М.В. Назаренко. – К.: Академпрес, 2011. – 336 с.
3. Clark, I., Practical Geostatistics, 1979, Applied Science Publishers Ltd, 130pp. (can be freely downloaded from: <http://www.kriging.com>)
4. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves, The JORC Code 2012
5. Securities and Exchanges Commission's S-K 1300 Guide.
6. National Instrument 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects ("NI 43-101")

## РОЗВІДКА БУРШТИНУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ СВЕРДЛОВИННОГО ГІДРОРОЗМИВУ: ПРАКТИКА ТА ЇЇ АНАЛІЗ

*Курена Я.С.<sup>1</sup>, к. геол. н., ser\_lukas@ukr.net;*

*Матвеев А.В.<sup>2</sup>, д. геол. н., професор, mathwey@ukr.net;*

*Мамчур С.В.<sup>3</sup>, аспірант, mamchursv88@gmail.com;*

*1 – ТОВ «ДРІВ ГЕО», м. Рівне, Україна,*

*2 – Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків,  
ТОВ «ДРІВ ГЕО», м. Рівне, Україна,*

*3 – Львівський національний університет імені І. Франка, м. Львів,  
ТОВ «ДРІВ ГЕО», м. Рівне, Україна*

Наведені результати застосування методу свердловинного гідророзмиву (гідравлічного буріння) при розвідці покладів бурштину в умовах Рівненського Полісся. Уточнені як польова методика проведення гідробуріння, так і подальше застосування результатів. Зроблено низку висновків щодо можливості використання запропонованої методики при розвідці бурштинових відкладів.

## GEOLOGICAL EXPLORATION FOR AMBER WITH APPLICATION OF THE METHOD BY HYDRAULIC DRILLING: PRACTICE AND IT'S ANALYSIS

*Kurena Ya.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), ser\_lukas@ukr.net;*

*Matveyev A.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Prof., mathwey@ukr.net;*

*Mamchur S.<sup>3</sup>, postgraduate, mamchursv88@gmail.com;*

*1 – Limited liability partnership «DRIV GEO», Rivne, Ukraine,*

*2 – V. N. Karazin Kharkiv national university, Kharkiv,  
Limited liability partnership «DRIV GEO», Rivne, Ukraine,*

*2 – Ivan Franko L'viv National University, L'viv,  
Limited liability partnership «DRIV GEO», Rivne, Ukraine*

The results of application of the method by hydraulic drilling for the geological exploration for amber deposits with conditions of Rivne Polissia are given. Field methodic of hydraulic drilling and application of drilling results are specified. Also, we are drawn a number of conclusions regarding the possibility of use the proposed method for the geological exploration for amber deposits.

Історія встановлення, коротка характеристика та початковий аналіз проблематики застосування методу свердловинного гідророзмиву для розвідки покладів бурштину викладені у першій частині дослідження [1]. У другій частині подаємо аналіз перших результатів практичного застосування методу, отриманих під час геологорозвідувальних робіт, що супроводжувалися геологами ТОВ «ДРІВ ГЕО» в останні роки.

Геологорозвідувальні роботи на бурштин проводилися на двох ділянках надр на основі спеціальних дозволів на користування надрами, у відповідності до попередньо розроблених проєктів на геологічне вивчення. Обидві ділянки характеризуються складними умовами для проведення розвідки – значною залісненістю та заболоченістю.

Впродовж 2024 року геологи ТОВ «ДРІВ ГЕО» виконали супровід проходження понад 900 свердловин гідророзмиву. Свердловини гідророзмиву проходилися кваліфікованими працівниками підрядної організації із застосуванням сертифікованого обладнання. Під час проведення дослідно-промислового видобування у дослідних кар'єрах проведені спеціалізовані дослідження, що включали встановлення геометрії свердловин гідророзмиву та її зміни в залежності від геологічних умов.

Проєктами на геологічне вивчення передбачалося застосування свердловин гідророзмиву для пошуків перспективних для розвідки площ в межах заболочених територій та понижених ділянок із важко прохідною рослинністю (густі молоді ліси з чагарниками), де були наявні водовідвідні канали. Відповідно до методики, пошукові роботи проводилися проходженням свердловин гідророзмиву по мережі з рівними сторонами та профілями.



Проходження свердловин гідророзмиву по мережі 100×100 м показало, що витрати часу на прокладання водогону значно перевищують час проведення гідробуріння, і за восьмигодинний робочий день вдавалося пройти 4-6 свердловин гідророзмиву глибиною до 12 м на площі близько 2,0 га. Згущення мережі до 40×40 м дозволило за той самий час пройти 18 свердловин гідробуріння глибиною до 12 м на площі 1,6 га. Тому, для кожної ділянки геологорозвідувальних робіт, що є поєднанням ландшафтних і геологічних умов, можна підібрати мережу гідробуріння, яка забезпечуватиме максимальну ефективність розвідки.

Гідробуріння у профілях проводилося через 30-40 м при відстані між профілями 100 м. При цьому максимальної ефективності проведення робіт вдавалося досягнути при мінімальній відстані профілю до джерела технічної води.

Загалом гідробуріння потребує надійного водозабезпечення та розташування водозабору на відстані до 300 м. В окремих випадках можливе проведення робіт на відстані 1,0-1,2 км від місця водозабору. Надійне водозабезпечення – це забезпечення витрат води у 0,3-0,6 м<sup>3</sup>/хв протягом від 10 до 30 хв при бурінні однієї свердловини для роботи гідронаосу та створення відповідного тиску в нагнітальній частині обладнання.

Опираючись на досвід 2023-2024 років, на Поліссі оптимальний період виконання робіт із застосуванням свердловинного гідророзмиву триває з березня по липень та у листопаді-грудні. Це пов'язано із водністю каналів та копанок, яка є найменшою у серпні-жовтні, та холодним періодом узимку, коли вода може замерзати.

Перед проведенням пошукового та пошуково-розвідувального гідробуріння на певній площі передбачалося обов'язкове проходження бурових шурфів чи свердловин у безпосередній близькості до неї, або в її межах. Це забезпечує геолога, що виконує супровід гідробуріння, достовірною інформацією про геологічний розріз та склад порід, які можуть бути ним зустрінуті під час проведення робіт. Вже під час проведення свердловинного гідророзмиву геолог визначає геологічний розріз свердловини гідророзмиву орієнтуючись на найближчі бурові виробки.

Під час проходження свердловин гідророзмиву пухкі відклади руйнуються, перемішуються і перетворюються на водонасичену пульпу (гідросуміш). Тому, встановити точний геологічний розріз за допомогою свердловини гідророзмиву не можливо. Визначення глибини залягання покрівлі і підшови щільних глинистих порід можливе із похибкою ±10-30 см. Для піщаних порід, що мають різне контрастне забарвлення, похибка визначення границь становить близько 0,5 м. Якщо зміна літологічного чи стратиграфічного шару не супроводжується контрастною зміною складу або забарвлення, то похибка визначення глибини цієї зміни збільшується до 1 м або ця зміна взагалі не може бути встановлена.

Для визначення бурштиноносності використовувалася технологія, що передбачала у непорушених старательським гідророзмивом розрізах проходження одного вертикального каналу із швидким проходженням розкривних порід та повільним зануренням у бурштиноносні породи і затримкою на 15-20 хвилин на рівні їх підшови. У порушених старательським гідророзмивом розрізах канал гідробуріння часто потрапляв у розмиті породи і самовільно відхилився у бік найменшого спротиву (в перемиті техногенні породи). Тому, для точнішого визначення стану зміни продуктивного покладу під впливом попереднього гідропомпового видобування, число каналів гідробуріння збільшувалося до 2-5, в залежності від ступеню перетворення ділянки.

В результаті пошукового та пошуково-розвідувального гідробуріння отримано інформацію про глибину залягання підшови та покрівлі бурштиноносних відкладів, їх потужність, наявність кускового бурштину фракції +10 мм, його кількість та включення фосилізованих рослинних решток у бурштиноносних відкладах. Руйнування та перемішування породи у свердловині гідророзмиву виключає можливість встановлення літологічної характеристики та стратиграфічної приналежності відкладів, що складають геологічний розріз.

На стадії детальних розвідувальних робіт, після проведення буріння шурфів мережею 50×50 м, за допомогою свердловин гідророзмиву виконується уточнення поширення бурштиноносних відкладів. Для цього між шурфами, де встановлені промислові вмісти бурштину та шурфами, у яких промислові вмісти не встановлені, виконується згущення мережі свердловинами гідророзмиву. В залежності від характеру зміни продуктивності покладу в бік її зменшення мережа може змінюватися від 25×25 м до 10×10 м. В середньому використана нами мережа уточнюючого гідробуріння становила 20×20 м.

Перед початком дослідно-промислової розробки на прохання надрокористувача виконана експлуатаційна розвідка з використанням методу свердловинного гідророзмиву в межах ділянки порушеної гідропомповим видобуванням. Обрана мережа гідробуріння становила близько 20×20 м. В результаті проведених робіт визначено ділянки з різною інтенсивністю порушення продуктивного покладу, а також уточнено характер бурштиноносності в межах розвіданої площі – виділені ділянки з більшою продуктивністю.

Подальше відпрацювання ділянки дослідно-промислової розробки показало відсутність ускладнення гірничо-геологічних умов експлуатації покладу після проведеної експлуатаційної розвідки за розробленою нами методикою.

З метою встановлення геометрії свердловин гідророзмиву та її зміни в залежності від геологічних умов проведені спеціалізовані дослідні роботи у кар'єрах дослідно-промислового видобування. При цьому під час видобувних робіт у місцях раніше пройдених свердловин гідророзмиву за допомогою екскаватора здійснювалося пошарове зняття породи у вертикальному та горизонтальному розрізах.

В результаті досліджень встановлено, що попередньо прийнята модель свердловини гідророзмиву [1, 2] є принципово не вірною. Описані нами свердловини мали загальну форму лійки, яка на поверхні мала діаметр 1,0-1,6 м, на глибині 1,5-2,5 м звужувалася та розщеплювалася на окремі канали, що в межах продуктивних відкладів мали діаметр 0,3-0,5 м (в середньому – 0,4 м). До низу канали часто незначно (до 0,1 м) розширювалися, а біля подошви значні за об'ємом камери не спостерігалися. У перерізі канали мають ізометрично-циліндричну форму, непостійну в розмірах за шириною. Кожен канал гідробуріння характеризує спробу розширити свердловину в бік від початково здійсненого розмиву. При разовому вертикальному опусканні та підніманні нагнітальної частини обладнання утворюється один канал гідророзмиву із вище наведеними параметрами.

Простір між каналами складений непорушеними продуктивними відкладами або, рідше, раніше переминою техногенною породою. Спостерігалися випадки, коли канали сполучалися між собою або повторювали канали раніше пройдених свердловин гідророзмиву під час гідропомпового видобування.

Визначена геометрія свердловин гідророзмиву дозволяє точніше визначити об'єм бурштиноносних відкладів, який вони розмивають. Це в свою чергу дає можливість більш достовірно виконати підрахунок вмісту корисної копалини у розвідуваному покладі.

За новими даними об'єм промитої бурштиноносної породи під час проходження свердловини гідророзмиву визначається як добуток усередненої площі каналу гідророзмиву, потужності бурштиноносного шару та кількості пройдених каналів (повних спроб розширення свердловини гідророзмиву). Визначений таким чином об'єм все одно не відображає істинне значення, адже фактично канал є неправильним «черв'ячним» отвором із змінними розмірами по вертикалі, а потужність бурштиноносного шару визначається з певною похибкою.

Тому, при застосуванні методу свердловинного гідророзмиву визначений вміст бурштину вказує лише на наближене значення і не може бути використаний для підрахунку запасів корисної копалини. Проте, кількісні значення вмісту бурштину можуть використовуватися для оцінки можливої продуктивності покладу і співставлятися із значеннями отриманими під час проходження бурових шурфів.

Проведені дослідження також вносять коригування у методику проходження свердловин гідророзмиву: для досягнення об'єму опробованої породи, що відповідає

бурінню шурфа діаметру 500 мм, необхідно проходити мінімум два канали гідророзмиву в свердловині.

Наразі на ділянках надр тривають дослідні роботи зі співставлення запасів бурштину підрахованих із використанням свердловин гідробуріння, бурових шурфів та проходження дослідно-промислового видобування. Також спеціалістами ТОВ «ДРІВ ГЕО» проводиться вивчення механізму та повноти видобування бурштину методом свердловинного гідророзмиву.

За результатами практичного застосування методу свердловинного гідророзмиву при проведенні геологорозвідувальних робіт на бурштин, можна зробити наступні висновки:

- метод може ефективно застосовуватися при проведенні детальної та експлуатаційної розвідки покладів бурштину у поєднанні з класичними методами;
- дотримання технології виконання робіт за розробленою методикою не ускладнює гірничо-геологічні умови експлуатації покладу;
- визначений вміст бурштину при проходженні свердловин гідророзмиву вказує лише на наближене значення і не може бути використаний для підрахунку запасів корисної копалини;
- необхідне проведення подальших досліджень, щодо умов застосування методу, його ефективності та можливого впливу на екологію, проведення експертизи отриманих результатів Державною комісією України по запасах корисних копалин;
- у разі позитивного висновку Державної комісії розробити і прийняти відповідні доповнення до Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ бурштину.

#### **Список використаних джерел:**

1. Курепа Я.С., Матвеев А.В., Мамчур С.В. Розвідка бурштину із застосуванням методу свердловинного гідророзмиву: початковий аналіз та проблематика // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування: Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 9 - 12 жовтня 2023 р.). – К., 2023. – С. 187–192.
2. Niec M., Jurys L., Kasinski J. R, Klich J., Kramarska R., Listkowski W., Lazowski L., Malka A., Mucha J., Salacinski R., Saternus A., Urbanski P., Zielinski K. Zasady poszukiwan i dokumentowania zloz bursztynu. Zalecenia metodyczne. – Warszawa, 2010. – 52 s.

## ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЗА СЦЕНАРНИМ МЕТОДОМ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПРОЕКТУ

*Костенко Д.Т., к. геол. н., kostenko@ukrzemresource.com.ua,  
ТОВ «УКРЗЕМРЕСУРС», Київ, Україна*

На конкретному прикладі наведено процес та результати застосування сценарного методу при визначенні оптимального напрямку розвитку проекту з освоєння покладів вуглеводнів на стадії попереднього проектування.

## MAKING A MANAGEMENT DECISIONS ACCORDING TO THE SCENARIO METHOD OF PROJECT RISKS ASSESSMENT

*Kostenko D., Cand. Sci. (Geol.), kostenko@ukrzemresource.com.ua,  
UKRZEMRESURS LLC, Kyiv, Ukraine*

On a concrete example, the process and results of the application of the scenario method in determining the optimal development direction of the hydrocarbon deposits development project at the preliminary design stage are given.

**Вступ.** Сучасні умови потребують раціонального зваженого підходу до прийняття рішень з управління комерційними нафтогазовими активами. На початковому етапі дуже важливою є об'єктивна та достовірна оцінка об'єкту інвестування. Невизначеності потребують комплексного підходу до їх кількісної оцінки та обґрунтування оптимальних напрямів розвитку проекту.

Метою даної доповіді є ознайомлення з результатами реалізації сценарного методу проектування та кількісної оцінки ризиків при визначення напрямку розвитку проекту.

В основу оцінки об'єкту досліджень покладено стандартні методики, передбачені міжнародною системою управління вуглеводневими ресурсами PRMS.

В якості ілюстрації наведено конкретний приклад результатів кількісної оцінки сценаріїв розвитку проекту газового родовища Akkas (Республіка Ірак) на стадії попереднього проектування.

Родовище Akkas відкрито у 1992 році свердловиною № 1: при випробування продуктивного горизонту Khabour в верхній частині відкладів ордовікського віку отримано приплив газу з конденсатом (Qg від 250 до 570 тис. м<sup>3</sup>/добу). Загалом на родовищі пробурено 6 свердловин, 4 з яких знаходяться в контурі газонасності.

З 2023 року на родовищі ведеться видобуток продукції 4 свердловинами. Аналіз наявних геолого-геофізичних та геолого-промислових даних не дозволяє зробити однозначні висновки про промисловий потенціал родовища. Відсутність достовірних даних про видобуток та динаміку пластових тисків не дає можливості визначити обсяг доведених запасів ВВ.

За результатами аналізу геолого-геофізичних та геолого-промислових даних для покладу Khabour було визначено (рис. 1):

1. Початкові обсяги ВВ (PIIP) відносяться до відкритих (Discovered);
2. Видобувні обсяги ВВ відносяться до комерційних (Commercial), і класифікуються як вірогідні (Probable) та можливі (Possible) запаси;
3. Сучасний стан зрілості проекту відповідає підкласам Ведеться видобуток (On Production) та Розробка обґрунтована (Justified for Development).

Згідно до сервісного контракту (Gas Development and Production Service Contract) визначені базові рівні видобутку газу, які обумовлюють початок компенсаційних виплат та винагороди: Перший комерційний рівень (The First Commercial Production) що відповідає добовому видобутку  $100 \cdot 10^6$  кубічних футів (MMSCF) та період розробки плато (Plateau Production Period), що відповідає досягненню та утриманню рівня добового видобутку 400 MMSCF.



<b>Total Petroleum Initially-In-Place (PIIP)</b>	<b>Discovered PIIP</b>	<b>Production</b>						<b>Project Maturity Sub-classes</b>				
		<b>Commercial</b>	Reserves						On Production			
			LOW 1P P1 Proved	BEST 2P P2 Probable			HIGH 3P P3 Possible			Approved for Development		
			Contingent Resources						Justified for Development			
		<b>Sub-Commercial</b>	Unrecoverable						Development Pending			
			1C C1		2C C2		3C C3		Development On Hold			
	Unrecoverable						Development Unclassified					
	<b>Undiscovered PIIP</b>	Unrecoverable						Development Not Viable				
		Prospective Resources						Prospect				
		1U P90		2U P50		3U P10		Lead				
Unrecoverable						Play						

← **Range of Uncertainty** →

**–Increasing Chance of Commerciality –** ↑

**Рис.1. Аналіз проекту згідно до PRMS**

З метою визначення оптимального економічно ефективного шляху досягнення контрактних прогнозних показників видобутку ВВ було розроблено і проаналізовано 2 вірогідні сценарії розвитку проекту на початковому етапі (рис. 2).

	Рік	2024				2025				2026				2027		
	Квартал	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
	Оновлення моделі родовища															
	Буріння параметричної свердловини															
Сценарій 1	Буріння експлуатаційних свердловин															
	Фонд свердловин	4	4	4	5	3	4	4	8	8	12	12	16			
Сценарій 2	Буріння експлуатаційних свердловин															
	Фонд свердловин	4	4	8	9	9	10	14	16	16	16	16	16			

**Рис. 2. План-графік експлуатаційного буріння згідно до прогнозних сценаріїв**

Сценарій 1 (Scenario 1) екстенсивний, розроблений таким чином, що початок експлуатаційного буріння запланований після закінчення буріння та досліджень параметричної свердловини (Appraisal well) і оновлення геологічної (в т. ч. гідродинамічної) моделі родовища.

Сценарій 2 (Scenario 2) інтенсивний, визначає початок експлуатаційного буріння паралельно з бурінням параметричної свердловини.

Для кожного сценарію обраховано прогнозні ризики (вірогідності успіху – POS) (табл. 1).

Таблиця 1

Визначення ризиків сценаріїв

	Scenario 1	Scenario 2
Ймовірність геологічного відкриття (Chance of geological Discovered), P <sub>g</sub> , частка од.	1,00	1,00
Ймовірність введення в розробку (Chance of Development), P <sub>d</sub> , частка од.	0,72	0,42
Ймовірність успішності буріння, частка од.	0,80	0,60
Ймовірність оптимальної точки розкриття резервуару, частка од.	0,90	0,70
POS, %	72,0	42,0

Прогнозний період по кожному сценарію з 4 кварталу 2024 до 3 кварталу 2027 року (вихід на рівень плато розробки та його підтримка). Максимальний фонд видобувних свердловин (проектних та існуючих) – 16 (рис. 3).

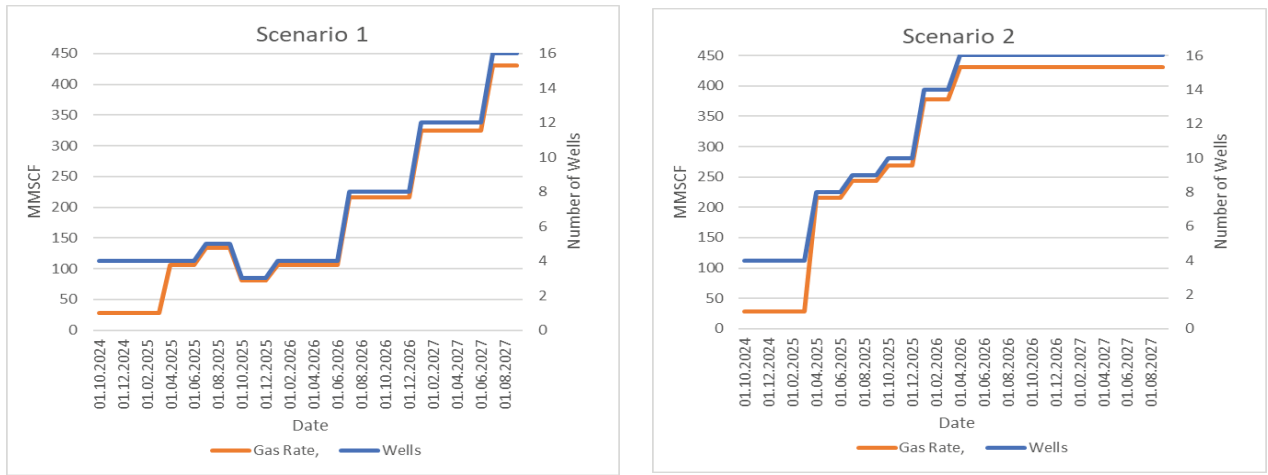


Рис. 3. Прогнозні дебіти газу та фонд свердловин

Економічний аналіз проекту (відповідно до сценаріїв та умов Договору) вказує на його високу ефективність загалом та суттєву різницю в динаміці основних показників (рис. 4, табл. 2)

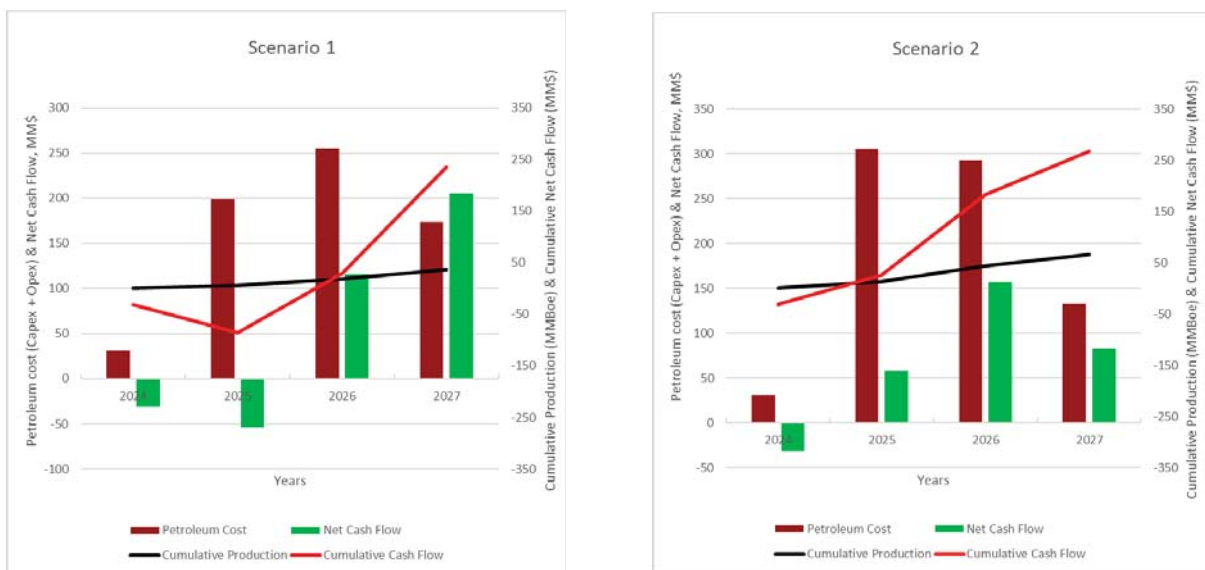


Рис. 4. Економічний прогноз проекту розробки

Таблиця 2

## Основні економічні показники проекту по сценаріях

Показник	Од.	Сценарій 1	Сценарій 2
Обсяг видобутку ВВ	ММВое	37	66
Витрати на вуглеводневу продукцію (Petroleum Cost): <i>Капітальні витрати (Capex)</i>	ММ\$	658	763
<i>Операційні витрати (Opex)</i>		152	257
Чистий накопичений грошовий потік (Net Cash Flow)	ММ\$	235	267
Чистий дисконтований накопичений грошовий потік (NPV <sup>10%</sup> )	ММ\$	169	213
IRR	%	93	250

За результатами економічного моделювання розраховано приведені чисті грошові потоки (при коефіцієнті дисконтування 10%), побудовані дерева рішень (Design Tree) по кожному з сценаріїв та визначено (з врахуванням прийнятих ризиків) показник EMV (рис. 5, 6).

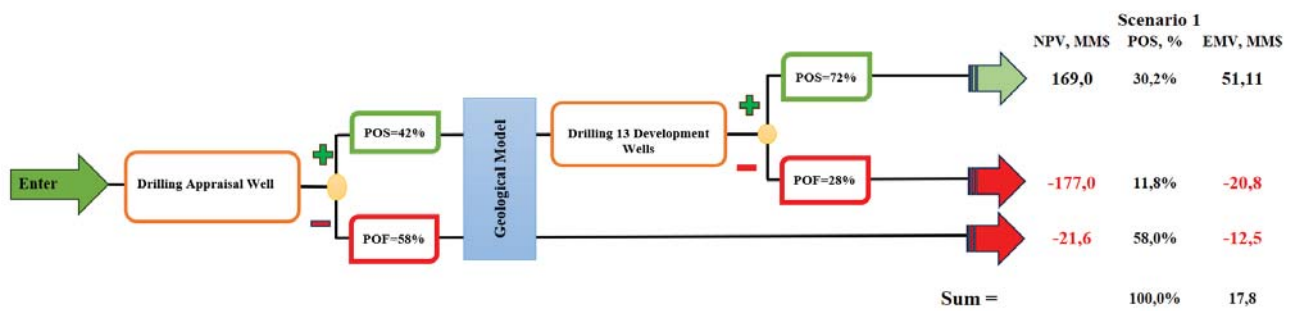


Рис. 5. Дерево рішень для сценарію 1

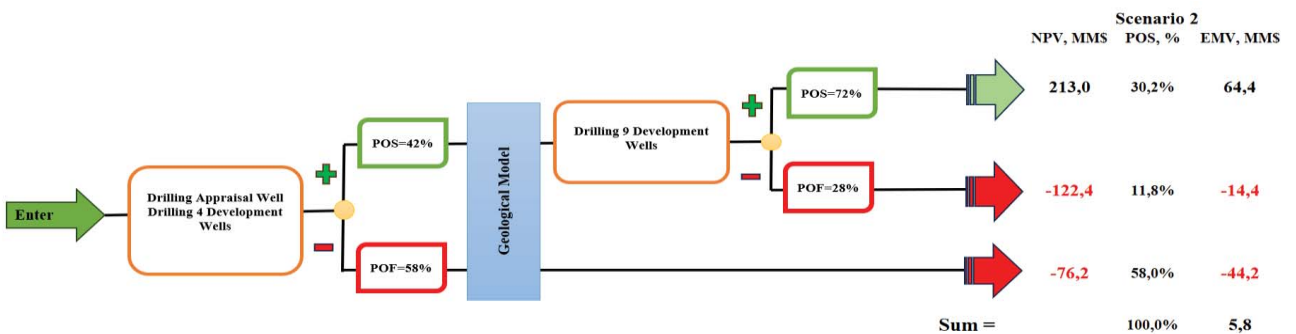


Рис. 6. Дерево рішень для сценарію 2

**Висновки.** За результатами застосування сценарного підходу та комплексного кількісного техніко-економічного аналізу проекту, визначено:

1. Загалом, при однаковому рівні необхідних інвестицій, інтенсивний сценарій (Scenario 2) виглядає більш економічно ефективним і привабливим.
2. Але, враховуючи умови Сервісного Договору та ймовірні ризики, для Компанії-оператора більш привабливим є екстенсивний сценарій (Scenario 1), згідно до якого витримується послідовність ГРР та зменшуються технологічні та геолого-промислові невизначеності.

## **ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ВІДШКОДУВАННЯ ЗБИТКІВ, ЗАПОДІЯНИХ ДЕРЖАВІ ВНАСЛІДОК САМОВІЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ НАДРАМИ (І В ТОМУ ЧИСЛІ РФ)**

*Сухіна О.М.<sup>1</sup>, к. екон. н., с. н. с.,*

*Бодюк А.В.<sup>2</sup>, к. екон. н., с. н. с., g2030@ukr.net,*

*1 – Інститут демографії та проблем якості життя НАН України, м. Київ, Україна,*

*2 – Науково-дослідний заклад «Ресурси», Київ, Україна*

У чинній Методиці визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами, не враховуються всі показники. При самовільному користуванні надрами РФ, оцінювання економічних збитків земельним і лісовим ресурсам нашої держави та фауни внаслідок військової агресії РФ є досить актуальним в першу чергу задля встановлення реальних сум, які повинна сплатити росія Україні. Безумовно, що в умовах військових подій не виключається самовільне і не раціональне користування надрами. Комплекс негативних наслідків є результатом ганебного руйнування територій України, зокрема земель і родовищ корисних копалин, які є власністю Народу України.

## **ON THE IMPROVEMENT OF METHODOLOGY FOR DETERMINING THE AMOUNTS OF COMPENSATION FOR DAMAGES CAUSED TO THE STATE AS A RESULT OF THE UNAUTHORIZED SUBSOIL USE (INCLUDING BY THE RF)**

*Sukhina O.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Econ.), senior researcher,*

*Bodyuk A.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Econ.), senior researcher, g2030@ukr.net,*

*1 – Institute for Demography and Life Quality Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine,*

*2 – Research institution «Resource», Kyiv, Ukraine*

The current Methodology for determining the amounts of compensation for damages caused to the state as a result of the unauthorized subsoil use does not consider all indicators. In case of the unauthorized subsoil use by the Russian Federation, the assessment of economic damages to our land and forest resources and fauna as a result of Russia's military aggression is quite relevant, first of all, for the calculation of real amounts that Russia must pay to Ukraine. Undoubtedly, in the conditions of military events, unauthorized and irrational subsoil use is not excluded. The complex of adverse consequences is the result of the shameful destruction of Ukraine's territories, in particular lands and mineral deposits that are the property of the People of Ukraine.

**Вступ.** В процесі організованого видобутку корисних копалин у мирний час з'являються марсіанські пейзажі, то воєнні дії мають значний руйнівний вплив на екосистеми. При цьому гинуть живі організми. 15 вересня 2022 року Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України затвердило Наказ "Про затвердження Методики визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами". В Наказі є п.3: "Затвердити Зміни до Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів, затвердженої наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 20 липня 2009 року № 389". Тобто, держава переймається збереженням водних ресурсів при видобутку корисних копалин.

В розділ I Методики від 15 вересня 2022р. є п. 6.: "Збитки, заподіяні державі внаслідок самовільного користування надрами, підлягають відшкодуванню державі суб'єктами самовільного користування надрами".

В цій Методиці є розділ IV "Розрахунок розміру збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами, крім самовільного користування надрами на тимчасово окупованих територіях та на іншій території України внаслідок збройної агресії Російської Федерації". Також є V "Розрахунок розміру збитків, заподіяних державі в результаті самовільного користування надрами на тимчасово окупованих територіях та на іншій території України внаслідок збройної агресії Російської Федерації".



У п. 5 зазначено, що розмір збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного видобування корисних копалин на тимчасово окупованих територіях та на іншій території України внаслідок збройної агресії Російської Федерації, визначається за певною формулою, яка враховує:

- об'єм (кількість) самовільно видобутих корисних копалин (т; м-3; кг, г, карат);
- вартість об'єму (кількості) корисних копалин (мінеральної сировини), видобутих у відповідних податкових періодах під час тимчасової окупації території Автономної Республіки Крим та міста Севастополя та деяких інших територій, що обчислюється та надається за відповідним запитом органу влади, який здійснює розрахунок розміру збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну податкову політику, для кожного виду корисної копалини (мінеральної сировини) для кожної ділянки надр на базових умовах поставки (склад готової продукції гірничого підприємства) відповідно до пункту 252.6 статті 252 Податкового кодексу України (грн за маси або об'єму) як середня величина задекларованої у таких податкових періодах надрокористувачами України бази оподаткування (вартості видобутих корисних копалин (мінеральної сировини));
- коригуючий коефіцієнт, який відповідає категорії ступеню геолого-економічної вивченості корисних копалин на відповідній ділянці надр.

Методика має розділ VI "Направлення розрахунку розміру збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами, для їх стягнення". У п.2 цього розділу зазначено, що "Розрахунок розміру збитків, заподіяних державі в результаті самовільного користування надрами на тимчасово окупованих територіях та на іншій території України внаслідок збройної агресії Російської Федерації направляється до органів прокуратури".

Проте не всі показники враховуються, і не здійснюється екосистемне оцінювання таких збитків, не враховується вартість тварин, і в тому числі мікроорганізмів. Для того, щоб рф – країна-агресорка – відшкодувала збитки державі внаслідок самовільного користування надрами спочатку в Україні прийняли Постанову Кабінету Міністрів України від 20 березня 2022 р. № 326 "Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації". Цей Порядок встановлює процедуру визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації, починаючи з 19 лютого 2014 року.

Проте при видобутку корисних копалин завдаються збитки земельним і лісовим ресурсам. Доцільно це враховувати. Щодо оцінювання збитків земельним ресурсам внаслідок військової агресії рф, то прийнято Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 4 квітня 2022 року №167 "Про затвердження Методики визначення розміру шкоди завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану".

Щодо здійснення економічної оцінки лісовим ресурсам через вторгнення рф, прийнята Методика визначення шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації, затверджена Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 5 жовтня 2022 року №414. До цієї Методики включено й оцінювання збитків фауни лісів. Методика застосовується для визначення шкоди та збитків, заподіяних земельним ділянкам лісгосподарського призначення, захисним насадженням лінійного типу, лісовим розсадникам, лісовим культурам та мисливським угіддям внаслідок збройної агресії Російської Федерації, що включає втрати лісових насаджень та пов'язані із ними.

Проте діючі методики не враховують всіх показників, спираються на оцінки 1997р., не враховуються втрати екосистемних послуг, такси є досить незначними. Тому оцінювання економічних збитків земельним і лісовим ресурсам нашим Інститутом демографії та проблем якості життя буде сприяти отриманню більш точних результатів.

**Мета** статті: провести обґрунтування щодо вдосконалення чинної методики обчислення збитків від незаконного надкористування та руйнування поверхні земельних площ та внутрішніх глибин територій.

**Методи** дослідження: логічний, документальний.

**Виклад основного матеріалу.** При економічному оцінюванні збитків важливо врахувати ті властивості земельних та лісових ресурсів, які не враховуються чинними методиками, а саме:

- втрати екосистемних послуг,
- ринкових позицій природних ресурсів (вартісних показників тощо).

Також доцільно порахувати такі збитки для конкретних громад, як пілотний проект.

Нові методики (окремо для земельних і окремо для лісових ресурсів) повинні враховувати:

- оцінювання стану та
- власне оцінювання збитків.

Доцільно врахувати місце громад в процесі оцінювання збитків, диференціацію громад за впливом війни. Необхідно знати: чи територіальні громади обліковують економічні збитки для земельних та лісових ресурсів. Необхідно визначити важливість цих питань в умовах війни і в процесі повоєнної реконструкції.

Необхідно розуміти: що являє собою процедура оцінювання збитків земельним і лісовим ресурсам внаслідок військової агресії. Це комплекс заходів різного спрямування (технічного, наукового), спрямованих на ідентифікацію порушень природним ресурсам під впливом війни (оцінювання стану) і визначення втрат їх властивостей (оцінювання збитків) у грошовому виразі. Ці заходи повинні бути системними за своїм походженням – реалізовуватися в межах чітких координат, визначатися спільним базисом і спрямуванням, враховуючи ключові показники порушень природним ресурсам.

Процедура оцінювання збитків земельним і лісовим ресурсам керується принципами, які її спрямовують. Основними принципами виступають такі, як компліментарність, ефективність, інклюзивність. Компліментарність – взаємодоповнюваність системи оцінювання збитків та існуючої системи державного обліку з цих питань (щоб вони могли адекватно “співпрацювати”); ефективність – можливість врахування основних параметрів збитків для природних ресурсів при менших вхідних показниках, врахування тих показників, які іншими методиками не враховано, але вони суттєво максимізують збитки; інклюзивність – врахування в процесі оцінювання збитків позицій різних користувачів природних ресурсів (приватні власники, територіальні громади).

Оцінювання стану передбачає врахування зміни фізичних, хімічних і механічних властивостей природних ресурсів під впливом війни. Це може бути порушення верхнього шару ґрунту, його забруднення небезпечними речовинами (нафтопродуктами, залишками снарядів), лісові пожежі, механічне пошкодження дерев під час боїв, міни і боєприпаси, що й досі є в цих лісах, загроза потрапляння радіаційно забруднених речовин тощо. Оцінювання стану і його параметри є основою, базисом для оцінювання збитків.

Економічне оцінювання збитків передбачає врахування рівня втрат для земельних і лісових ресурсів під впливом війни у грошовому виразі. Зміни стану природних ресурсів зумовлюють формування збитків. Ці зміни стану в зоні бойових дій бувають значними, ніж за звичайних умов, і призводять до втрати для земельних і лісових ресурсів своїх властивостей.

При здійсненні оцінювання економічних збитків земельним та лісовим ресурсам доцільно враховувати наступне:

- важливість цих питань в умовах війни і в процесі повоєнної реконструкції;
- що корисного, якщо вивчати ці питання;
- значення для держави, територіальних громад;
- шляхи використання напрацювань;
- змістовні координати поняття оцінювання збитків;

- принципи;
- визначення поняття оцінювання збитків;
- авторські підходи до цього поняття (які особливості ці підходи охоплюють);
- визначення поняття в межах цієї теми. Його особливості. Принципи оцінювання збитків;
- переваги оцінювання стану (що корисного і що враховується);
- оцінювання стану як основа для оцінки збитків;
- можливі приклади оцінювання стану для природних ресурсів (наприклад, були лісові пожежі);
- врахування в процесі оцінювання збитків порушень властивостей земельних та лісових ресурсів, а також рівня втрат для цих ресурсів, масштабів цих збитків в процесі війни;
- облік втрат екосистемних послуг; масштаби цих процесів;
- врахування просторових варіацій та просторових особливостей оцінювання збитків; принципи просторового оцінювання збитків;
- місце громад в процесі оцінювання збитків; диференціація громад за впливом війни (чи громади обліковують збитки для земельних і лісових ресурсів; чи є фіксація на місцевому рівні)?

В процесі виконання НДР нами подано Запит на отримання інформації щодо знищення тварин військами РФ до Державного агентства лісових ресурсів України. Для встановлення розміру економічних збитків, завданих тваринам лісових екосистем військами РФ, і не лише вбитих тварин, а для встановлення вартості відновлення їх поголів'я, необхідні наступні дані:

- вартість вигодовування тварини (у тому числі ссавців, птахів, плазунів, земноводних та інших) з народження та її догляду і до дорослого віку;
- вартість вигодовування і догляду самців протягом року;
- вартість вигодовування самок протягом року;
- вартість догляду за новонародженими тваринами;
- вартість облаштування умов проживання тварин;
- вартість послуг ветеринара;
- вартість лікування тварин та інше.

Також необхідні дані про кількість убитих в Україні військами РФ кожного виду тварин.

Доцільно знати: яким чином визначається кількість убитих тварин.

В Департаменті природно-заповідного фонду та біорізноманіття Міндовкілля України таких даних немає, як і в ДП "Ліси України", хоча в ДП "Ліси України" в підпорядкуванні є мисливські господарства, де розводять тварин.

Є також Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України та Міністерства екології та природних ресурсів України "Про затвердження Такс для обчислення розміру відшкодування збитків, завданих унаслідок порушення законодавства в галузі мисливського господарства та полювання (крім видів, занесених до Червоної книги України)" від 19 червня 2017 року № 301/222.

Є додаток 7 "Такса для обчислення розміру шкоди, заподіяної порушенням законодавства про природно-заповідний фонд внаслідок незаконного добування чи знищення об'єктів тваринного світу, пошкодження або знищення їх жител та споруд, місць перебування і розмноження" до Постанови Кабінету Міністрів України від 10 травня 2022 року № 575 "Про затвердження спеціальних такс для обчислення розміру шкоди, заподіяної порушенням законодавства про природно-заповідний фонд",

Проте для визначення збитків тваринному світу, завданих військами РФ, чинних в Україні Методик оцінювання відповідних збитків та встановлених такс є недостатньо. Розміри збитків повинні бути більшими в рази, але економічно обґрунтованими.

Тому саме наш Інститут допоможе визначити більш точні розміри збитків земельним і лісовим ресурсам, і в тому числі при видобутку корисних копалин.

Важливу роль в оцінюванні збитків відіграють громадські організації, зокрема Українська природоохоронна група, головою якої є Олексій Василюк. Вони здійснюють оцінку збитків природним ресурсам, враховуючи втрати екосистемних послуг та інші показники. Тому для нашого Інституту будуть корисними результати їх досліджень.

В статті [2] описано, як ГО "Українська природоохоронна група" планує розробляти методики з оцінювання збитків природним ресурсам внаслідок військових дій рф з урахуванням втрат екосистемних послуг. Дослідження проводиться в рамках проєкту «Разом за екологічну демократію, справедливість та верховенство права в Україні» за фінансової підтримки ЕПЛ та Уряду США.

**Висновки.** Таким чином, у чинній Методиці визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами, не враховуються всі показники. При самовільному користуванні надрами рф, оцінювання економічних збитків земельним і лісовим ресурсам нашої держави та фауні внаслідок військової агресії рф є досить актуальним в першу чергу задля встановлення реальних сум, які повинна сплатити росія Україні.

При оцінюванні збитків важливо врахувати ті властивості природних ресурсів, які не враховуються за офіційними методиками. Зокрема, це втрати екосистемних послуг, ринкових позицій природних ресурсів (вартісних показників тощо). Включення цих збитків до загальної системи збитків має сприяти зростанню їх величини.

#### **Список використаних джерел:**

1. Екосистемні послуги і війна: що ми втрачаємо, коли зникає природа? (ГО "Українська природоохоронна група"). Дата публікації: 7 листопада 2022р. URL: [uncg.org.ua](http://uncg.org.ua).



## СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЕРХНЬОКРЕЙДОВО-ЕОЦЕНОВИХ УТВОРЕНЬ ПЕРЕДОВИХ СКИБ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ – НОВІ КРИТЕРІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ НА ВУГЛЕВОДНІ

*Генералова Л.В., к. геол. н. доцент, larysa.heneralova@lnu.edu.ua,  
Борняк У.І., к. геол. н. доцент, ulyana.bornyak@lnu.edu.ua,  
Генералов А.В., аспірант, anton.heneralov@lnu.edu.ua,  
Костюк О.В., к. геол. н. доцент, oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua,  
Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна*

Розглянуто доцільність використання вивчення седиментологічних особливостей верхньокрейдово-еоценових стратифікованих утворень розрізів передових скиб Українських Карпат для уточнення критеріїв прогнозування потенційно перспективних на прояви вуглеводнів територій та нові перспективи для довивчення районів.

## STRUCTURAL-TEXTURAL FEATURES OF UPPER CRETACEOUS-EOCENE FORMATIONS OF THE FORETHRUSTS IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS – NEW CRITERIA FOR HYDROCARBON PREDICTION

*Heneralova L., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., larysa.heneralova@lnu.edu.ua,  
Bornyak U., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., ulyana.bornyak@lnu.edu.ua,  
Heneralov A., postgraduate, anton.heneralov@lnu.edu.ua,  
Kostyuk O., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua,  
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine*

The feasibility of using the sedimentological features of Upper Cretaceous-Eocene stratified formations in the sections of the Ukrainian Carpathians' forethrusts has been assessed to refine the criteria for predicting potentially promising hydrocarbon-bearing areas and new prospects for further exploration of the regions.

**Вступ.** Енергетична незалежність України потребує нарощування енергетичного потенціалу країни. Західний нафтогазоносний регіон – найстаріший в Україні, який не зважаючи на освоєння його ресурсів має перспективи на майбутнє. Важливу роль у стратегічних завданнях освоєння територій належить довивчення відкритих родовищ Бориславо-Покутської зони (покриву) та фронтальних скиб (Орівської та Берегової) Скибового покриву та підготовка нових об'єктів до локального прогнозу нафтогазоносності (Захарченко, 2021).

**Метою** дослідження є вивчення літодинамічних (седиментологічних) та мінералого-петрографічних рис літотипів розрізів верхньокрейдово-еоценових утворень Скибової та Бориславсько-Покутського покривів для розширення ознак колекторів на вуглеводні ритмічно-циклічних флішових товщ.

**Методи.** Для виконання поставлених задач важливу роль відіграють методи досліджень, які включає польові роботи, седиментологічний аналіз порід та розрізів згідно з актуальними методиками [3, 4, 6], літологічні дослідження кам'яного матеріалу, мінералого-петрографічний аналіз порід та палеотектонічну (палеогеодинамічну) реконструкцію геологічного становлення передових елементів складчастої споруди з сучасних плейт-тектонічних позицій.

**Геологічна позиція.** Стратиграфічний розріз передових скиб насувної споруди Українських Карпат головно представлені нижньокрейдово-міоценовим флішем і міоценовою моласою. З них детально вивчені літодинамічні та речовинні характеристики верхньокрейдово-ранньопалеоценової стрийської світи різноритмічного флішу, середньо-пізньопалеоценової яменської світи грубо ритмічного флішу з яремчанським строкатоколірним горизонтом в основі, нижньо-еоценової манявської світи тонко-середньоритмічного строкатоколірного флішу, нижньо-середньо-еоценової вигодської світи товсторитмічного флішу (витвицька світа ієрогліфового флішу), середньо-верхньо-еоценової бистрицької світи тонко-середньоритмічного зеленкувато-сірого флішу з шешорським

горизонтом мергелів у покрівлі й середньо-верхньоеоценової попеліської світи неясношаруватих мергелів з розсіяними включеннями уламків різного розміру [4, 5].

**Отримані результати, їх обговорення.** Проведені нами седиментологічні дослідження утворень Скибового та Бориславсько-Покутського покривів та результати інших дослідників [3–5] дають змогу розпізнати серед утворень згаданих світ такі літодинамічні (генетичні) типи: геміпелагіти та пелагіти (червоні, зелені гомогенні, тонколаміновані аргіліти, мергелі, кремені), різнозернистий фліш – турбідити з текстурами секвенції А.Боума (стрийська, манявська, бистрицька світи); грейніти (ямненські, вигодські масивні псаміти); дебрити (попеліська, ямненська, стрийська світи); відклади придонних течій (контурити – скісношаруваті алевропсаміти “оравської” фації вигодської світи, ямненської світи тощо). Літодинамічні типи відтворюють характер гідродинамічних потоків позашельфових океанічних областей, серед яких вирізняють епізодичні гравітитові та фонові. Утворення фонові седиментації – (гемі)пелагіти та пелагіти – осади субвертикальних потоків типу “частинка за частинкою”. Утворення епізодичних подієвих процесів представлені гравітаційно перевідкладеними осадами, серед яких за структурно-текстурними ознаками розрізняють турбідити, грейніти, дебрити (олістостроми) [4,5].

Зупинимось на розгляді літодинамічних типів середньо-верхньопалеоценової ямненської світи. Седиментологічні різновиди ямненської світи ретельно вивчені у північно-західній частині регіону і можуть слугувати прикладом розпочатих досліджень.

В будові ямненської світи (потужність перші сотні метрів) виокремлюють яремчанський горизонт, який розвивається в долішній частині стратону, та псамітовий модуль. Яремчанський стратон є строкатоколірним горизонтом для якого типове середньо- та тонкоритмічне перешарування строкатоколірних, вишнево-червоних і зеленкувато-сірих, аргілітів та алевропісковиків. Його потужність змінюється від перших метрів до перших десятків метрів. Алевропісковики (теригенні, рідше карбонатні) мають головні елементи текстур А. Боума  $T_{dce}$  [4, 6], що дає змогу зачислити їх до дистальних турбідитів (потужність 0,2–0,3 м). Аргіліти, що за седиментологічними ознаками належать гомогенним і горизонтально ламінованим некарбонатним літодинамічним типам геміпелагітів та пелагітів, є утвореннями фонові седиментації.

За ритмостратиграфічним вивченням яремчанський горизонт віднесено до секвенції першого порядку, яка у свою чергу містить цикліти вищих (другого і третього) порядків. У будові розрізів яремчанського горизонту беруть участь теригенні та карбонатні турбідити.

Вивчення петрографічних рис теригенних турбідитів дає змогу виокремити хлидоліти (паттуми, мікстоліти), які за речовинним складом уламків належать граувакам. У них вміст цементу становить до 10–25 % і свідчить про турбулентний потоковий характер глинисто-піщаної маси, з якої сформувались відклади. Серед граувак окрему групу займають калькареніт-кальцилотитові турбідити. За нашим та інших [1] дослідників петрографічним вивченням турбідитів цемент — глинистий, кременистий та глинисто-карбонатний. Тип цементациї пісковиків часто характеризуються як базальний, поровий, плівково-поровий. Між уламками матриксу спостерігаються утворення конформних і стілолітових контактів [1]. Максимальні показники абсолютної пористості не перевищують 3–5 %.

Виконані структурно-текстурні роботи виокремлюють літодинамічні типи високогустинних гравітитів у псамітовому модулі ямненської світи. Серед них спостерігаються утворення дебрисних та підводно-осувних систем з олістостромовими горизонтами. Підводні осуви формують зони зім'яття, які конседиментаційно напливають одна на іншу, утворюючи нахилені складки, розмежовані горизонтами дебритів з брилами та валунами пісковиків (олістолітами). Утворення дебрисних потоків характеризуються дрібно-середньопсефітовими структурами матриксу породи на тлі хаотичних, неясношаруватих і пудінгових текстур. Уламки матриксу необкатані, або слабо обкатані. Грейніти утворюють масивні шари псамітів та алевропсамітів з несорттованих, неокатаних уламків. Для грубозернистих (високогустинних) турбідитів характерні елементи цикліту А. Боума [6]  $T_{ав}$  (при потужності до 3,0–5, 0 м) або секвенції Д. Лау [7]  $(R_{23})S_{123}$ , для середньозернистих турбідитів типові інтервали А. Боума  $T_{авcd}$

(при потужності до 0,5–1, 5 м). Шари середньо-дрібнозернистих пісковиків з блюдцеподібними (dish structures) та трубоподібними (fluid-escape escape) текстурами витискання води (або гідротермального флюїду) та піщаними стяжіннями (сейсмитами) належать утворенням розріджених та флюїдизованих потоків. Вони можуть утворювати окремі верстви, а тяжіють до верхніх елементів циклітів А. Боума або Д.Лау.

Петрографічні риси пісковиків утворень високогустинних потоків характеризуються нерівномірно зернистою структурою несортованих та не обкатаних уламків, яка зумовлює наявність зерен матриксу як алевропсамітової так і дрібнопсефітової розмірності. Прикладом такого псаміту може слугувати порода з південно-східної частини скельного масиву Тустань. Вона характеризується слабковираженою градаційною, масивною, іноді горизонтальною, текстурами. Уламки мають розмір від 0,03 до 3,5 мм. Обточеність уламків не перевищує 2 балів за п'ятибальною шкалою окатаності. Пісок погано сортований. За мінералого-петрографічним складом кластитової частини породи на гірські породи (літоїди) припадає 45 %, мінералам (польові шпати – 5 %, кварц – 12 %) належить 17 %; фауністичні рештки становлять 11 %. Серед уламків порід (літоїдів) визначено кварцити, зелені та червоно-фіолетові метаморфічні сланці, фтаніти, пісковики, кременисті алевроліти, аргіліти, мергелі, органогенні вапняки. Залишки фауни представлені переважно жорсткими кластитами багряних водоростей, зрідка крупними форамініферами, фрагментами голкошкірих організмів тощо. Цемент глинисто-кременистий, кременисто-глинистий іноді з хлоритом. Тип цементації – дотику, плівковий, стиснення (здавлювання). Порода пориста; максимальні показники пористості досягають – 18–20 %.

Серед пісковиків часто трапляються різнозернисті паттумні (хлидолітові, мікстолітові) середньозернисті або алевропелітові з жорсткою поліміктовою відміни. Вони погано відсортовані і містять неокатаний матеріал. Уламки представлені переважно кварцом, плагіоклазом, К-На польовим шпатом; виявлено також уламки порід (літоїди): осадових (кременистих, теригенних) порід і кварцитів. Цемент в таких різновидах – глинисто-кременистий, тип цементації – цементация типу стиснення (здавлювання), у зв'язку з чим порода пориста.

Літодинамічні типи інших стратонів верхньокрейдово-еоценових утворень при детальному вивченні дають змогу зазначити, в них розвинені гравітити, близькі та подібні на схарактеризовані для ямненської світи.

Утворення гравітитів, їх зародження, розвиток та акумуляція контролюється високою тектонічною (сейсмічною) активністю, в результаті дії потоків від високогустинних ламінарних до турбулентних. Високогустинні потоки формували підводні канали дренажної системи на пасивній окраїні Зовнішньокарпатського пізньокрейдово-еоценового палеобасейну досліджуваного регіону у вигляді підводних конусів виносу (або конусів). Процеси, які породжували виокремлені літодинамічні типи, діяли майже одночасно та трансформувались від щільнісних осувних явищ з поодинокими олістолітами до дебрісних, зернових, розріджених та флюїдних потоків високо- і середньогустинних турбідитних течій часто із піщаними стяжіннями (сейсмитами). Відклади високогустинних потоків акумулювались на різних рівнях підводних конусів (фенів), але часто досягали нижнього фену. На підставі мікропалеонтологічного та седиментологічного вивчення верхньокрейдово-еоценових породних асоціацій встановлено, що в цей час панувала глибоководна (близько CCD– Calcite Compensation Depth) гравітитова седиментація. Вона періодично змінювалась геміпелагічним осадженням [5].

**Висновки.** Аналіз седиментологічних структурно-текстурних та мінералого-петрографічних особливостей верхньокрейдово-еоценових стратонів Скибового та Бориславсько-Покутського покривів дає змогу дійти до висновків. Порооди, які є головними літотипами верхньокрейдово-еоценових гравітитів розрізу, за мінералого-петрографічними рисами характеризуються як теригенні несортовані, різнозернисті, пудінгові утворення. Вони мають різний ступень розвитку цементу та різні типи цементації. За результатами досліджень можна зазначити, що літодинамічні різновиди гравітитів за типом цементації

мають підвищену пористість, що суттєво відображається на їх колекторських властивостях. В той же час вони формують шари та комплекси шарів більшої потужності. Гемипелагіти, дрібнозернисті турбідити мають низьку пористість і незначну потужність. Наявність у верхньокрейдово-еоценовій частині розрізу Скибового та Бориславсько-Покутського покривів ритмічно-циклічних флішових утворень розглядається як важливий показник щодо розгляду їх фільтраційно-ємнісних властивостей. Гравітити, що мають виразну анізотропію властивостей, є колекторами, які чергуються з флюїдоупорами (покришками), що сприяє хорошій консервації імовірних покладів за наявності пасток.

Розпочате дослідження орієнтоване на те, щоб підкреслити важливість впливу літодинамічних (седиментологічних) умов на структурно-текстурних риси порід, які містять інформацію про літолого-стратиграфічну та структурну зональність щодо основних закономірностей розподілу вуглеводнів в межах районів їх локалізації. У цьому відношенні довивчення родовищ Бориславо-Покутського покриву та фронтальних скиб Скибового покриву за використання седиментологічного аналізу відкриває нові перспективи щодо довивчення територій.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гавришків Г.Я. Мінералого-петрографічні особливості палеогенових відкладів Берегової і Орівської скиб Українських Карпат в аспекті їх нафтогазоносності: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : спец. 04.00.17 “геологія нафти і газу”. Львів, 2019. 24 с.
2. Гаєвська Ю.П. Літолого-фаціальні особливості еоценових відкладів Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину на передових скиб Скибової зони Українських Карпат у зв'язку з їх нафтогазоносністю: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : спец. 04.00.17 “геологія нафти і газу”. Львів, 2019. 24 с.
3. Гнилко О. М. Про седиментаційні процеси формування флішевих відкладів Українських Карпат. Зб. наук. праць Ін-ту геологічних наук НАН України. Київ, 2010. Вип. 3. С. 32–37.
4. Гнилко О. М. Геологічна будова та еволюція Українських Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геол. наук : спец. 04.00.01 “загальна та регіональна геологія”. Львів, 2016. 46 с.
5. Гнилко О., Гнилко С., Кулянда М., Марченко Р. Тектоно-седиментаційна еволюція передової частини насувної споруди Українських Карпат. Геологія і геохімія горючих копалин. 2021. №1–2 (183–184). С. 45–59. <https://doi.org/10.15407/ggcm2021.01-02.045>
6. Einsele G. Sedimentary Basins: evolution, facies and sediment budget. Berlin: Springer Verlag, 1992. 615 p.
7. Lowe D.R. Sediment gravity flows; II, Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents // J. Sediment. Pet., 1982. Vol. 52. P. 279–297. <https://doi.org/10.1306/212F7F31-2B24-11D7-8648000102C1865D>



## **ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТА ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ДІЛЯНОК АКУМУЛЮВАННЯ ФЛОТАЦІЙНИХ ВАПНЯКІВ – ПРОДУКТІВ ЗБАГАЧЕННЯ СІРЧАНИХ РУД РОЗДІЛЬСЬКОГО ТА ПОДОРОЖНЕНСЬКОГО РОДОВИЩ**

*Дяків В.О.<sup>1</sup>, к. геол. н., доцент, dyakivw@yahoo.com;*

*Панченко А.В.<sup>2</sup>, к. екон. н., доцент, geoltechnologies@gmail.com,*

*1 – ЛНУ імені Івана Франка; ТЗОВ «Інститут «ГРХІМПРОМ», Львів, Україна,*

*2 – Національний університет «Львівська політехніка»,*

*ТЗОВ «Науково-виробниче технічне підприємство «Геологічні Технології», Львів, Україна*

Екологічна ситуація в на території діяльності колишнього Роздільського ДГХП «Сірка» є однією з найбільш напружених на Львівщині. Тут нагромаджено понад 100 млн.т твердих промислових відходів. Проведені дослідження ділянок акумулювання флотаційних вапняків – продуктів збагачення сірчаних руд Роздільського та Подорожненського родовищ, дають підстави розглядати накопичені відходи в межах хвостосховища №1, насамперед крупні фракції, як перспективні техногенні родовища за умови проведення детальної геолого-економічної оцінки та вирішення наявних геоекологічних проблем.

## **GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT AND GEOECOLOGICAL PROBLEMS OF THE AREAS OF ACCUMULATION OF FLOTATION LIMESTONES - PRODUCTS OF THE ENRICHMENT OF SULPHURE ORES OF THE ROZDIL AND PODOROZNE DEPOSITS**

*Dyakiv V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., dyakivw@yahoo.com;*

*Panchenko A.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof., geoltechnologies@gmail.com,*

*1 – Ivan Franko National University of Lviv; LLD "Institute" GIRHIMPROM", Lviv, Ukraine,*

*2 – Lviv Polytechnic National University, LLC "Geological technology", Lviv, Ukraine*

The ecological situation in the area of activity of the former Rozdilskyi DHCP "Sirka" is one of the most tense in the Lviv Region. More than 100 million tons of solid industrial waste have been accumulated here. The conducted studies of the areas of accumulation of flotation limestones – products of the enrichment of sulfur ores of the Rozdilsky and Podorozhnensky deposits, give reasons to consider the accumulated waste within the limits of tailings repository No. 1, primarily large fractions, as promising man-made deposits, subject to a detailed geological -economic evaluation and solution of existing geoeological problems.

Роздільське та Подорожненське родовища самородної сірки розташовані у Передкарпатському сірконосному басейні, на межі Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину та Східно-європейської платформи, у смузі поширення гіпсо-ангідритової товщі Тираської світи, на ділянках їхнього заміщення сірконосними вапняками, розвідано понад 30 сірчаних родовищ, найбільшими із яких є Немирівське, Язівське, Любінське, Грімненське, Загайпільське та ряд інших [3-5] (рис. 1).

Сірчані руди утворились шляхом заміщення гіпсів і ангідритів на кальцит із самородною сіркою та представляє собою вапняк з вкрапленнями, гніздами і прожилками сірки. Крім кальциту і сірки, в руді в невеликих кількостях присутні релікти гіпсу, целестину, бариту, кварцу і глинистих мінералів: гідроаргіліту, монтморілоніту, гідрослюди. Вміст сірки у сірчаних рудах коливається від 14 до 27 %. Сірчані поклади сірки залягають на глибинах від 20-30 до 300-500 м.

Адміністративно Роздільське та Подорожненське родовища розташовані у Стрийському районі Львівської області. Сірчані руди Роздільського та Подорожненського родовищ видобували відкритим способом, кар'єрами та доставлялись автомобільним та залізничним транспортом на збагачення на Роздільському гірничо-хімічному підприємстві «Сірка». Збагачення сірчаної руди здійснювалось наступним чином: руду подрібнювали в щоккових і валкових дробарках на грудки в декілька сантиметрів, після чого нахиленим конвеєром подавали у обертові млини, де, змішавши з водою, розмелювали до розміру в доли міліметра. Утворену пульпу перекачували у флотаційний цех. Для покращення флотації в гідросуміш добавляли аполярний збирач (керосин, 0,7-1,2 кг/т руди), піноутворювач (реагент

T-66 в кількості 0,1-0,2 кг/т руди, який представляє собою продукт перегонки нафти з С від 12 до 32), а також регулятор (рідке скло, близько 1 кг/т руди).

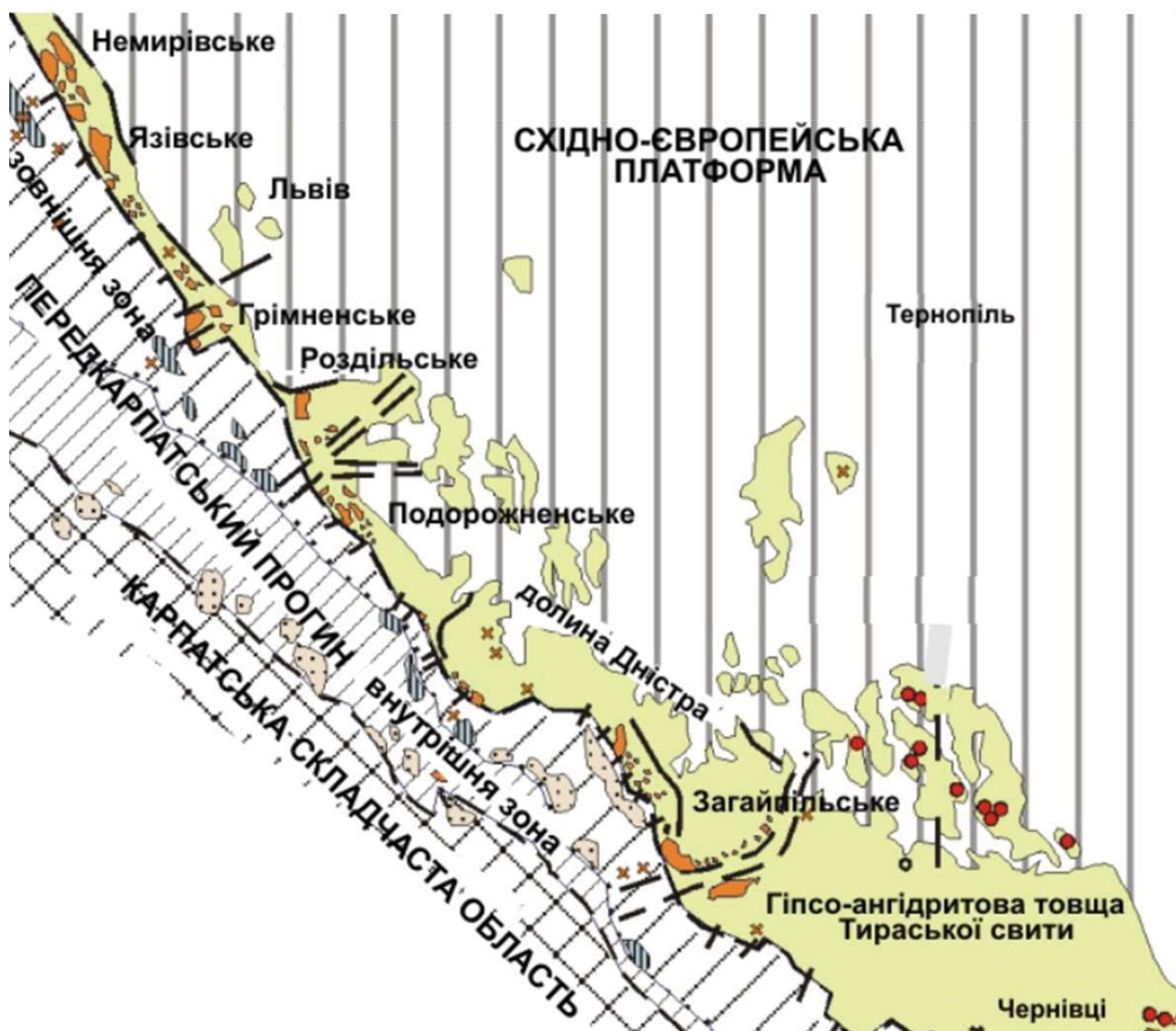


Рис. 1. Карта поширення найбільших розвіданих сірчаних родовищ в межах Передкарпатського сірконосного басейну, на межі Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину та Східно-європейської платформи, у смузі поширення гіпсо-ангідритової товщі Тираської світи, на ділянках їхнього заміщення сірконосними вапняками (Роздільське, Подорожненське, Немирівське, Язівське, Любінське, Грімненське, Загайпільське та ряд інших)

У флотаційних машинах частинки сірки впливали вгору, а вапняк та інші домішки збирались на дні. Знесірчену пульпу – флотаційний вапняк перекачували по пульпопроводу та транспортували у хвостосховища. Далі сірчаний концентрат згущували і подавали в автоклави. Концентрат розплавляли водяною парою. Для відокремлення сірки в автоклави подавали кальциновану соду ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) і триполіфосфат натрію ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) і триполіфосфат натрію ( $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) та гас (керосин), в результаті чого сірка збиралась на дні, а домішки спливали вгору [4]. Отриману сірку плавили та у розплавленому стані виливали на склад, де вона кристалізувалась.

Флотаційний вапняк на території Роздільського ДГХП «Сірка» складувались у верхньому шарі гідровідвалу наміву розкривних порід № 1 та двох хвостосховищах (№ 1 та № 2), як потенційно можуть розглядатись як потенційні техногенні родовища (рис. 2).





**Рис. 2. Розташування місць складування флотаційного вапняку у зоні впливу Роздільського ДГХП «Сірка» в на космоснимку**

Але щоб розглядати ці об'єкти як техногенні родовища флотаційного вапняку, необхідно провести їхню геолого-економічну оцінку - комплекс геологічних, економічних та проектно-розрахункових робіт, з метою їх оцінки на предмет подальшої розробки, а також оцінити екологічні чинники які їх знецінюють (проблеми пов'язаних із довготерміновим зберіганням, витоки сірководневих вод, забруднення підземних та поверхневих вод, вилучення із господарського використання значних площ земель промислового призначення, наявністю в якості домішок сірки та стронцію) та технологічних чинників, які надають перевагу флотаційним вапнякам, у порівнянні із вапняками із пересічних родовищ цього виду корисних копалин [1, 2, 6-8].

**Верхній шар флотаційного вапняку на гідровідвалі № 1.** Після заповнення ємності хвостосховища №1 відходи тимчасово накопичували на території гідровідвалу, що прилягає до хвостосховища з півдня. Він утворений дамбами з місцевого ґрунту і заповнений супісками і суглинками до відмітки 255 м. Товщина намитого ґрунту біля 10 м. Товщина шару флотаційних вапняків у верхньому шарі гідровідвалу №1 становить 2 м (відмітка поверхні близько 257 м), що на площі 125 га, відповідає накопиченому об'єму 6 млн тонн. (рис. 3).

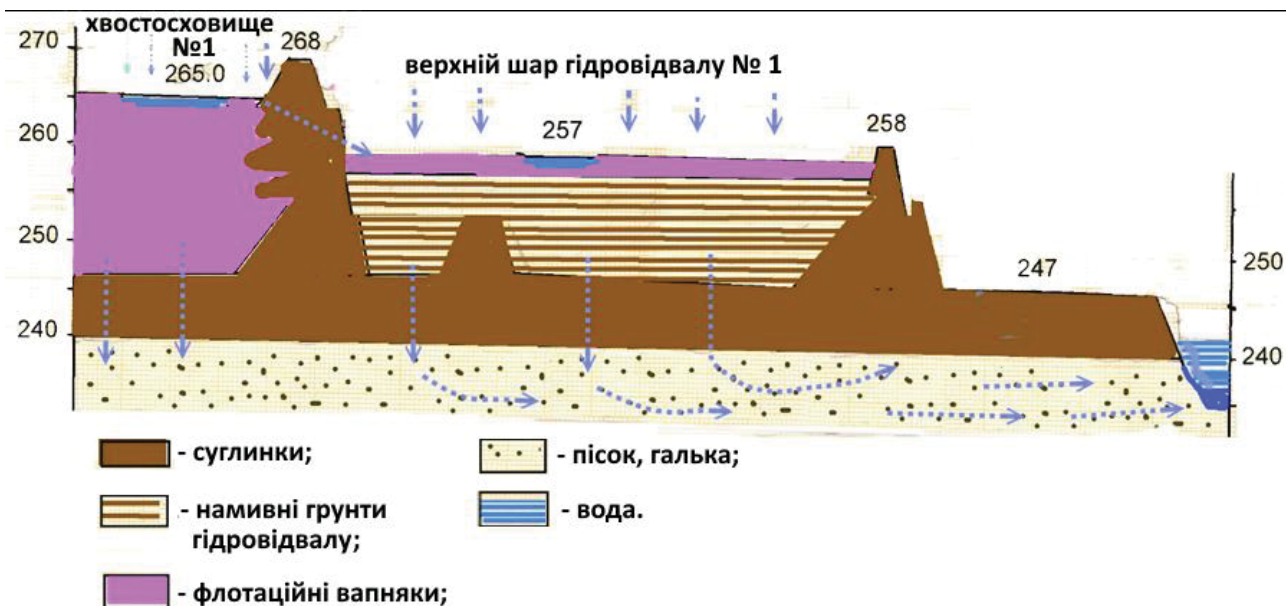


Рис. 3. Геологічний розріз через хвостосховище №1 і гідровідвалу №1, де у верхньому шарі наміто ша флотаційних вапняків

Більша частина гідровідвалу-хвостосховища осушена і використовується як пасовище або сіножать у східній частині та сонячна електростанція у західній частині. Приблизно четверта частина, у північно-східній частині заболочена, із залишковим озером біля колодязя площею до 4 га, яке є дренаю водозбірної площі гідровідвалу. Сюди також стікає вода з площі поширення флотаційних вапняків. Вода із озера витікає через колодязь і трубу в ставвідстійник.

Враховуючи малу потужність шару хвостів флотації, рекультивованість поверхні та її господарське використання як площу будівництва сонячної електростанції, розробляти приповерхневий пласт флотаційних вапняків, найближчі кілька десятиліть, економічно не вигідно.

**Хвостосховище №1** розташоване у південно-західній околиці с.Берездівці. де на площі 300 га заскладовано близько 65 млн. т відходів. У північній частині хвостосховища розташовані так звані «вапнякові гори» –зневоднені крупні фракції хвостів флотації (рис. 4).



Рис. 4. Відслонення крупних фракцій хвостів флотації у північній частині хвостосховища №1



Східне відгалуження «Вапнякових гір» практично не зазнало морфологічних змін після їх відсіпки: тут немає значних проявів ерозійного розмиву та сформувався суцільний ґрунтово-рослинний шар, не порушений техногенними змінами (рис. 5).



**Рис. 5. Непорушений східне відгалуження «Вапнякових гір» у північній частині хвостосховища № 1**

Площа східного відгалуження «Вапнякових гір» складає 9 га. Максимальна відносна висота 22 м. Середня висота шару – 10 м. Залишковий об’єм крупноуламкових хвостів флотації в межах східного відгалуження складає 900 тис. м<sup>3</sup>.

Площа західного відгалуження «Вапнякових гір» складає 10 га. Максимальна відносна висота 22 м. Середня висота шару – 15 м. Об’єм крупноуламкових хвостів флотації в межах західного відгалуження 1,5 млн м<sup>3</sup>.

Загальний залишковий об’єм крупноуламкових флотаційних вапняків в межах «Вапнякових гір» можна оцінити у 2,4 млн м<sup>3</sup>.

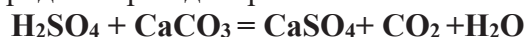
Рівнинна поверхня хвостосховища вкрилась суцільним ґрунтово-рослинним шаром, об’єкти, які б перешкождали розробці флотаційного вапняку – відсутні (рис. 6).



**Рис. 6. Поверхня рівнинної частини хвостосховища № 1**

За рахунок особливостей наміву, тривалого зберігання та самоорганізації гідрогеологічних умов, у будові хвостосховища № 1 відрізняються периферійна (алевритова) частина і ядро (де накопичені частинки розміром в тисячні долі міліметра), південно-східна

частина заболочена, а з дренажів витікають сірководневі води. У верхній частині розрізі виявлено зона цементації, утворення якої пов'язане із перетворенням кальциту в гіпс під дією окислення залишків самородної сірки дл сірчаної кислоти:



Усе це чинники, які можуть створювати проблеми при розробці флотаційних вапняків.

Враховуючи значну потужність шару хвостів флотації, відсутність господарського використання території, заскладованість у б'уртах крупних фракцій, хвостосховище № 1 та особливо крупнозернисий флотаційний вапняк «Вапнякових гір» є найбільш перспективним об'єктом для детально- геолого-економічної оцінки та розробки.

**Хвостосховище №2.** Створено у залишковій виїмці Північного кар'єру та заповнене лише частково (рис. 7).



Рис. 7. Вихід на денну поверхню флотаційних вапняків флотації у північній частині хвостосховища №2

Тут на дні кар'єру залягають гіпсоангідрити, як перекриті відсипкою та утрамбовуванням шару глини. Борти, в яких відслонювались вапняки, також присипані глиною. Вище у бортах відслонюються корінні виходи глини та мергелів або внутрішні відвали. Схематичний геологічний розріз хвостосховища №2 показано на рис. 8.

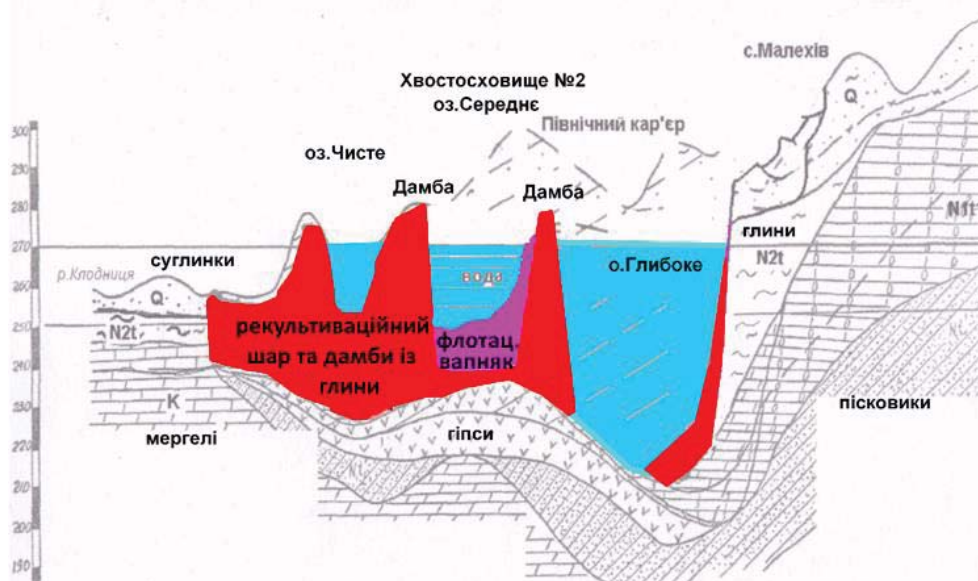


Рис. 8. Схематичний геологічний розріз хвостосховища №2



Профіль верхньої частини розрізу флотаційних вапняків, накопичених у хвостосховищі № 2, показано на рис. 9.



**Рис. 9. Профіль верхньої частини розрізу флотаційного вапняку у північній частині хвостосховища № 2**

**Оцінка впливу на стан навколишнього середовища тривалого зберігання та перспективні царини використання флотаційного вапняку.** Внаслідок інфільтрації атмосферних опадів та мікробіологічних змін елементарної сірки утворюються сірководневі води, які витікають з дренажів у східній частині хвостосховища № 1 (рис. 10), а також у верхній частині гідровідвалу та на хвостосховищі № 2.



**Рис. 10. Витоки сірководневих вод з дренажів східної частини хвостосховища № 1**

Сірководень – безбарвний газ із характерним запахом тухлих яєць, який відчувається поблизу дренажів. У товщі флотаційного вапняку сірководень утворюється і виділяється при мікробіологічному розкладанні самородної сірки. Як наслідок сірководень міститься у дренажних водах хвостосховища № 1 та у інших об’єктах акумулювання хвостів флотації.

Сірководень високотоксичний, має сильну подразнювальну дію на слизові оболонки очей і дихальних шляхів, вражає центральну нервову систему, подібно до ціанідів викликає

тканинну аноксію (в результаті зв'язування заліза в цитохромах), а також токсичний для іхтіофауни: риби у сірководневих товщах озер не можуть жити. Для людини небезпека отруєння за високих концентрацій сірководню збільшується внаслідок втрати нюху.

Сірчана руда Роздільського та Подорожненського родовищ, яка збагачувалась на Роздільському ДГХП «Сірка», приблизно на 70% складалась з вапняку, на 25 % із самородної сірки та на 5 % з інших мінералів у тому числі і основного носія стронцію - целестину. В процесі збагачення сірчану руду, розмелювали та флотаційним методом вилучали сірку, на виході отримуючи флотаційний вапняк, який містить у кілька разів менше сірки, але більший вміст стронцію, у порівнянні з вихідною сировиною – сірчаною рудою.

Фактично усі три об'єкти акумулювання хвосців флотації вапняку являють собою не тільки техногенні родовища флотаційного вапняку, як сировини для меліорації ґрунтів, очистки стічних вод, але як техногенної стронцієвої сировини, які за умов сприятливої кон'юктури, можна розробляти у промислових масштабах. В той же час наявність витоків з хвостосховища № 1 та прямий контакт хвостів збагачення з водною товщею озера Середнього, яке сформувалось на місці хвостосховища № 2 суттєво підвищує екологічні ризики погіршення якості довкілля внаслідок ймовірного забруднення як сірководнем так і стронцієм. Екологічні проблеми набувають особливо великої актуальності внаслідок розташування Роздільського ДГХП «Сірка» в межах надзаплавної тераси транскордонної р. Дністер.

З 1967 р. до 1995 року флотаційний вапняк широко застосовували такі хвости збагачення сірчаної руди в якості вапняково-сірчаного добрива широко застосовувались у якості меліорантів. Численні дослідження показали високу ефективність цих добрив для зменшення кислотності ґрунтів. Вапняково-сірчане добриво за рахунок більш високого вмісту сірки до 7 %, вивилось більш ефективним за негашене вапно (СаО). В той же час, як показали чисельні токсикологічні, медико-епідеміологічні, еколого-геохімічні дослідження стронцій являє собою токсикант 3-го класу небезпеки з встановленими гранично допустимими концентраціями у воді до 7 мг/л та у ґрунті до 600 мг/кг [4]. Перевищення вмісту стронцію у воді до 100 мг/л та у орному горизонті ґрунту до 4 г/кг може спричинити хвороби опорно-рухового апарату людини – ламкість кісток, стронцієвий рахіт, хворобу Урова. При цьому вміст стронцію у хвостах збагачення сірки та відповідно вапняково-сірчаному добриві складає до 27 г/кг. На підставі цього у 90-х роках, був зроблений не до кінця, з геохімічної точки зору, обґрунтований припис про заборону використання вапняково-сірчанних добрив у якості меліорантів.

В зв'язку з цим особливо актуальним є дослідження геохімічних аспектів поведінки стронцію у природних та техногенно-зміннених ландшафтах та акваторіях у зоні впливу Роздільського ДГХП «Сірка», де локалізовані техногенні родовища цього хімічного елементу, як при тривалому зберіганні в умовах відсутності гідроізоляційних екранів, так і при ймовірному використанні хвостів збагачення сірчанних руд у якості меліоранту.

Усі ці геоекологічні аспекти мають бути враховані при детальній геолого-економічній оцінці ділянок акумулювання флотаційних вапняків – продуктів збагачення сірчанних руд Роздільського та Подорожненського родовищ.

#### **Список використаних джерел:**

1. Бойко Т.І. Геохімія сірки і стронцію в зоні техногенезу сіркодобувних підприємств Передкарпаття // Автореф. дис... канд. геол. наук. – Львів, 1995. – 25 с.
2. Гайдин А.М., Дяків В.О., Мазяр Л.П. Поведінка стронцію у водних екосистемах озер на місці сірчанних кар'єрів Передкарпаття // А.М. Гайдин, В.О. Дяків, Л.П. Мазяр / Львів-Шатськ, Тези доповіді наукової конференції «Сучасні проблеми заповідної справи» 8-9 вересня 2006 р. – С.3-4.
3. Гайдин А.М., Рудько Г.І., Чікова І. В. Гірничо-хімічний потенціал України. - К.-Чернівці : Букрек, 2017. - 192 с



4. Гайдін А.М., Зозуля І.І. Новий Розділ. Народжений сіркою // А.М.Гайдін, І.І.Зозуля / Львів: Афіша, 2011. – 60 с.
5. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій // Є. Іванов / Львів: Вид. ЛНУ, 2007. – 334 с.
6. Марискевич О.Г., Шпаківська І.М. Особливості формування ґрунтового покриву на відвалах Роздільського ДГХП "Сірка" // О.Г.Марискевич, І.М.Шпаківська / Наукові записки Державного природознавчого музею НАН України. – Львів, 2001. – № 16. – С. 147-152.
7. Панас Р.М. Рекультивація земель: Навчальний посібник // Р.М.Панас / Львів: Новий світ. 2005. - 224 с.
8. Hanor J.S. Barite-Celestine Geochemistry and Environments of Formation // Reviews in Mineralogy and Geochemistry. - 2000. - V. 40. - P. 193-275.

# ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ УКРАЇНИ. НАРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕРЖАВИ



## СТРУКТУРА КОЗЬОВА. ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ

*Шлапінський В.Є., к. геол. н., с. н. с., vlash.ukr@gmail.com;*

*Лазарук Я.Г., д. геол. н., с. н. с., lazaruk\_s@i.ua;*

*Савчак О.З., к. геол. н., с. н. с., savchakolesya@gmail.com;*

*Тернавський М.М., miroslavtmm@gmail.com;*

*Гузарська Л.Г., guzarska@ukr.net,*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Львівська область, Стрийський район. Антикліналь в південній лусці скиби Рожанки в перетині р. Оряви прогнозована за даними буріння і геологічної зйомки. У 1965-1967 рр. на зануреному південно-західному крилі пробурена профільна свердловина 1-Козева (вибій – 3345 м). В інтервалі глибин 1575-3124 м з відкладів палеогену і верхньої крейди зафіксовані інтенсивні проявлення газу, які періодично супроводжувалися викидом фільтрату бурового розчину. Потенційно перспективні об'єкти – ямненські пісковики палеоцену у піднесеній частині складки і головецькі відклади олігоцену. Очікувані глибини їхнього розкриття – 1500-2200м. Фазовий склад покладу – нафтогазовий. До 1953 р. в селі Козева існував невеликий нафтопромисел. Експлуатували неглибоко залягаючі відклади олігоцену. Нафта легка, густиною 0,73-0,79 г/см<sup>3</sup>.

## KOZIOVA STRUCTURE. PROSPECTS OF OIL AND GAS BEARING

*Shlapinsky V., PhD (Geol.), vlash.ukr@gmail.com;*

*Lazaruk Ya., Dr. Sci. (Geol.), Senior fellow, lazaruk\_s@i.ua;*

*Savchak O., PhD (Geol.), Senior Researcher, savchakolesya@gmail.com;*

*Ternavskiy M., miroslavtmm@gmail.com;*

*Gusarska L., guzarska@ukr.net,*

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals  
of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine*

Lviv Region, Stryi district. The anticline in the southern scale of the River Oryava was predicted according to data of drilling and geological surveying. In 1965–1967, the profile borehole 1-Kozeva (well bottom 3345 m) was drilled on the immersed south-western limb. At an interval of 1575 to 3124 m from deposits of Paleogene and Upper Cretaceous occurred intensive gas shows that periodically were accompanied by the blow of drilling fluid filtrate. Potentially promising objects are Paleocene Yamnen sandstones in the elevated part of the fold on section I-I and Golovets Oligocene sediments on section II-I. Expected Depth of their opening 1500 to 2200 m. Phase composition of the deposits in oil-gaseous. Till 1953, in the Kozeva Village the small oil field has existed. Here Shallow lying deposits of Oligocene were exploited. Oil was light (density 0.73–0.79 g/cm<sup>3</sup>).

### Вступ

**Стратиграфія. Верхня крейда-палеоцен. Стрийська світа (K<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>str).** На породах головнинської світи згідно залягають породи стрийської світи (термін введений О. С. Вяловим в 1949 р. спочатку, як стрийська серія). У межах площі поширена її верхньострийська підсвіта. (K<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>str<sub>3</sub>).

У більшості розрізів верхньострийська підсвіта складається з тонкоритмічного перешарування аргілітів сірих, темно-сірих, сіро-зелених, вапнистих і невапнистих; алевролітів і пісковиків дрібно- і середньозернистих, сірих, сталєво- і блакитно-сірих, карбонатних, з численними прожилками кальциту, часто з конволютною шаруватістю в покрівлі, потужністю 0,1-0,7 м. Характерною їх особливістю є доволі високий вміст карбонатного цементу (до 40 %). Неодмінним компонентом розрізу є прошарки мергелів (0,1-0,25 м) і подекуди – вапняків (до 0,25 м). Товщина її коливається від 250 до 1250 м.

**Верхній палеоцен. Ямненська світа (P<sub>1</sub>jm).** На відкладах верхньострийської підсвіти верхньокрейдово-нижньопалеоценового віку у багатьох розрізах Скибового покриву згідно залягає пачка тонко-середньоритмічного перешарування строкатих аргілітів (зелених, сіро-зелених та червоних), алевролітів та пісковиків і місцями – вапняків яремчанського горизонту. Товщина пачки 3-40 м. Вище залягають ямненські пісковики. Вони сіро- і зеленувато-сірі, дрібно- крупнозернисті переважно невапнисті, масивні,



брилові, у вивітрілому стані бурувато-жовті. Характерною їх особливістю є різнозернистість і велика кількість включень молочно-білого кварцу, уламків метаморфічних порід. Пласти пісковиків, товщина яких досягає 20 м, перешаровуються тонкими проверстками аргілітів сірих і зеленувато-сірих, переважно невапнистих. Подекуди зустрічаються пласти гравелітів і конгломератів.

Ямненські пісковики у вигляді зосередженої потужної товщі, як зазначено вище, зустрічаються у Скибовому покриві неповсюдно. На значній його території вони заміщуються чергуванням теригенних порід з різним співвідношенням літотипів. У профільній свердловині 1-Козева вони розкриті в інтервалі глибин 2886-2928 м.

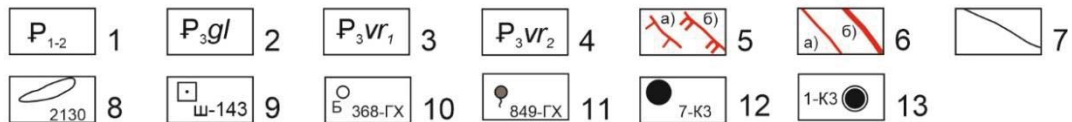
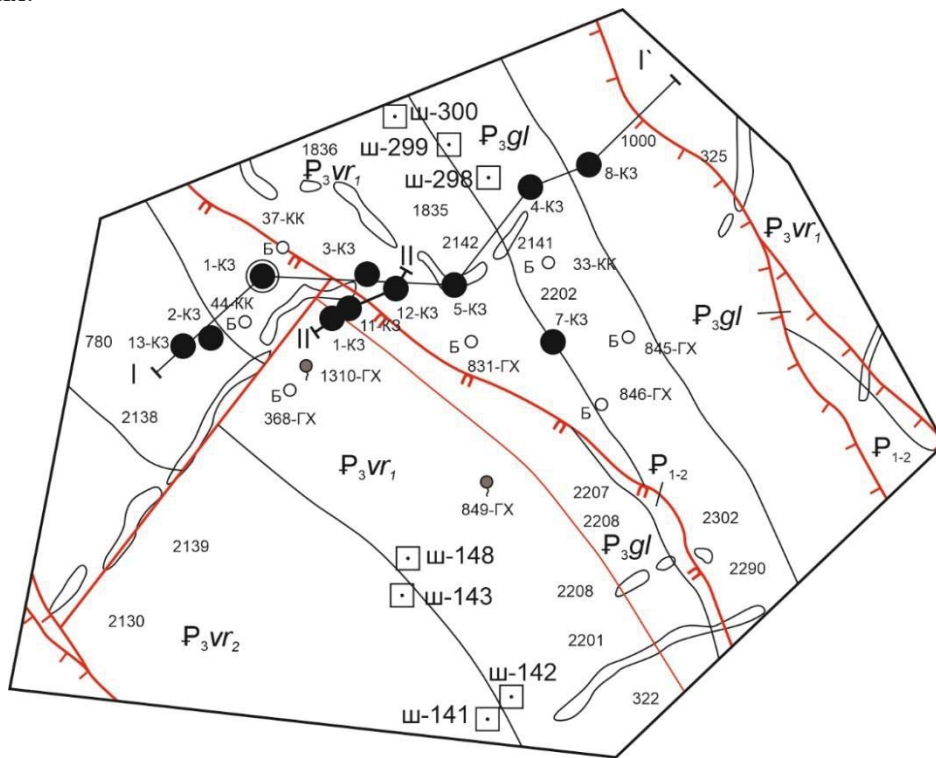
**Еоцен.** У Славській скибі в межах території досліджень еоцен розчленовується на три підсвіти: манявську, вигодську і бистрицьку, які представлені у звичному для них співвідношенні порід: у бистрицькій і манявській переважають пачки тонко- і середньоритмічного чергування, а у вигодській – пісковики). Збережена товщина еоцену перевищує 600 м. У південній лусці скиби Рожанки еоцен на світи не розчленовується. Розріз складений суттєво піщаними і глинистими пачками. Пісковики сірі і темно-сірі до зеленувато-сірих, дрібнозернисті, слюдисті, місцями глауконітисті, некарбонатні; аргіліти темно-сірі з зеленуватим відтінком, слабо слюдисті, щільні, міцні, некарбонатні, подекуди з дзеркалами ковзання.

**Олігоцен.** В обох скибах олігоцен відноситься до турківського літотипу і розділяється на дві світи: головецьку з підкременевою пачкою та нижньокременевим горизонтом і верховинську з маркуючим горизонтом смугастих вапняків у підшві. Остання поділяється на три підсвіти: нижньо-, середньо- і верхньовеховинську. У межах площі присутні тільки дві перші. Головецька світа представлена породами двох літотипів (менілітового і кросненського). Менілітовий літотип характеризується переважанням чорних кременистих аргілітів і невапнистих пісковиків, у кросненському значну роль відіграють сірі карбонатні аргіліти і пісковики. Головецька світа на площі Козьова складена переважно породами менілітового літотипу. Тільки у верхній частині розрізу карбонатні грубошаруваті пісковики об'єднуються в потужні піщані пачки. Товщина головецької світи в північній лусці Славської скиби становить 1000 м, а в сусідній лусці скиби Рожанки дорівнює 425 м. Нижньовеховинська підсвіта з горизонтом смугастих вапняків у підшві представлена товстошаруватими карбонатними слюдистими пісковиками, які утворюють пачки товщиною 20-70 м і розділяються пачками з середньоритмічним чергуванням сірих вапнистих аргілітів і алевролітів товщиною 10-30 м. Присутні також пачки і прошарки порід менілітового літотипу. Товщина підсвіти коливається від 400 до 800 м. Середньовеховинська підсвіта складена середньоритмічним чергуванням сірих карбонатних порід: аргілітів, алевролітів і дрібнозернистих хвилястошаруватих пісковиків. Товщина підсвіти – до 800 м.

**Тектоніка.** На площі Козьова представлені дві найпівденніші скиби Скибового покриву: Славська і Рожанки. На рис. 1 зображена найпівнічніша луска Славської скиби. Поперечним скидо-зсувним порушенням, яке трасується у долині р. Оряви, луска розділена на два блоки. У північно-східному блоці вона складена на поверхні відкладами олігоцену з середньо- і нижньовеховинською підсвітами в тильній частині луски і головецькою світою в чоловій її частині. В південно-східному блоці вона представлена середньо- і нижньовеховинською підсвітами верховинської світи. В перетині структурно-пошукових свердловин № 1 і № 11 (рис. 2) зафіксований субвертикальний поздовжній скид. У свердловині № 1 нижньовеховинські і головецькі відклади контактують по ньому з головецькими і верхньоеоценовими верстками. Амплітуда скиду складає орієнтовно декілька сотень метрів. У північно-західному блоці скид не проявляється. Відклади головецької світи північної луски Славської скиби в обох блоках насунені на нижньовеховинські верстви південної луски скиби Рожанки. Цей насув дуже стрімкий. За матеріалами структурно-пошукових свердловин № 11 і № 12 кут його нахилу складає близько 85°. Еоценові відклади південної луски скиби Рожанки падають на південний захід

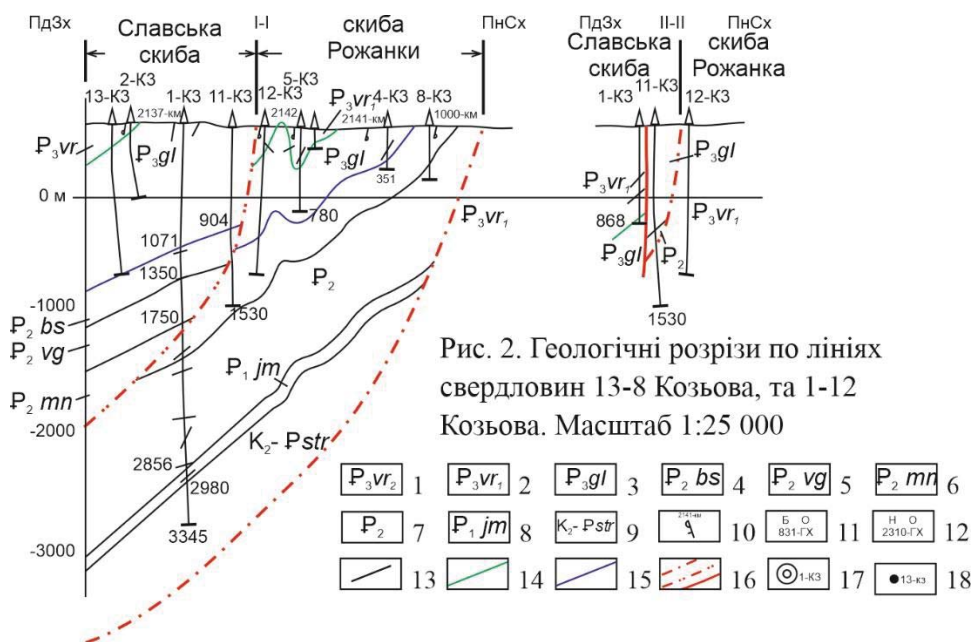


під кутом близько 45°. На поверхні в них не зафіксовано змін падіння порід на північний схід. Ймовірно, склепінна частина прогнозованої складки знаходиться в низах еоцену і в яменській світі. Звертає на себе увагу невідповідність кутів падіння в олігоценових відкладах у відслоненнях з кутами падіння на глибині, встановлених за матеріалами буріння.



**Рис. 1. Фрагмент геологічної карти площі Козьова (склали В. Шлапінський, М. Тернавський). Масштаб 1:20 000:** 1 - палеоцен-еоцен нерозчленований; олігоцен; 2 - головецька світа; 3 - нижньовержовинська підсвіта; 4 - середньовержовинська підсвіта; насуви: 5 - а) скиб; б) лусок; розривні порушення 6 - а) скидо-зсув; б) поздовжний скид; 7 - стратиграфічні границі; 8, 9 - відслонення та шурфи площі Климець; 10 - проявлення бітуму, ГХ - Головецьке-Хутар, КК - Козева-Коростів; 11 - проявлення нафти на площі Головецьке-Хутар; 12 - структурно-пошукові свердловини площі Козева; 13 - параметрична свердловина площі Козева.

**Нафтогазоносність.** Про присутність вуглеводнів у надрах свідчать поверхневі проявлення нафти і газу в районі с. Козьова. Вони відзначались за результатами попередньо проведених знімальних робіт [1, 2]. Всього було зафіксовано вісім нафтопроявів: два виходи нафти і шість проявів бітуму. В с. Козьова, де віддавна відомі виходи нафти, в кінці XIX ст. пробурені п'ять свердловин ударним методом глибиною від 170 до 600 м, у двох з яких отримані припливи нафти. Нафта видобувалася з 1898 по 1909 рік з сумарною її кількістю 165 т. Після цього промисел закинуто. На місці однієї експлуатаційної свердловини був викопаний колодязь глибиною 3-5 м, звідки до 1954 р. видобували нафту з дебітами 18-40 л/д. Нафта легка – 0,789 г/см<sup>3</sup>. У 1954-1956 рр. в районі с. Козьова проведено структурно-пошукове буріння. Всього були пробурені сім свердловин загальним обсягом 4443 погонних метрів. Також пробурені п'ять картувальних свердловин обсягом 906 погонних метрів. У свердловинах №№ 1, 2, 3, 4 розкриті окремі пласти пісковиків, просякнуті нафтою.



**Рис. 2. Геологічні розрізи I-I та II-II по лініях свердловин № 13-8 Козева, та № 1-12 Козева:** Олігоцен: 1-середньоверховинська підсвіта; 2-нижньоверховинська підсвіта; 3-головецька світа; 4-верхній еоцен, бистрицька світа; 5-середній еоцен, вигодська світа; 6-нижній еоцен, манявська світа; 7-еоцен нерозчленований; 8-палеоцен, ямненська світа; 9-верхня крейда-палеоцен, стрийська світа; 10-елементи залягання порід на площі Климець; 11-проявлення бітуму на площах Головецьке-Хутар і Козева-Коростів; 12-проявлення нафти на площі Головецьке-Хутар; 13-геологічні границі; 14-головецький горизонт, підосва верховинської світи; 15-нижньокременевий горизонт; 16-тектонічні порушення; 17-параметрична свердловина 1-Козева; 18-структурно-пошукові свердловини площі Козева.

Газопроявлення зафіксовані у свердловинах № 2 в інтервалах 54,8-59,3 м, 438,3 м та 605 м; № 3 на глибині 470 м; № 4 –248 м. У свердловині № 5 за вибоїв 140 і 416 м спостерігали інтенсивні нафтопроявлення і невеликі газопроявлення. У свердловині № 8 теж зафіксовані газопроявлення у вигляді пухирців газу на поверхні глинистого розчину [3]. Склад газу, отриманий із свердловини № 4: метан – 86,37%, етан – 0,43%, вуглекислий газ – 0,60%, азот – 12,60%. З глибокої структурно-пошукової свердловини № 11 з глибини 920-930 м глинистий розчин виносився з нафтою, а з 900 м спостерігалися газопроявлення. Під час буріння свердловини № 12 в інтервалі 830-869 м зафіксовані газопроявлення, а в інтервалі 1185-1249 м – плівки нафти і розгазований глинистий розчин [4]. З огляду на інтенсивні нафтогазопроявлення на поверхні і на глибині було вирішено закласти параметричну (профільну) свердловину № 1-Козева проектною глибиною 4500 м з метою оцінки нафтогазонасності палеогенових і мезозойських відкладів Козевської антикліналі Кросненської (це помилка, не Кросненської, а Скибової – Автори) зони. Буріння свердловини продовжувалося з 30 грудня 1965 р. по 30 червня 1967 р. до глибини 3346 м. З технічних причин свердловина не доведена до проектною глибини. Під час її буріння з глибини 1575 м до вибою розкрита зона аномально високих пластових тисків, відзначались інтенсивні газопроявлення, які супроводжувались періодичними викидами глинистого розчину. Свердловиною розкритий наступний розріз (за В. В. Кузовенком, усне повідомлення). Славська скиба: 0-1071 м – олігоцен, головецька світа; 1071-1350 м – верхній еоцен, бистрицька світа; 1350-1670 м середній еоцен, вигодська світа; 1670-1750 м нижній еоцен, манявська світа, насув. Скиба Рожанки: 1750-2886 м – еоцен нерозчленований; 2886- 2980 м – палеоцен, ямненська світа; 2980-3346 м – верхня крейда-палеоцен, стрийська світа. Мікропалеонтологічні дослідження Н.В. Дабагян та Н.Я. Бояринцевої загалом підтверджують правильність цього розчленування. Стрийською пошуковою геологічною експедицією (начальник інтерпретаційного загону М. Дзюрак) проведені геофізичні дослідження свердловини в інтервалі 10-2950 м: стандартний

каротаж, БКЗ, кавернометрія, мікрокаротаж), газовий каротаж (490-3335 м). За висновками геофізиків у свердловині присутні пласти-колектори з максимальною пористістю 7-10%, проте більшість з них обводнені. З пісковиків ямненської світи задовільно оцінений тільки один пласт у її покрівлі, який залягає в інтервалі глибин 2877,8-2879,4 м. Стосовно оцінки інших пластів ямненської світи дані відсутні.

Геологічні побудови, виконані при складанні геологічного розрізу I-I через параметричну свердловину № 1-Козева, свідчать про суттєвий підйом ямненських відкладів у північно-східному напрямку. На денну поверхню в межах площі вони не виходять, тому можна сподіватися на герметичність порід-колекторів. Велике значення має питання, чи зберігся тут хоча би фрагмент склепіння антиклінальної складки, який міг би бути пасткою для покладу нафти або газу промислових масштабів.

На геологічному розрізі II-II відображена ситуація, яка на геологічній карті трактується як комбінація поздовжнього скиду та поперечного скидо-зсуву. На таку особливість геологічної будови саме в цьому місці скиду та поперечного зсуву вказував ще у 1957 р. А. Г. Бікбулатов на захисті звіту зі структурно-пошукового буріння на площі Козева. Однак на його повідомлення про наявність на площі Козева скиду присутні на засіданні геологи не звернули належної уваги. Окрім того, сам А. Г. Бікбулатов не побачив зв'язку між цим скидом і скидо-зсувом. На це ми вперше звернули увагу. Саме перетин поздовжнього скиду зі зсувами різної орієнтації зумовлює явище транстенсії (зсув з розтягом). При цьому відбувається розсування із зони зсуву з утворенням тектонічних клинів і від'ємних квіткових структур. Розтяг у даному випадку неможливий без впливу поздовжнього скиду. Тому ймовірно, що в цьому блоці більш перспективним об'єктом, ніж ямненські пісковики, є пісковики головецької світи олігоцену Славської скиби. На таку можливість вказує те що саме до цієї смуги приурочені два проявлення рідкої нафти, присутні на площі (1310 і 849-ГХ на рис. 1).

**Висновки.** За результатами переінтерпретації геологічної моделі структури Козьова, яка базується на даних параметричного та структурно-пошукового буріння, геологічної зйомки і аналізу архівних матеріалів старого нафтопромислу, рекомендуємо пробурити пошукову свердловину № 1-Нова Козьова, розташували її на відстані 1,5-2 км на північний схід від параметричної свердловини № 1-Козева. Це дасть можливість розкрити ямненські пісковики південної луски скиби Рожанки, з якими ми пов'язуємо перспективи промислової нафтогазоносності в інтервалі глибин 1700-2000 м. На розрізі II-II рекомендуємо пробурити пошукову свердловину № 2-Нова Козьова проектною глибиною 2200 м, розташували її на відстані 0,5 км на південний захід від структурно-пошукової свердловини № 1-Козева з метою розкриття потенційно нафтогазонасичених пісковиків нижньої частини головецької світи олігоцену.

#### **Список використаних джерел:**

1. Кузовенко В. В., Жигунова З. Ф., Петров В. Г. Отчет о результатах групповой комплексной геологической съемки масштаба 1:50000, проведенной на площади Климец Львовской и Закарпатской областей УССР в 1973-1976 гг. Трест "Львовнефтегазразведка", КГП. – Львов, 1977. – 185 с. Фонди ДП "ЗУГ".

2. Мочалин И. П., Клищ С. С. Отчет о геологических исследованиях, произведенных в зоне Кросно на площади Головецко-Хутар Дрогобычской области УССР в 1952 г. – Львов, 1953. – 128 с. Фонди ДП "Західукргеологія").

3. Бикбулатов А. Г. Геологический отчет о результатах структурно-поискового бурения на площади Козева Дрогобычской области УССР в 1956 г. Объед. "Укрнефть", ЛГПК. – Львов, 1957. – 171 с. Фонди ДП "Західукргеологія").

4. Кык И. В., Чиж Е. И., Ратыч В. А. Отчет о результатах профильного структурно-поискового бурения на площади Козева Львовской области УССР, проведенного в 1962-1963 гг. Львов, 1963. – 114 с.

## **ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ПРОЦЕСІ ПОШУКІВ ТА РОЗРОБКИ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ У СКЛАДНОПОБУДОВАНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ РОЗРІЗАХ**

*Федоришин Д.Д.<sup>1</sup>, д. геол. н, професор, geophys@nung.edu.ua,*

*Трубенко О.М.<sup>1</sup>, к. геол. н., доцент, geotom@nung.edu.ua,;*

*Михайловський І.З.<sup>2</sup>, burproekt@ukr.net,*

*Федоришин С.Д.<sup>1</sup>, к. геол. н., доцент, geophys@nung.edu.ua,*

*Трубенко А.О.<sup>1</sup>, студент, grf@nung.edu.ua,*

*1 – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна,*

*2 – ТЗОВ «БУРПРОЕКТ», м. Львів, Україна*

Розглядається проблема пов'язана із неоднозначністю результатів комплексних геофізичних досліджень свердловин (ГДС), що відображається на зниженні ефективності інтерпретаційних методик окремих методів, а як наслідок пропуску газонафтонасичених тонкошаруватих порід-колекторів. У зв'язку з цим проведено аналіз результатів геофізичних досліджень у свердловинах Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Отримана інформація експериментальних досліджень керну, дозволила встановити причини викривлення показів геофізичних досліджень.

## **INCREASING THE INFORMATIONAL CONTENT OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL RESEARCH IN THE PROCESS OF EXPLORATION AND DEVELOPMENT OF HYDROCARBON DEPOSITS IN COMPLEX- BUILT GEOLOGICAL SECTIONS**

*Fedoryshyn D.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Prof., geophys@nung.edu.ua,*

*Trubenko O.<sup>1</sup>, PhD. (Geol.), Assoc. Prof., geotom@nung.edu.ua,*

*Mykhailovskiy I.<sup>2</sup>, burproekt@ukr.net,*

*Fedoryshyn S.<sup>1</sup>, PhD. (Geol.), Assoc. Prof., geophys@nung.edu.ua,*

*Trubenko A.<sup>1</sup>, student, grf@nung.edu.ua,*

*1 – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine,*

*2 – LLC «BURPROEKT», Lviv, Ukraine*

The article deals with the problem of ambiguity of the results of integrated geophysical surveys of wells (IGS), which is reflected in the decrease in the efficiency of interpretation techniques of certain methods, and as a result, the omission of gas and oil-saturated thin-layered reservoir rocks. In this regard, we analyzed the results of geophysical studies in the wells of the Bilche-Volytska zone of Pre-Carpathian foredeep. The information obtained from the experimental studies of the core made it possible to establish the reasons for the distortion of the geophysical survey data.

Зниження ефективності пошуків та видобутку вуглеводнів, обумовлено складною будовою літолого-стратиграфічних розрізів та неоднозначністю оцінки характеру насичення порід-колекторів, як теригенного так і карбонатного типу за результатами геофізичних досліджень.

Значні труднощі пошуків вуглеводнів виникають у процесі інтерпретації результатів комплексних геофізичних досліджень, заглинизованості тонкошаруватих порід неогенової системи, а також юрських відкладів Передкарпатського прогину. У більшості випадків в тонкошаруватих піщано-глинистих розрізах не завжди можна виділити за результатами геофізичних досліджень свердловин (ГДС), насиченими вуглеводнями породи. Особливо у випадку значної глинистості та залишкового водонасичення. Для оцінки впливу глинистості на кількісну величину коефіцієнта залишкового водонасичення, ряд науковців [1–4] вивчали компонентний склад глин, а також співвідношення їх із мінералами породи з врахуванням піщанистих уламків. За результатами петрографічного опису шліфів виготовлених із відібраних зразків керну спостерігається компонентний склад глин, який виповнює літотиби нижньодашавської підсвіти представлені такими мінералами: кварц,

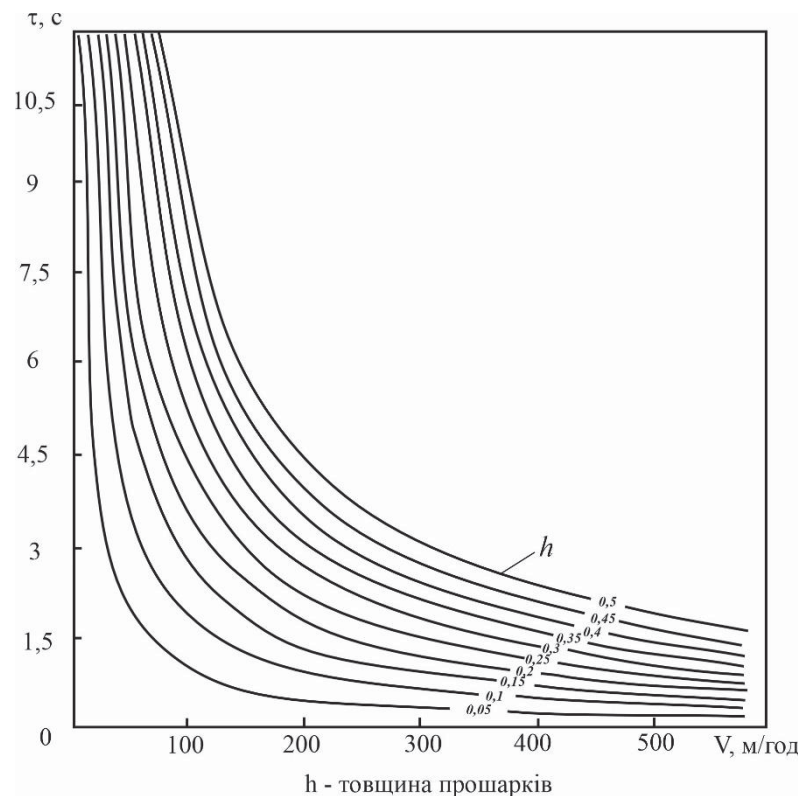


іллїт, біотит, ортоклаз, монтморелонїт, циркон, а також глауконїт, дистен, пірит, халькопірит. Окремі мінерали із вище наведених а саме: іллїт, біотит, монтморелонїт, глауконїт, суттєво впливають на кількісну величину оцінки коефіцієнта залишкового водонасичення, що обумовлює неоднозначність електричної характеристики отриманої в процесі інтерпретації результатів електричних методів.

Проведені експериментальні дослідження керну відібраного із гірських порід верхньо- і нижньодашавської підсвіт у петрофізичній лабораторії ІФНТУНГ дозволило встановити, що основними мінералами, які входять до складу глин та глинистого цементу є каолінїт, гідрослюди, серицит, хлорит, біотит та іллїт. Для оцінки їхнього впливу на величину залишкового водонасичення порід-колекторів, зокрема дашавської світи, проведені дослідження для визначення співвідношення окремих мінералогічних компонентів, враховуючи структурну будову породи на покази геофізичних свердловинних досліджень. За результатами такого підходу побудовано номограму для визначення коефіцієнта пористості і відповідно коефіцієнта газонасичення сарматських та баденських міоценових відкладів Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Враховуючи літолого-стратиграфічну будову неогенових відкладів пошуково-розвідувальних ділянок Більче-Волицької зони, досліджувались також умови формування залишкового водонасичення, яке суттєво впливає на покази електричних методів, а також аналізувався вплив швидкості реєстрації в залежності технологічних параметрів геофізичних приладів. Встановлено, що наявність органічної фази вносить відповідну похибку в розрахунки процентного вмісту залишкового водонасичення, яка значно впливає на результати електричних вимірювань і не залежить від фізичного стану гірської породи. Однак на покази нейтронних методів буде впливати не тільки пластова вода, але і кристалізаційна хімічно зв'язана вода. Враховуючи те, що на результати свердловинних гамма-методів не впливає залишкова водонасиченість, то в процесі комплексних геофізичних досліджень гамма методи є базовими при оцінці заглинизованості порід-колекторів тонкошаруватих розрізів.

З метою оптимізації комплексних геофізичних досліджень та оцінки достовірності результатів комплексних свердловинних геофізичних досліджень проведено експериментальні дослідження впливу швидкості реєстрації на достовірність виділення насичених вуглеводнями порід-колекторів, а також оцінки їх характеру насичення та товщини пласта. Для оптимізації швидкості підймання свердловинних радіоактивних приладів нами проведені відповідні розрахунки на моделях пластів різної товщини (рис. 1).

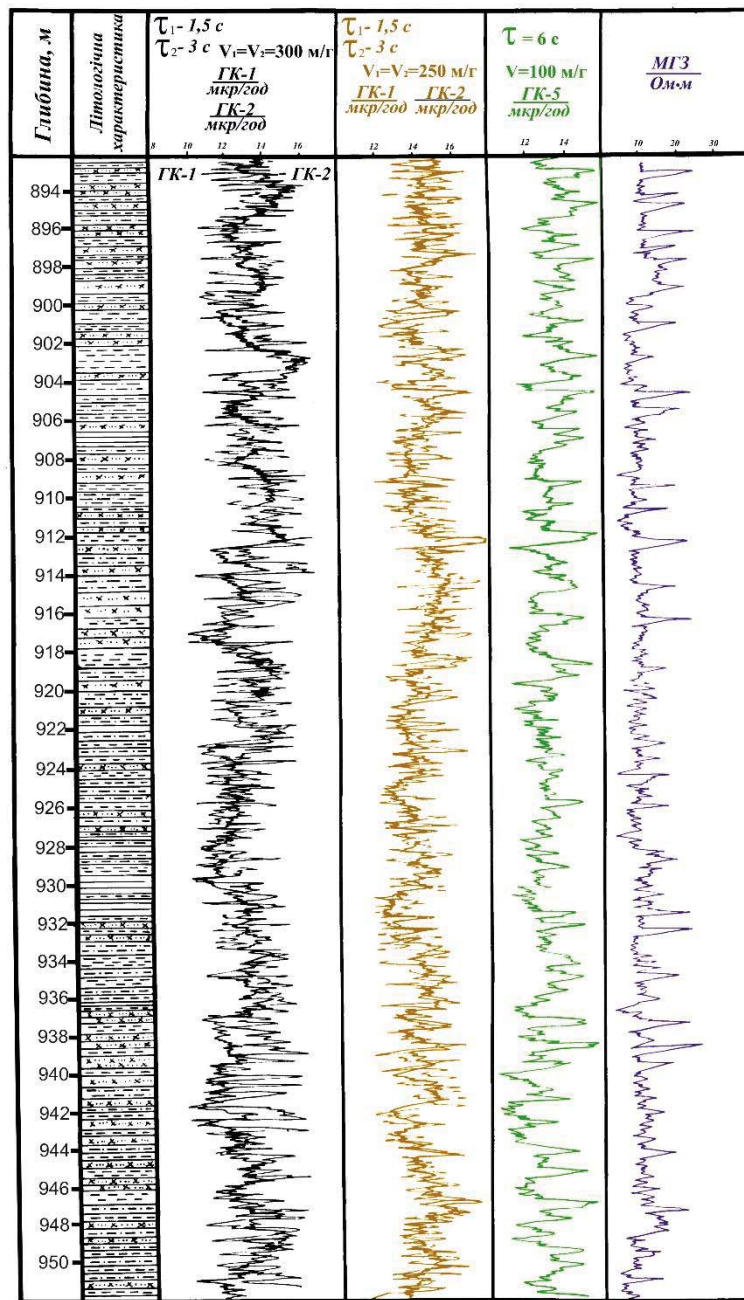
У результаті математичного моделювання була отримана залежність, яка дозволяє вибирати оптимальні режими проведення радіоактивних реєстрацій в геологічних товщинах із складнобудованих літолого-стратиграфічних розрізів. Швидкість реєстрації кривої гамма каротажу (ГК) змінювалась у межах від 100 м/год до 300 м/год, стала часу інтегруючої комірки вибиралась від 1,5 сек до 6 сек. На рисунку 2 видно із кривих  $\gamma$  каротажу зареєстрованих на різних режимах, що найбільш оптимальний варіант проведення  $\gamma$ -каротажу, характерний для швидкості 100 м/год, при значенні інтегруючої комірки – 6 сек. Такий підхід збільшує роздільну здатність апаратури РК (ДРСТ-36), у той час, як при різних інших умовах параметри зменшують свою інформативність. У процесі експерименту передбачено також використання каліматора із шириною вікна 6 см (геометрія-T/2), що збільшило інформаційну можливість методу ГК. Такий підхід дозволив виділити у тонкошаруватому розрізі неогену піщані прошарки товщиною 6 см і більше. Достовірність отриманої інформації підтверджена такими методами як Боковий каротаж (БК) та мікрокаротаж (МК), а також результати відбору керну, за допомогою свердловинних керновідбірників.



**Рис. 1. Номограма для визначення швидкості спуску приладів радіоактивного каротажу ( $V$ ) при різному часі сталої інтегруючої комірки ( $\tau_c$ )**

#### Список використаних джерел:

1. Федоришин Д.Д. Теоретико-експериментальні основи петрофізичної та геофізичної діагностики тонкопрошаркових порід-колекторів нафти і газу (на прикладі Карпатської нафтогазоносної провінції): дис. д-ра геол. наук. Львів, 1999. 289 с.
2. Фецишин В.О., Нестеренко М.Ю., Багнюк М.М., Петраш Ю.І. Визначення поверхневої активності порід-колекторів шляхом витіснення незмішуваних рідин. Геологія і геохімія горючих копалин. 2000. № 2. С. 104–108.
3. Федоришин С.Д. Петрофізичні та геофізичні критерії виділення складнопобудованих колекторів теригенних розрізів (на прикладі нафтогазових родовищ Карпатської нафтогазоносної провінції та Дніпрово-Донецької западини): автореф. дис. канд. геол. наук: Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. К., 2010. 22 с.
4. Фецишин В.О. Низькопористі породи-колектори газу промислового значення. Київ. УкрДГРІ, 2005. 148 с.
5. Федоришин Д. Д., Трубенко О. М., Федоришин С. Д., Трубенко А. О. Федоришин Д. С. Перспективи складнопобудованих гелльветських відкладів Крукенецької западини за результатами геофізичних досліджень свердловин. Нафтогазова енергетика. 2022. № 2. С. 7–15.



Чорний колір - колімаційне вікно - 6 см

Рис. 2. Роздільна здатність гамма-методу, при різних технологічних умовах рестрації [5]

## ЩОДО ОЗНАЧЕННЯ УЩІЛЬНЕНИЙ КОЛЕКТОР

*Кашуба Г.О., к. геол. н., hryhorii.kashuba@ugv.com.ua;  
АТ “Укргазвидобування”, Київ, Україна*

Низькопроникні, низькопористі гірські породи складають значну частину продуктивних комплексів нафтогазоносних регіонів України [1, 2, 3, 5]. Залягають вони в усьому діапазоні досягнутих свердловинами глибин. В розрізі можуть зустрічатися як поодинокі пласти різної потужності, так і масивні утворення піщано-глинистих порід з прошарками аргілітів, карбонатів тощо. Їх перспективність доведена, коли у США були відкриті поклади газу “центральнобасейнового” типу. Зосереджені у них ресурси газу інколи до 10 разів і більше перевищують ресурси традиційних колекторів. Такі газонасичені породи мають пористість переважно до 10–12 %, проникність у середньому  $(1 - 0,1) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$  і забезпечують початкові припливи газу у декілька десятків тисяч кубічних метрів на добу.

## ABOUT THE DEFINITION OF A SEALED COLLECTOR

*Kashuba H., Cand. Sci. (Geol.), hryhorii.kashuba@ugv.com.ua;  
Joint Stock Company Ukrgasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine*

Low-permeability, low-porosity rocks make up a significant part of the productive complexes of oil and gas bearing regions of Ukraine [1, 2, 3, 5]. They occur in the entire range of depths reached by wells. The section may contain both single layers of different thicknesses and massive formations of sandy clayey rocks with interlayers of mudstones, carbonates, etc. Their prospects were proved when the United States discovered gas deposits of the “central basin” type. The gas resources concentrated in them are sometimes up to 10 times or more higher than the resources of traditional reservoirs. Such gas-saturated rocks have a porosity of up to 10-12%, permeability of  $(1 - 0.1) \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$  on average, and provide initial gas inflows of several tens of thousands of cubic meters per day.

**Вступ.** Поняття та означення низькопористого колектора введено в роботі [1]. Там запропоновано розділяти високопористі породи від низькопористих за коефіцієнтом відкритої пористості ( $K_p$ ). Як граничне значення ( $K_p^{гр}$ ) – запропонована пористість 10 - 12 %. На сьогодні немає чіткого означення загальноприйнятого терміну ущільнений колектор. Різні автори трактують його по-різному і тому має місце повна його невизначеність. По мірі еволюції розуміння фізичних процесів, що відбуваються в ущільнених породах в означення ущільнений колектор можна віднести: “tight oil and gas” (нафта і газ ущільнених порід), низькопористі породи, сланці, що вміщують рідкі вуглеводні.

Сам термін ущільнений, в тому числі і низькопористий колектор - це поняття відносне. По-перше термін “ущільнений” – вже заперечує, що така порода може бути колектором. Власне ущільнений пласт – означає безперспективний, але словосполучення “ущільнений колектор” вказує, що порода може вміщувати пластовий флюїд (колектор – загальне поняття), але при перепаді тиску не пропускає його через себе (заперечення класичного визначення колектора). По-друге не можна обмежувати для його означення відкриту пористість якимось одним значенням ( $K_p^{гр}$ ) для всіх відкладів, як це запропоновано у світі та показано в літературі для визначення низькопористого колектора [1, 6]. Відзначаємо, що наприклад для різних стратиграфічних відкладів ДДЗ гранична (кондиційна) пористість ( $K_p^{гр}$ ) буде різна та змінюється в межах  $7 \div 12$  %. Для таких умов термін низькопористий колектор, для означення якого використовується одне граничне значення пористості ( $K_p^{гр}$ ) на рівні 10 %, є не зовсім коректним. Якщо пласт характеризується пористістю 9 % то, для одних стратиграфічних відкладів він буде характеризуватися пористістю вищою за їх граничне значення (для пісковиків візейського ярусу нижнього карбону ( $C_1^V$ )  $K_p^{гр}=0,07$ , ДДЗ) і буде доволі хорошим колектором, а для інших – меншою (для пісковиків московського ярусу середнього карбону ( $C_2^m$ )  $K_p^{гр}=0,105$ , ДДЗ), власне буде ущільненим згідно класичного підходу. У такому випадку термін “ущільнений колектор” власне відповідає фізичній суті таких геологічних різновидів (утримує, але не віддає пластовий флюїд). Таким чином ущільнений колектор – це гірська порода пористість якої менша від її кондиційного (граничного) значення ( $K_p^{гр}$ ), але яка здатна вміщувати вільний флюїд (пористість якої більша від граничного абсолютного значення пористості).

Граничне абсолютне значення пористості ( $K_p^{гр\text{ абс}}$ ) визначається при наявності значень ефективною пористості ( $K_{п\text{ еф}}$ ), отриманих на керновому матеріалі. Аналіз зв'язку  $K_{п\text{ еф}}=f(K_p)$



(рис. 1) для різних стратотипів колекторів показує, що вільний флюїд ( $K_{п\text{эф}} > 0$ ) у порох появляється тільки при умові, якщо відкрита пористість досягає якоїсь величини, яка набагато менша граничного її значення [4, 5]. Власне вона відповідає граничному абсолютному значенню пористості ( $K_{п}^{гр\text{abc}}$ ). Ця величина для різних стратиграфічних та літологічних відкладів буде різною, як і зв'язок  $K_{п\text{эф}} = f(K_{п})$ .

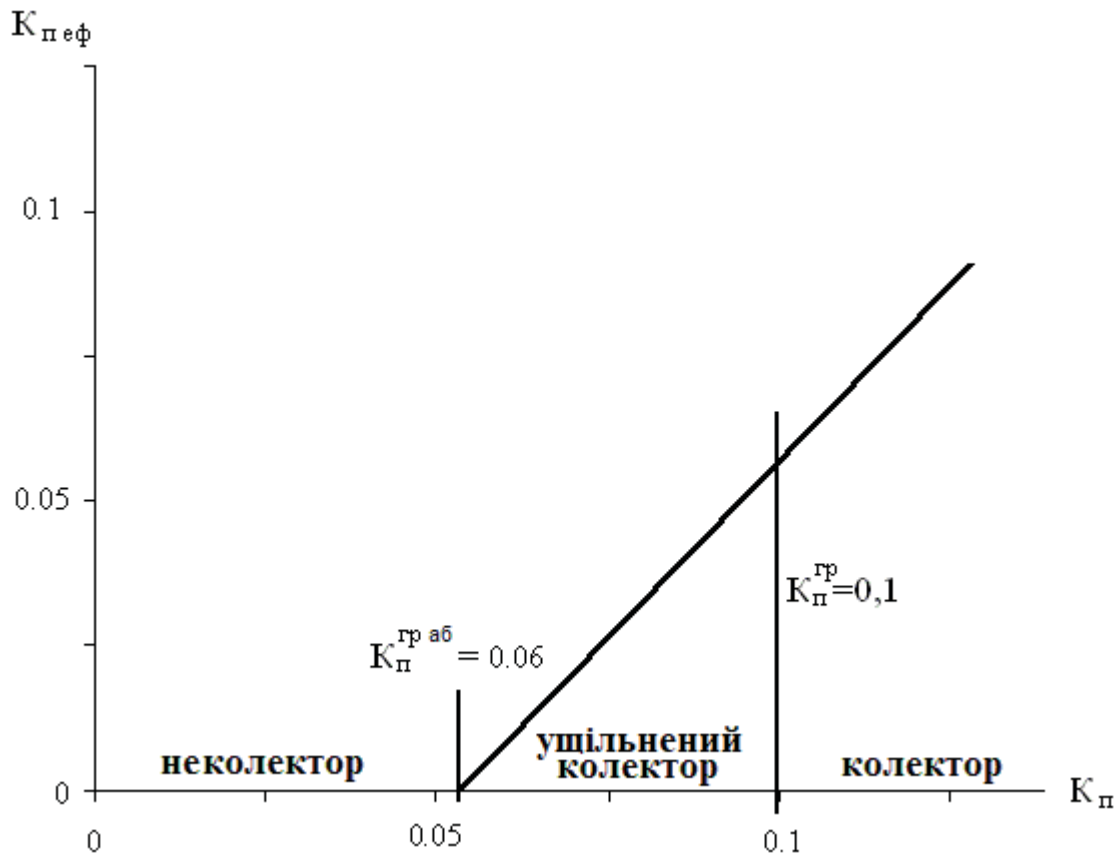


Рис. 1. Ілюстрація співставлення  $K_{п\text{эф}}$  та  $K_{п}$

Таким чином для означення ущільненого колектора через кількісні значення пористості нами пропонується використовувати два її граничних значення: граничну ( $K_{п}^{гр}$ ) та абсолютно граничну ( $K_{п}^{гр\text{abc}}$ ) пористості. У такому випадку ущільнений колектор – це гірська порода, пористість якої змінюється в наступних межах:  $K_{п}^{гр\text{abc}} \leq K_{п} < K_{п}^{гр}$ .

З урахуванням вищевикладеного підсумовуємо, що за значенням коефіцієнта пористості гірські породи можна розділити наступним чином:

- 1)  $K_{п} \geq K_{п}^{гр}$  – порода – колектор;
- 2)  $K_{п}^{гр\text{abc}} < K_{п} < K_{п}^{гр}$  – ущільнений колектор;
- 3)  $K_{п} \leq K_{п}^{гр\text{abc}}$  – неколектор (щільна порода).

Появі терміну ущільнений колектор передував термін “напівколектор”. Перше вживання цього терміну відноситься до 2000 – х років при дослідженнях нижнього поверху нафтогазоносності Шебелинського газоконденсатного родовища (Західно-Шебелинська площа).

В практиці геофізичних досліджень свердловин для гірських порід була умовно прийнята така класифікація, що визначає породу як колектор чи неколектор:

- газоносний (нафтоносний, водоносний) – рух пластового флюїду відбувається під дією сили тяжіння, або напору по законах трубної гідравліки;
- газонасичений (нафтонасичений, водонасичений) – рух пластового флюїду можливий тільки при значному переважанні сили тяжіння, або напору над силами молекулярної взаємодії між флюїдом, який фільтрується та поверхністю каналу;
- ущільнений – рух пластового флюїду практично не можливий;
- щільний – рух пластового флюїду не можливий (відсутні вільні пластові флюїди).

Власне термін газонасичений (нафтонасичений, водонасичений) з таким його означенням є попередником терміну “напівколектор”. До нього відносилися всі породи, які за даними ГДС не могли бути чітко визначені як колектор чи неколектор.

Після нашої публікації [4] цей термін почав використовуватися для означення низькопроникних порід, які включають сланцевато – глинисті та ущільнені карбонатні та теригенні породи [7, 8]. За даними авторів [7] нафта і газ, які видобуваються з цих порід, називають в англійській літературі “natural shale oil and gas” (нафта і газ сланців) і “tight oil and gas” (нафта і газ ущільнених порід). Важливо, що в цій роботі автори звернули увагу на високу дисперсність гірських порід, віднесених до напівколекторів, і що вони “можуть бути означені і як наноколектори”. Цей факт має особливе значення для аналізу властивостей напівколекторів, що буде показано нами в подальших публікаціях. Отже згідно проведених нами досліджень в означення ущільнений колектор можна віднести: “tight oil and gas” (нафта і газ ущільнених порід, поклади газу “центральнобасейнового” типу), низькопористі породи (ущільнені різновиди у покладі), сланці, що вміщують газоподібні та рідкі вуглеводні.

В результаті глибокого вивчення цього питання, а особливо аналізу кернавого матеріалу різних стратотипів пісковиків, результатів випробувань та інтенсифікації, враховуючи класичне означення поняття “колектор” ми дійшли висновку, що означення ущільнений колектор для порід, які здатні утримувати, але без інтенсифікації не віддавати вільний флюїд, є найбільш вдалим. В термінах геофізики ми маємо одночасне поєднання колектора і ущільненої породи. Вся прикладна теоретико-експериментальна база інтерпретації ГДС створювалася на принципах наявності ємнісної ( $K_p$ ) та фільтраційної ( $K_{пр}$ ) складової колектора. За практичної відсутності другої переважна більшість моделей визначення колекторських властивостей за даними ГДС стає непридатною до практичного використання. Оновлення наявних, та розробка нових моделей вирішення обернених задач ГДС для ущільнених колекторів ще раз підкреслює актуальність та значимість даної проблеми. Для таких ущільнених колекторів необхідно окремо оцінювати ресурсну базу вуглеводнів (запаси), особливо, якщо вони залягають (контактують) разом із класичними колекторами [1, 4, 5] та працюють за рахунок великої площі контакту (по мірі падіння пластового тиску у класичному колекторі). Найпростіший спосіб врахування даного ресурсного потенціалу - пониження кондиційного значення пористості і використання класичних моделей ГДС, але воно може призвести до серйозних похибок в його оцінці.

#### Список використаних джерел:

1. Федішин В.О. Низькопористі породи – колектори газу промислового значення. – К.: УкрДГРІ, 2005. 148 с.
2. Ставицький Е.А., Голуб П.С. Результати комплексних досліджень та обґрунтування перспективних зон і полігонів для пошуків сланцевого газу // Мінеральні ресурси України. – М. Київ, 2011., С. 4–12.
3. Михайлов В.А., Крупський Ю.З. Перспективи газонасиченості ущільнених порід нафтогазонасичених басейнів України // Звіт про науково-дослідну роботу. М. Київ, УДК 622.324:553.983
4. Загороднюк П.А., Кашуба Г.А. Перспективы наращивания ресурсной базы углеводородного сырья на действующих месторождениях нефти и газа // Нефть. Газ. Новации. – 2011. – № 4. – С. 70–72.
5. Кашуба Г., Карпенко І., Колісниченко В., Лелик Б. Нижньопермські антиклінали Дніпровсько-Донецької западини - як потенційні резервуари газу ущільнених порід // Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. - 2015. - Т. 8. - С. 181-189.
6. Федішин В.О. Наукові засади оцінювання низькопористих колекторів вуглеводневого газу: Дис... д-ра геол. наук: 04.00.17 / ІГГК НАН України. – Львів, 2003. - 246 с.
7. Бескопыльный В.Н., Айзберг Р.Е. Углеводородный потенциал полуколекторов осадочно-породных бассейнов Беларуси // Доклады НАН Беларуси. 2012. Т. 56.
8. Прищепа О.М., Аверьянова О.Ю. К обсуждению понятийной базы нетрадиционных источников нефти и газа – сланцевых толщ // нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2013. – Т.8. – [http://www.ngtp.ru/rub/9/27\\_2013.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/27_2013.pdf)

## ПЕРСПЕКТИВИ НАРОЩУВАННЯ РЕСУРСНОЇ БАЗИ ВУГЛЕВОДНІВ ЄФРЕМІВСЬКОЇ ТА ПІВНІЧНО-ЄФРЕМІВСЬКОЇ ЗОНИ ЗА ДАНИМИ ПЕРЕІНТЕРПРЕТАЦІЇ СЕЙСМОРОЗВІДКИ 3D

*Сурков С.В.<sup>1</sup>, surkov.sergiy@ugv.com.ua;*  
*Костів А.Л.<sup>1</sup>, kostiv.andrey@ugv.com.ua;*  
*Кулинич М.С.<sup>1</sup>, kulynych.mariya@ugv.com.ua;*  
*Кривуля С.В.<sup>2</sup>, к. геол. н., serhii.kryvulia@ugv.com.ua;*  
*Пуц Д.В.<sup>2</sup>, denys.puts@ugv.com.ua;*

*1 – АТ «Укргазвидобування» філія Український науково-дослідний інститут природних газів,  
Харків, Україна,*

*2 – АТ «Укргазвидобування» філія ГПУ «Шебелінкагазвидобування»,  
Донець, Харківська обл., Україна*

Застосування сучасних технологій сейсморозвідки 3D в межах Єфремівської та Північно-Єфремівської структурної зони дозволило отримати нові уявлення про будову родовища і прилеглих ділянок, що відкриває нові можливості нарощування ресурсної бази. Поглиблене вивчення даної ділянки дозволило відкрити нові перспективи щодо пошуку покладів як у горизонтах що залягають нижче відомого поверху газоносності так і на суміжних блоках. Спираючись на дані дослідження спрогнозовано низку структурних та літологічних пасток вуглеводнів, оцінено ресурси та надано рекомендації на подальше проведення геологорозвідувальних робіт.

## PROSPECTS OF EXPANDING THE HYDROCARBON RESOURCE BASE OF THE YEPHREMIAN AND NORTHERN YEPHREMIAN ZONES ACCORDING TO THE REINTERPRETATION OF 3D SEISMIC SURVEYING DATA

*Surkov S.<sup>1</sup>, surkov.sergiy@ugv.com.ua;*  
*Kostiv A.<sup>1</sup>, kostiv.andrey@ugv.com.ua;*  
*Kulynych M.<sup>1</sup>, kulynych.mariya@ugv.com.ua;*  
*Kryvulia S.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), serhii.kryvulia@ugv.com.ua;*  
*Puts D.<sup>2</sup>, denys.puts@ugv.com.ua;*

*1 – Joint stock company «Ukrigasvydobuvannya» affiliate Ukrainian Research Institute of Natural Gases,  
Kharkiv, Ukraine,*

*2 – Joint stock company «Ukrigasvydobuvannya» affiliate GPD «Shebelynkagasvydobuvannya»,  
Donets, Kharkiv oblast, Ukraine*

The use of modern 3D seismic surveying technologies within the Yephremian and Northtrn Yephremian structural zones allowed to obtain new insights into the structure of the deposit and adjacent areas, which opens up new opportunities for expanding the resource base. In-depth study of this area allowed to open new prospects for the search for deposits both in the horizons lying below the known gas-bearing floor and on adjacent blocks. Based on the research data, a number of structural and lithological hydrocarbon traps were predicted, resources were estimated and recommendations were made for further geological exploration.

Перспективи нарощування розвіданих запасів вуглеводнів (ВВ) у Дніпровсько-Донецькій западині на даному етапі пов'язуються з детальним дослідженням відносно слабо вивчених ділянок на новому якісному рівні. Для проведення нафтогазопошукових робіт на таких ділянках необхідне створення наукових передумов їх реалізації шляхом застосування новітніх технологій, розробки концепцій формування природних резервуарів, шляхів міграції флюїдів, виникнення умов для утворення пасток різних типів, можливості акумуляції і збереження покладів ВВ. Достатньо перспективною в цьому плані, на нашу думку, є Єфремівська та Північно-Єфремівської структурні зони.

Спеціальні нафтогазопошукові роботи на цій території проводяться з 60-х років минулого сторіччя. Досліджувана площа покрита сіткою сейсмічних профілів МВХ і МСГТ, електро-, граві-, та магніторозвідкою. Основний обсяг глибокого буріння зосереджено в межах відкритих родовищ, насамперед, Єфремівського та Мелихівського зі значними запасами газу [1]. Наразі ведеться переважно їх експлуатаційне дорозбурювання. Разом з тим,

територія на північ від Єфремівського родовища та на схід від Парасковіївського штоку площею близько 300 км<sup>2</sup> залишається недостатньо вивченою.

Нові можливості геологічного вивчення відкрились з покриттям цієї території сучасною широкоазимутальною сейсмозвідкою за технологією 3D, застосуванням сучасних технологій обробки та інтерпретації сейсмічних даних із застосуванням програмного комплексу Petrel.

Командою геологів проведені дослідження в межах даного полігону на Мелихівсько-Єфремівському та Північно-Єфремівському сейсмічних кубах, як в часовому так і в глибинному доменах, інтерпретація сейсмічних горизонтів відбиття, розривних порушень та контурів штоків. За сучасними методиками переобробки виконана кількісна інтерпретація 3D сейсмозвідувальних даних, в ході яких було обчислено параметри пластів у міжсвердловинному просторі, що дозволило отримати кубі різноманітних параметрів, зокрема акустичного імпедансу. На основі регіональних даних, принципів сіквенсстратиграфії при кореляції свердловин та інтерпретації сейсмозвідувальних даних, сейсмічні атрибути, спектральні декомпозиції, даних кількісної інтерпретації сейсмозвідувальних даних виконана комплексна робота з розробки концептуальної моделі осадконакопичення.

Спираючись на свердловинні дані та результати інтерпретації сейсмозвідки були побудовані геологічні 3D моделі перспективних об'єктів.

В межах площі виділено три перспективних ділянки (рис.1):

1. Окремі ділянки прилегли до Єфремівського родовища;
2. Північно-Єфремівська площа;
3. Кас'янівська структура.

**Єфремівська структура**, з якою пов'язано однойменне газоконденсатне родовище, знаходиться у найбільш зануреній по відкладах палеозойського віку південно-східній частині приосьової зони ДДЗ (рис.1).

Сейсмічними дослідженнями за технологією 3D деталізована структурно-тектонічна будова ділянки по горизонтам відбиття у відкладах середнього та верхнього карбону, нижньої пермі, тріаса та юри. По перспективних горизонтах виконано атрибутивний аналіз (RMS Amplitude) та спектральну декомпозицію, що дозволило виділити в розрізі аномальні зони, які можливо інтерпретувати як ділянки розповсюдження колекторів. Загалом виділяються три перспективних ділянки для подальших пошуків покладів вуглеводнів.

1 - В межах **північного крила Єфремівської структури**, від рівня продуктивного горизонту (ПГ) А-8 до Г-8, виділено низку літологічних піщаних тіл, які виклинюються при наближенні до припіднятої осьової частини структури та ймовірно відокремлені від ділянок з уже встановленою газоносністю. На різних рівнях ці тіла мають різне площинне поширення в залежності від зміни геометрії каналів. В деяких випадках це групи окремих тіл, в інших - це комбінація окремих лінз з продовженням вже розкритих в апікальній частині структури.

Для опощування перспективного газоносного об'єкту в товщі відкладів верхнього карбону рекомендоване буріння кількох розвідувальних свердловини проєктними глибинами 4000 м.

2 - В межах **Південно-східної ділянки структури** на матеріалах сейсмозвідки достатньо чітко простежується розривне порушення, що відділяє приштоковий блок його від основної частини родовища та екранує поклади з заходу та контури соляного діяпіру, який набуває на рівні картамишської світи і нижче щільного характеру і екранує поклади з півночі. Пробуреною в зануреній частині блоку розвідувальною свердловиною розкрито кілька ущільнених газонасичених по ГДС пісковиків ПГ А-8, з яких в експлуатаційній колоні припливу не отримано, а свердловина була ліквідована по геологічних причинах. Амплітуда пастки від рівня свердловини до апікальної частини блоку перевищує 1000 м. Очікуваний поверх газоносності від ПГ А-8 до Г-8. Для розвідки покладів пропонується пробурити свердловину проєктною глибиною близько 3500 м.



3 - В межах *Північно-східної ділянки структури* у зануреній частині пробурена розвідувальна свердловина в якій за ГДС виділено ряд газонасичених пластів у товщі картамишської та араукаритової світ. При випробуванні горизонту А-8 отримано слабкий приплив газу, а з горизонту Г-12 отримано приплив мінералізованої води. Свердловиною розкрито контакт масивнопластового покладу верхнього карбону на нижчому рівні ніж в основному блоці. На матеріалах сейморозвідки простежуються розривні порушення та конури соляного діяпіру, що обмежують даний блок, який, імовірно, є гідродинамічно ізольованим від основного блоку родовища, що створює умови для збереження масивнопластового покладу з власним ГВК. Очікуваний поверх газонасиченості від ПГ А-8 до Г-12. Для розвідки покладів пропонується пробурити свердловину проєктною глибиною близько 4000 м.

За результатами даних досліджень у 2023 році підготовлено проєкт пошуково-розвідувального буріння.

**Північно-Єфремівська площа** знаходиться на північному крилі Північно-Єфремівської депресії, у найбільш зануреній по відкладах палеозойського віку південно-східній частині приосьової зони ДДЗ (рис.2).

Безпосередньо в межах Північно-Єфремівської площі пробурена пошукова свердловина 2-Козачківська глибиною 4775 м, яка на вибої розкрила відклади авілівської світи верхнього карбону. За матеріалами ГДС перспективних у нафтогазоносному відношенні пластів не виявлено. Сейсмічними дослідженнями за технологією 3D деталізована структурно-тектонічна будова ділянки по горизонтам відбиття у відкладах середнього та верхнього карбону, нижньої пермі, тріаса та юри. Проведено атрибутивний аналіз сейсмічних даних по горизонтах відбиття на рівні перспективної товщі.

Перспективи газонасиченості Північно-Єфремівської площі можуть пов'язуватися з регіонально нафтогазоносними продуктивними горизонтами московського ярусу середнього карбону. За умовами осадконакопичення більша частина розрізу московського ярусу відноситься до субконтинентальних утворень (алювіальні, озерно-болотяні та лагунні фації), і тільки окремі прошарки та верхня частина ярусу представлена переважно морськими утвореннями.

В межах площі виділяються дві групи різних за генезисом перспективних об'єктів:

1) Безпосередньо Північно-Єфремівська структура знаходиться в південній частині площі і являє собою моноклінальний тектонічний блок, який з півночі та зі сходу обмежується скидами амплітудою до 40 м, які перетинаються між собою та утворюють тектонічно-екрановану пастку. На рівні верхньокам'яновугільних відкладів розміри Північно-Єфремівської структури становлять  $7,1 \times 1,8$  км. На рівні середнього та нижнього карбону розміри структури поступово зменшуються за рахунок зближення обмежуючих скидів та збільшенням кутів нахилу порід в межах блоку.

В апікальній частині структури у хвильовому сейсмічному полі на різних стратиграфічних рівнях виділяються контрастні RMS-аномалії. За даними атрибутивного аналізу даних сейсмічного 3D кубу в інтервалі залягання відкладів московського ярусу середнього карбону, по атрибутам Envelope та Sweetness визначені ділянки (так звані "яскраві плями"). Аналізуючи положення цих плям по площі автори роботи дійшли висновку, що у зануреному блоці вони локалізуються вузькою полоскою шириною 500-600 м вздовж екрануючого субширотного скиду. Ця обставина може свідчити про наявність покладу або покладів у зоні яка прилягає до тектонічного порушення.

Поклади вуглеводнів очікуються пластові, тектонічно екрановані можливого літологічно обмежені. Для опішукування перспективного газонасного об'єкту в товщі відкладів московського ярусу середнього карбону рекомендоване буріння пошукової свердловини проєктною глибиною 5500 м.

2) В північній частині площі проведення робіт у розрізі московського ярусу виявлені та закартовані три об'єкти руслового генезису, які відображаються у хвильовому сейсмічному полі контрастними RMS-аномаліями та також на результатах спектральної

декомпозиції - спектрального розкладання кубу миттєвих амплітуд. Ці об'єкти викликають обґрунтований інтерес з точки зору їх опошукування з метою встановлення покладів вуглеводнів. Тіла палеорусел, як правило, відрізняються за літологічним складом порід від вмшуючих відкладів. Переважно вони складаються більш крупнозернистими різновидами осадових порід та їм притаманні покращені фільтраційно-ємнісні показники. Як правило, у тілах такого генезису утворюються поклади вуглеводнів літологічного типу.

Виявлені об'єкти викликають зацікавленість з точки зору пошуку покладів вуглеводнів. Для цього пропонується буріння пошукових свердловин проектними глибинами 5300-5700 м, розташованих таким чином, щоб одночасно розкривалось кілька перспективних об'єктів в товщі верхньомосковських відкладів середнього карбону. Поклади вуглеводнів очікуються пластові, тектонічно екрановані або літологічно обмежені в пісковиках руслового, барового та іншого походження.

**Кас'янівська структура** знаходиться у найбільш зануреній по відкладам палеозойського віку південно-східній частині приосьовій зоні ДДЗ, зі сходу примикає до Парасковіївського штоку і являє собою напівантикліналь екрановану соляним діапіром (рис.3). На площі у 1974-1981 роках на матеріалах сейсморозвідки 2D пробурено три пошукові свердловини. Свердловини 1, 3 Кас'янівські при глибинах 4508, 4200 м, відповідно, не вийшли із штокової солі. Свердловина 2-Кас'янівська глибиною 4204 м пробурена в межах північно-східного крила структури. На вибої розкрито відклади верхнього карбону (ПГ Г-13). За матеріалами ГДС, у свердловині визначено 8 ущільнених, 3 водоносних і 1 водонасичених пластів пісковиків в інтервалі ПГ А-6 – Г-6 та 2 з невизначеним характером насичення (ПГ А-3). В колоні були випробувані ущільнені пласти ПГ А-6, з яких припливу флюїду не отримано.

На матеріалах сучасної сейсморозвідки 3D достатньо чітко трасуються границя соляного тіла та горизонти відбиття у відкладах пермі, пізнього та середнього карбону. Базуючись на результатах новітніх сейсмічних досліджень і матеріалах буріння пошукових свердловин 1, 2, 3 Кас'янівських та 15/18 Меліхівських, побудована геологічна 3D модель Кас'янівської структури. Структура простежується по всій дослідженій товщі, в товщі відкладів від пермі до московського ярусу середнього карбону, як екранована соляним діапіром пастка завширшки до 2 км і амплітудою до 250 м. Очікуваний інтервал прогнозної газоносності від 3000 до 6000 м. Свердловина 2-Кас'янівська опинилась поза межами сприятливих пасткових умов і розкрила обводнені пласти-колектори. Для опошукування закартованої структурно-тектонічної пастки, доцільним уявляється буріння в її апікальній частині, пошукової свердловини проектною глибиною 6000 м.

Таким чином, застосування сучасної сейсморозвідки 3D дало можливість отримати нові дані про геологічну будову ділянок не охоплених глибоким бурінням, виявити перспективні ділянки та обґрунтувати моделі прогнозних пасток вуглеводнів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Атлас родовищ нафти і газу України. Том I, II // – Львів, 1998.

*Автори висловлюють щиру подяку колективу відділу проектування геологорозвідувальних робіт УкрНДІгазу, а саме Андрію Ковшикову, Олександрю Троянову, Артему Хижняку за дієву допомогу у підготовці доповіді.*

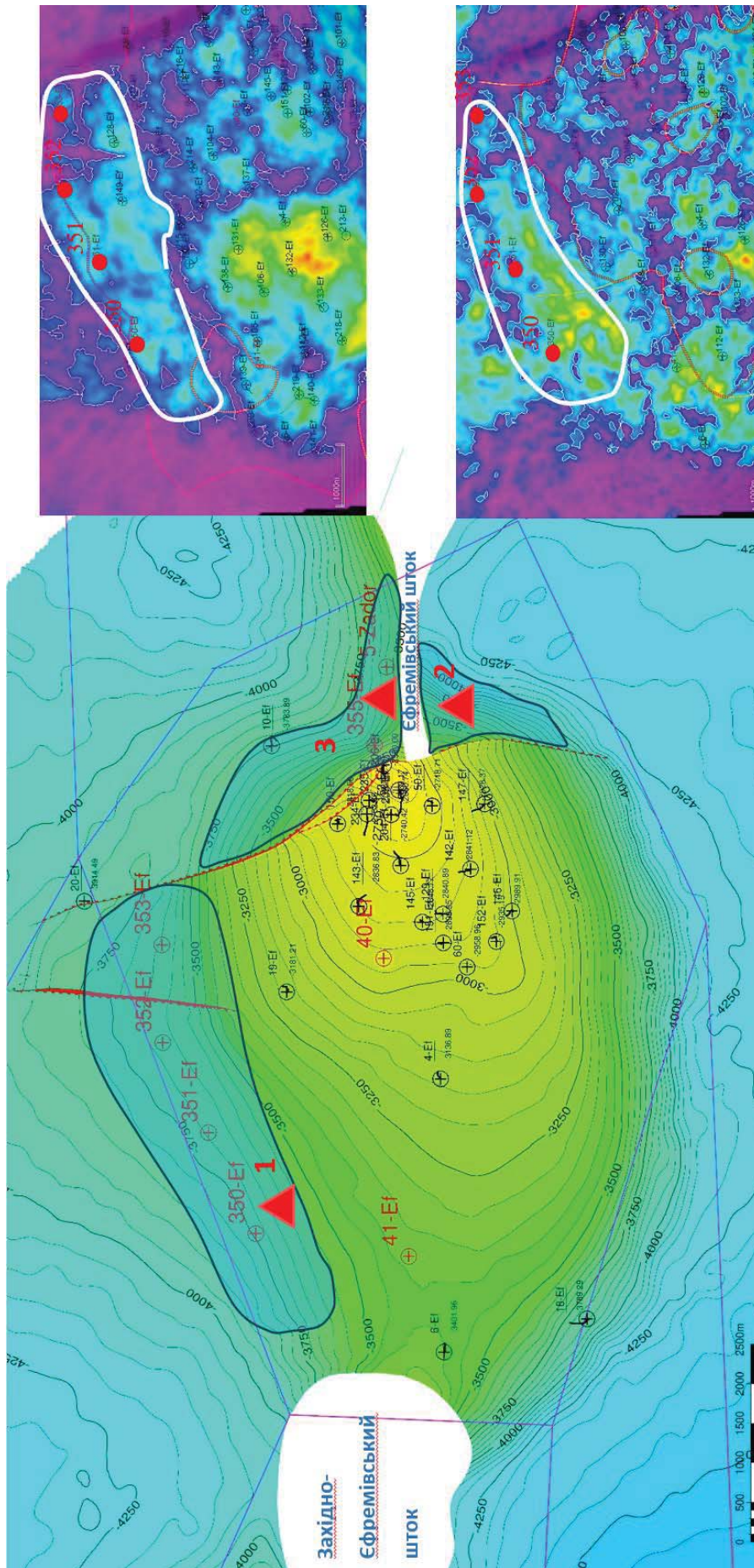


Рис. 1. Розташування перспективних об'єктів в межах Єфремівської структури



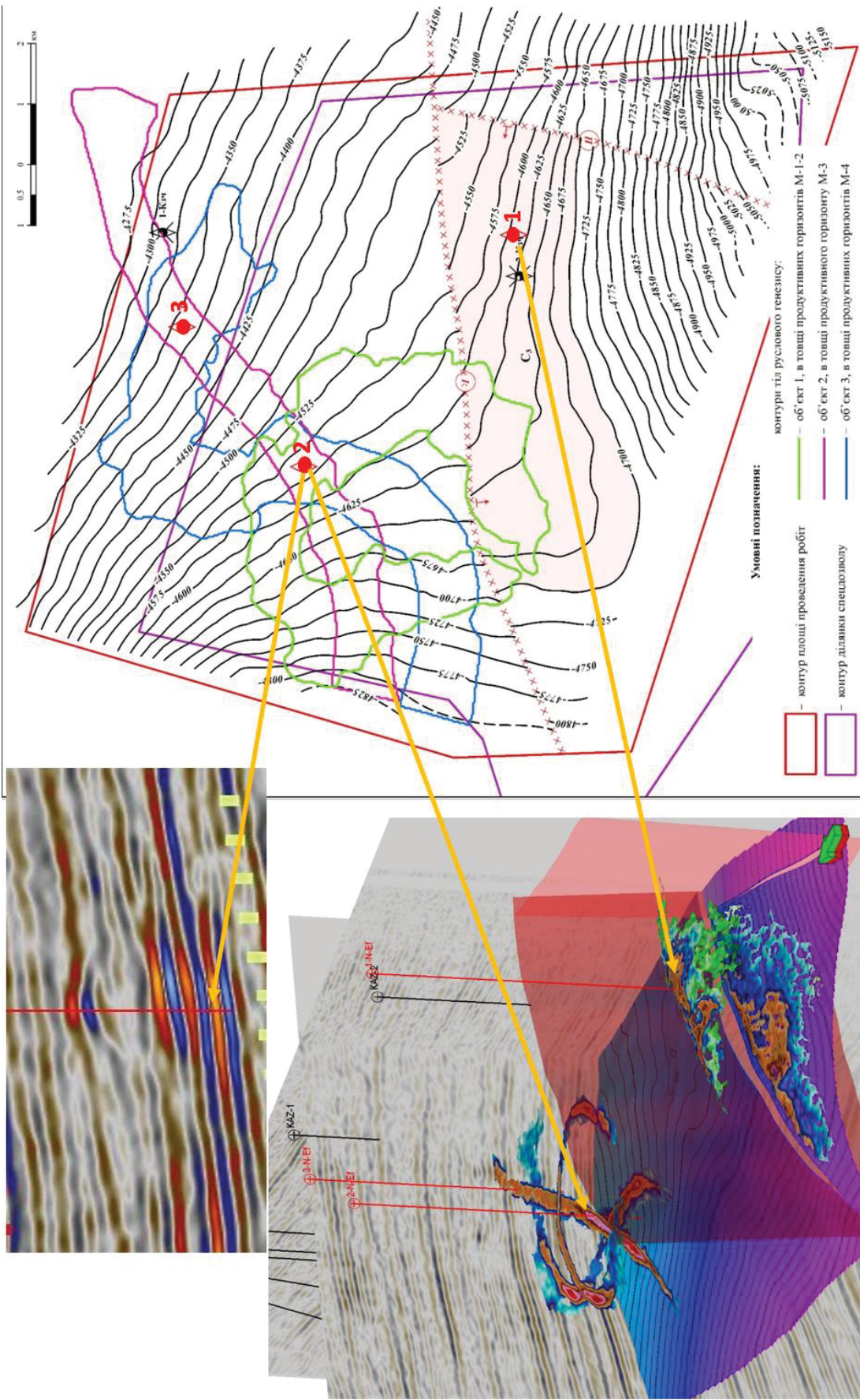


Рис. 2. Розташування перспективних об'єктів в межах Північно-Єфремівської площі



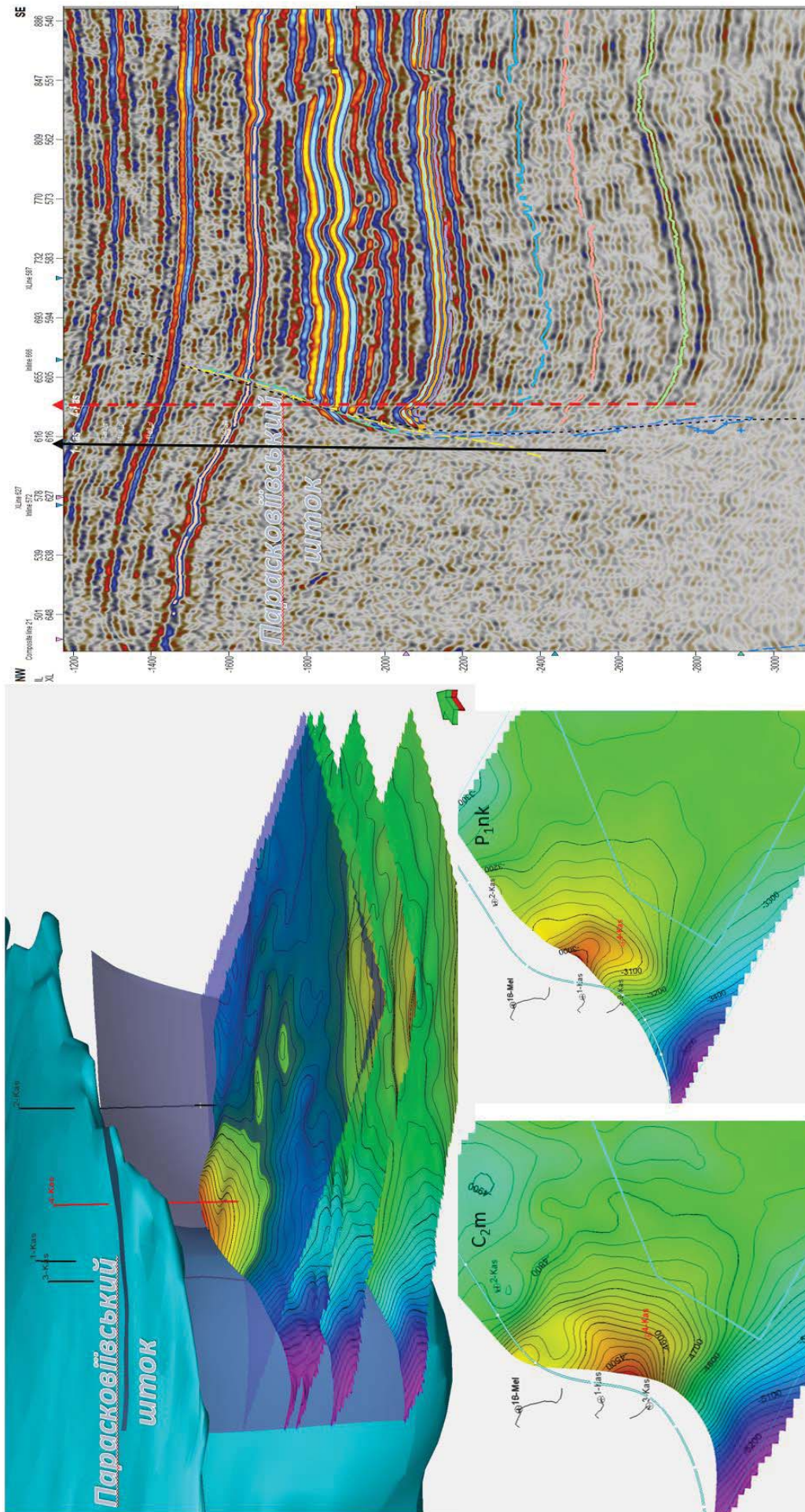


Рис. 3. Кас'янівська перспективна структура

## МОРФОЛОГО-ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗЩЕПЛЕНЬ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ

*Матрофайло М.М., к. геол.-мін. н., с. н. с., mmatrofaylo@gmail.com,  
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

На підставі морфологічного аналізу і палеорекострукції вугленосних відкладів встановлено природу, проведено морфолого-генетичну типізацію й систематизацію площинного поширення розщеплень вугільних пластів кам'яновугільної формації Львівсько-Волинського басейну. Встановлено тектонічний й атектонічний типи розщеплень. Переважне поширення мають локальні розщеплення тектонічної природи, а їхнє утворення зумовлене конседиментаційними диференційованими тектонічними рухами фундаменту, які спричинили опускання і підняття окремих ділянок території вуглеутворення.

Наведено результати дослідження співвідношення загальної зольності вугільних пластів у разі зростання розщеплювального породного прошарку й особливості їхньої розробки в зонах розщеплень. Розраховано максимальну потужність породного прошарку в зоні розщеплення вугільного пласта для визначення й оконтурення на картах морфології несприятливих для розробки ділянок.

Встановлено, що територіальний розподіл виділених морфолого-генетичних типів розщеплень вугільних пластів басейну є зональним. Атектонічні розщеплення пластів вугілля переважно поширені в менш тектонічно активній зоні (нерозщеплених або слабо розщеплених пластів), розташованій у зовнішній частині Львівського палеозойського прогину. Тектонічні розщеплення притаманні тектонічно активнішій зоні (розщеплених та кількарарово розщеплених пластів), яка належить до внутрішньої частини Львівського палеозойського прогину, а також Ковельській вугленосній площі. Переважне поширення має біфуркація вугільних пластів.

Викладений матеріал має наукове і прикладне значення для з'ясування особливостей морфології вугільних пластів на ділянках розщеплень, умов їхнього утворення, розробки і порівняння вугленосних формацій Львівсько-Волинського й інших типових кам'яновугільних басейнів.

## MORPHOLOGICAL-GENETIC ANALYSIS OF SPLITS OF THE COAL SEAMS OF THE LVIV-VOLYN BASIN

*Matrofailo M., PhD (Geol. & Mineral), Senior Research Scientist, mmatrofaylo@gmail.com,  
Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

On the basis of morphological analysis and paleoreconstruction of coal-bearing deposits was established the nature and carried out the morphological-genetic typification and systematization of the planar distribution of splits of coal seams of the coal-bearing formation of the Lviv-Volyn basin. Tectonic and non-tectonic types of splits are established. Predominantly spread are local splits of a tectonic nature, and their formation is caused by syndimentary differentiated tectonic movements of the basement, which caused the subsidence and uplift of certain areas of the coal-forming territory.

The results of the study of the ratio of the total ash content of coal seams in the case of the growth of the rock layer and the peculiarities of their development in the splitting zones are given. The maximum thickness of the rock layer in the zone of splitting of the coal seam was calculated to determine and delineate on maps the morphology of areas unfavorable for development.

It was established that the territorial distribution of selected morphological-genetic types of splits of coal seams of the basin is zonal. Non-tectonic splits of coal seams are mostly common in the less tectonically active zone (unsplit or slightly splitted seams), located in the outer part of the Lviv Paleozoic Depression. Tectonic splits are characteristic of the tectonically more active zone (splitted and repeatedly splitted layers), which belongs to the inner part of the Lviv Paleozoic Depression, as well as to the Kovel coal-bearing area. The bifurcation of coal seams is prevalent.

The presented material is of scientific and applied importance for elucidating the peculiarities of the morphology of coal seams in the areas of splitting, the conditions of their formation, development and comparison of coal-bearing formations of Lviv-Volyn and other typical coal basins.

**Вступ.** Розщеплення вугільних пластів належать до характерних генетичних особливостей вугленосних формацій і поширені по-різному у всіх вугільних басейнах та властиві майже всім вугільним пластам. Це явище полягає у розділенні пласта вугілля компактної будови на дві або декілька вугільних пачок, відокремлених породними прошарками, зростання потужності яких зумовлює збільшення розщеплення і загальної товщини пласта. Закономірно вони напрямлені у бік найбільшого занурення субстрату торфовищ, а також до відкритих водойм, які їх обмежують. Розщеплення вугільного пласта, яке відбувається в одному напрямі, часто супроводжує зменшення потужності вугільних пачок до втрати їхнього промислового значення і виклинуванням. У певних випадках розщеплення пластів змінюється злиттям відщеплених вугільних пачок тощо.



Унаслідок формаційного аналізу і детального вивчення морфології пластів вугілля це явище, як одна з форм генетичної зміни морфоструктури вугільних пластів, виявлене і схарактеризоване в опублікованих працях й у Львівсько-Волинському басейні (ЛВБ) [1–5 та ін.]. Розщеплення зазнають майже всі промислові пласти басейну –  $n_7^H$  ( $n_7$ ),  $n_7$  ( $n_7^1$ ),  $n_7^B$ ,  $n_8^B$ ,  $n_9$ . Проте, на відміну від інших кам'яновугільних басейнів, поширення розщеплень обмежене, а їхня морфологія менш різноманітна.

Під час застосування морфологічного аналізу покладів вугілля важливим є проведення контуру розщеплення вугільних пластів. З одного боку, границя розщеплення має генетичне значення, характеризуючи особливості формування покладу, з іншого, – прикладне, яке безпосередньо пов'язане з видобутком вугілля, відображаючи, до якої межі можлива за зольністю одночасна розробка відщеплених пачок пласта на ділянках розщеплення.

Актуальність досліджень полягає в тому, що для стабільного й ефективного видобування вугілля необхідне визначення основних параметрів і оконтурення несприятливих для розробки ділянок розщеплень вугільних пластів.

**Мета роботи** – на підставі морфологічного аналізу і палеорекострукції вугленосних відкладів викласти результати дослідження розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського басейну та провести морфолого-генетичну типізацію і систематизацію їхнього територіального поширення. Визначити за загальною зольністю і графічно показати максимально допустиму потужність породного прошарку на ділянках розщеплення для можливого сумісного відпрацювання вугільних пачок, за значенням якої проводять границі розщеплень на картах морфології вугільних пластів.

**Методика дослідження.** Морфологію покладів вугілля досліджували за допомогою комплексу методів і підходів, які об'єднані метою всебічного вивчення покладів вугілля (пластів) і вугленосних формацій як складних природних утворень, що мають індивідуальну історію формування й епігенетичних змін. Для вивчення розщеплень вугільних пластів ЛВБ, мінливості їхньої будови в просторі та взаємозв'язку з покрівлею і подошвою використовували морфоструктурний аналіз, методику визначення скорочення потужності вугільних пластів в процесі вуглефікації та визначення допустимої потужності породного прошарку в разі розщеплення для сумісної розробки вугільних пачок [1, 3, 6–12 та ін.]. Наприклад, у напрямі літолого-стратиграфічних профілів будували деталізовані морфологічні розрізи пластів вугілля (рис. 1) [9]. На них зображали прошарки порід усередині головного пласта, склад порід покрівлі і подошви. У цьому разі покрівлю вугільних пластів уважали горизонтальною лінією. Побудовані розрізи давали змогу з достатньою детальністю виявляти особливості будови пластів вугілля, характер їхнього розщеплення, розмивів, заміщень, зміни потужності вугільних пачок і породних прошарків, виклинувань, а також поширення вуглистих аргілітів.

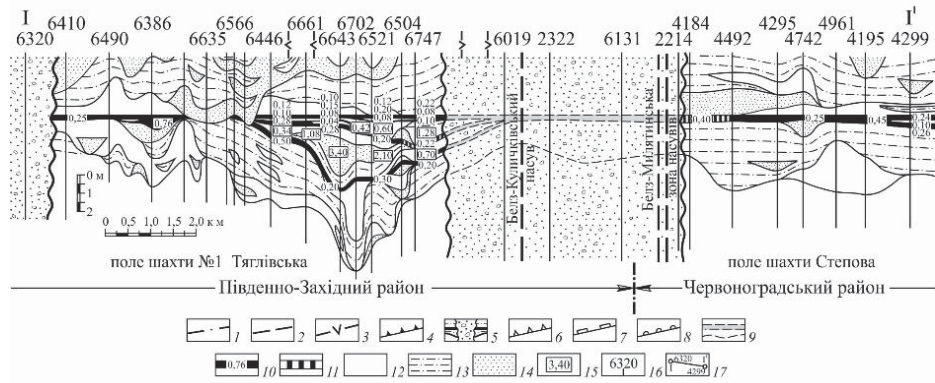
Для визначення ступеня скорочення потужності материнської речовини вугілля ЛВБ, в інтервалі  $T_{зр.} - K$ , на відміну від попередніх досліджень (методи розмивів і обволікання уламка кварцу вугіллям), був використаний метод за породними прошарками. За ступінь скорочення потужності породного прошарку бралися відповідні йому коефіцієнти скорочення потужності піщано-глинистих відкладів, які найбільш точно відповідають умовам ЛВБ [6, 8].

Потужність породного прошарку, за якого можлива сумісна розробка розщеплених пачок, визначали з урахуванням максимально допустимого значення загальної зольності пласта, прийнятого в разі спалювання вугілля в пилюватому стані за К.В. Мироновим (1982) на рівні 40–45 %. Методом статистичного опрацювання вихідних даних вивчали зміну загальної зольності пластів вугілля (брали до уваги засмічення породами прошарку) у разі збільшення потужності прошарку [11].

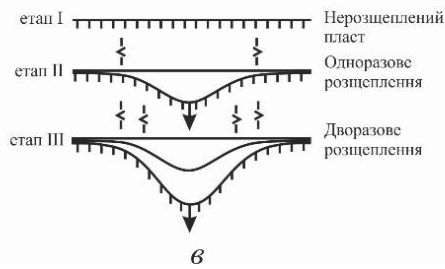
**Результати досліджень.** Розщеплення вугільних пластів відбуваються у процесі їхнього формування і за природою вони можуть бути тектонічними й атектонічними. Тектонічні розщеплення утворилися внаслідок конседиментаційних диференційованих тектонічних рухів, які спричиняли опускання і підняття локальних ділянок палеоторф'яників, порушуючи динамічну рівновагу в зоні розщеплення між компенсаційним зростанням потужності шару фітомаси і прогинанням дна торфовища, яке зумовлює підняття рівня води.



a



б



в

**Рис. 1. Складна біфуркація вугільного пласта  $n_7$  ( $n_7^1$ ) на межі Південно-Західного вугленосного і Червоградського геологопромислового районів [9]:**

a – схема розщеплення і розмиву пласта; б – деталізований морфологічний розріз по лінії I–I'; в – схема формування складної біфуркації. 1 – межа геологопромислових районів; 2 – розривні тектонічні порушення (1 – Нестерівська зона насувів, 2 – Бутинь-Хлівчанська зона насувів, 3 – Белз-Куличківський насув, 4 – Белз-Мілятинська зона насувів); 3–8 – межі: 3 – розщеплення вугільного пласта; 4, 5 – юрсько-крейдового розмиву вугленосних відкладів; 6 – переважно епіторф'яного розмиву вугільного пласта; 7 – переважно синторф'яного і раньоепіторф'яного розмиву вугільного пласта; 8 – виклинювання вугільного пласта, пачки; 9 – контур реконструкції вугільного пласта і вміщених порід через зону юрсько-крейдового розмиву вугленосних відкладів; 10 – вугільний пласт і його потужність; 11 – вуглисті аргіліт; 12 – аргіліт; 13 – алевроліт; 14 – пісковик; 15 – потужність розщеплювального породного прошарку; 16 – бурова свердловина та її номер; 17 – лінія розрізу; вугільні родовища: I – Межирічанське, II – Тягівське, III – Любельське.

За В.Н. Волковим (1973) припинення росту торф'яної маси і відмирання рослин відбувається, зокрема, у разі збільшення глибини розташування поверхні відкладення органічних осадів, тобто під час опускання дна торфовища, оскільки вища наземна і водна



рослинність, з якої утворюється гумусове вугілля, не може існувати нижче певних глибин щодо рівня вод. Вони становлять приблизно 0,5–1,0 м для деревної рослинності і не більше 2–3 м для трав'яних форм. Зі зростанням цих глибин утворюється породний прошарок, який за сприятливих умов перекривається торф'яним шаром, утворюючи розщеплення. Для тектонічного розщеплення характерне те, що загальна початкова потужність пласта в області розщеплення порівняно з його компактною товщиною зростає у 2–10 і більше разів унаслідок нагромадження осадів, з яких утворюються породні прошарки різного складу і потужності. Поширення й амплітуда всіх регіональних, у тому числі багатьох локальних розщеплень зростає зі збільшенням прояву диференційованих тектонічних рухів. Із застосуванням наведеної методики з'ясовано, що переважна більшість розщеплень вугільних пластів басейну утворилася внаслідок дії тектонічних процесів, які зумовлювали нерівномірне прогинання території торфонагромадження (табл. 1) [9].

Таблиця 1

Морфолого-генетична типізація розщеплень вугільних пластів [9]

Ознаки розщеплення вугільних пластів	Типи розщеплень	
	атектонічні	тектонічні
Реконструйована потужність нерозщепленої і розщепленої частин вугільного пласта	Приблизно однакова	Значно збільшена у зоні розщеплення
Потужність породного прошарку у зоні розщеплення, м	До 1,55	До 9,35
Гradient розщеплення, м/км	0,1–5,6	0,1–28,4
Поширення вуглистих аргілітів у зоні розщеплення	Широке	Обмежене
Конфігурація лінії розщеплення	Переважно овальні	Лінійні хвилясті
Площа зони розщеплення, км <sup>2</sup>	0,26–3,9	21,9–112,7

Тектонічним розщепленням властива значно більша потужність породного прошарку в зоні розщеплення і значення градієнта розщеплення, значна площа, обмежений розвиток вуглистих аргілітів. Контури тектонічних розщеплень мають витягнуту хвилясту форму, а їхня амплітуда – понад 2 м. Їх формування пов'язане з етапами активного прояву герцинського тектогенезу. Як відомо, палеотектонічний розвиток території ЛВБ, а найбільше – його південний захід, зазнав певного впливу судетської фази складчастості.

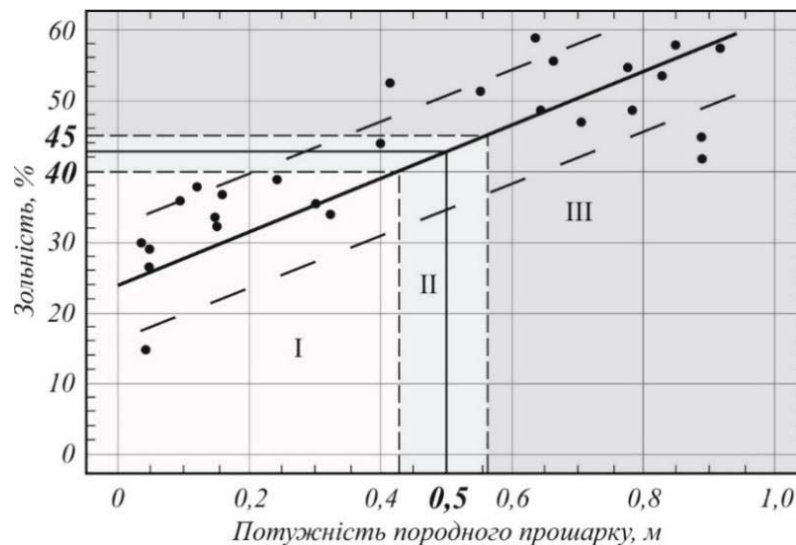
Для з'ясування природи атектонічних розщеплень пластів вугілля у ЛВБ застосовували методичні рекомендації В.П. Алексєєва (2004), які ґрунтуються на палеорекострукції і порівнянні потужностей первинної органічної речовини в суцільній частині вугільного пласта і породних відкладів, розташованих поряд у зоні його розщеплення. Після реконструкції, яка виконана з урахуванням коефіцієнтів ущільнення відкладів, первинна генетична потужність досліджуваного горизонту є сталою, а розщеплення пласта спричинено не тектонічними рухами, а зміною палеогеографічної обстановки [9].

Взагалі кількісну оцінку зменшення потужності осадів здійснюють розрахунковим способом, спостерігаючи за викопними рештками деревини, конкреціями, смоляними тілами, породними прошарками тощо, а також експериментальними дослідженнями. Проте, враховуючи значну подібність складу, будови й умов формування карбонових паралічних вугленосних формацій ЛВБ і Донбасу [13], для піщано-глинистих утворень ЛВБ під час палеорекострукції прийнято такі коефіцієнти зменшення потужності: пісковиків – 1,2; алевролітів – 1,9; аргілітів – 2,34. Для визначення ступеня скорочення потужності материнської речовини вугілля басейну в ряді зрілий торф–кам'яне вугілля (Тзр–К) використано метод за породними прошарками. Середнє значення коефіцієнта усадки потужності вихідної речовини вугілля в ряді Тзр–К, розраховане нами для пластів  $n_7^B$ ,  $n_8$ ,  $n_8^B$ ,  $n_9$  басейну, становить 4,8 [6, 9].

Особливістю атектонічних розщеплень, на відміну від тектонічних, є близька до сталої первинна (генетична) потужність нерозщепленої і розщепленої частин вугільного пласта, невелика потужність породного прошарку в зоні розщеплення (до 1,55 м), мале значення градієнта розщеплення (0,1–5,6 м/км), значне поширення в зоні розщеплення вуглистих аргілітів, локальна, переважно замкнена (незамкнена внаслідок епігенетичних розмивів пласта), овалоподібна форма площі розщеплення пласта і невеликі її розміри (0,26–3,9 км<sup>2</sup>) (див. табл. 1). У таких випадках головними чинниками, які спричиняють розщеплення пластів, є локальні нерівності ложа палеоторф'яників, а також епізодичне привнесення в область торфонагромадження уламкового матеріалу з його подальшим неоднорідним усіданням та ущільненням фітомаси. Це підтверджене значним поширенням у зонах розщеплень вуглистих аргілітів.

За формою і походженням, відповідно до відомої класифікації Г.О. Іванова (1967), у вугленосній формації ЛВБ переважно поширена біфуркація пластів вугілля (від лат. *bifurcation* – роздвоєння, розділення, розгалуження на дві частини), механізм утворення якої полягає в розділенні суцільного пласта на дві, три і більше вугільних пачок та їхньому наступному злитті (див. рис. 1) [3–6, 9 та ін.]. Вона властива прибережно-морському (прибережно-басейновому) типу вуглеутворення.

На рис. 2 показано пряму лінійну залежність (коефіцієнт кореляції – 0,84) між параметрами, яка свідчить про можливість сумісного відпрацювання вугільних пластів на ділянках розщеплень за товщини порід прошарку до 0,50 м [11]. Зона I – основна, відповідає вимогам розробки і найнижчому допустимому значенню загальної зольності пласта; II – перехідна, яка обмежена найбільш допустимим значенням загальної зольності; III – несприятлива, потужність породного прошарку не відповідає вимогам, оскільки загальна зольність пласта перевищує допустимі для використання вугілля норми. За межу зони розщеплення прийнято ізолінію породного прошарку потужністю 0,50 м, за значенням якої на картах морфології ЛВБ оконтурено такі ділянки.



**Рис. 2. Визначення (за зольністю) максимально допустимої потужності міжпластового породного прошарку (межі зони розщеплення) для сумісної розробки пачок вугільного пласта у зонах його розщеплення [11]**

Територіальний розподіл виділених морфолого-генетичних типів розщеплень вугільних пластів басейну є зональним (рис. 3) [14]. Атектонічні розщеплення пластів вугілля переважно поширені в менш тектонічно активній зоні (нерозщеплених або слабо розщеплених пластів), розташованій у зовнішній частині Львівського палеозойського прогину. Тектонічні розщеплення притаманні тектонічно активнішій зоні (розщеплених та кількаразово розщеплених пластів), яка належить до внутрішньої частини Львівського палеозойського прогину, а також Ковельській вугленосній площі. Межа між виділеними зонами збігається з Белз-Милятинською зоною насувів і Володимир-Волинським

(Північним) розломом. Характер площинного розподілу різних типів розщеплень слід враховувати при розвідці і розробці вугільних родовищ басейну.



**Рис. 3. Територіальний розподіл морфолого-генетичних типів розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну [14]:**

*Зони переваги розщеплення пластів:* 1 – атектонічних, 2 – тектонічних; 3, 4 – частини Львівського палеозойського прогину: 3 – зовнішня, 4 – внутрішня; 5 – контур промислової вугленості (а), поширення карбонівих відкладів (б); 6 – розривні тектонічні порушення; 7 – вугільні родовища і площі: I – Волинське, II – Забузьке, III – Межирічанське, IV – Тяглівське, V – Любельське, VI – Ковельська вугленосна площа

**Висновки.** На підставі палеорекоконструкції первинної потужності рослинної маси вугільних пластів і безвугільних відкладів, які заміщують їх уздовж простягання в зоні розщеплень, з урахуванням коефіцієнтів ущільнення порід у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні виділено тектонічні й атектонічні морфолого-генетичні типи розщеплень.

Переважне поширення мають локальні розщеплення тектонічної природи, а їхнє утворення зумовлене конседиментаційними диференційованими тектонічними рухами фундаменту, які спричиняли опускання і підняття окремих ділянок території вуглеутворення. Головними чинниками, які впливають на формування атектонічних розщеплень пластів, є локальні нерівності ложа палеоторф'яників, а також епізодичне привнесення в область торфонагромадження уламкового матеріалу з його подальшим неоднорідним усіданням та ущільненням вихідного рослинного матеріалу вугілля.

За формою і походженням у вугленосній формації басейну переважне поширення має біфуркація вугільних пластів, якій властиве, зазвичай, розділення суцільного пласта на дві пачки. Випадки складної біфуркації, коли пласт розщеплюється на три і більше вугільних пачок, мають обмежене поширення. Територіальний розподіл виділених морфолого-генетичних типів розщеплень вугільних пластів басейну є зональним.

Визначену потужність порід, яка розділяє вугільні пласти в разі їхнього розщеплення, треба враховувати під час підрахунку запасів вугілля басейну і визначення гірничо-геологічних умов експлуатації, оскільки сприятливі основні параметри й оконтурення ділянок розщеплень вугільних пластів забезпечують надійну промислову оцінку та стабільну й ефективну розробку покладів вугілля.

Викладений матеріал має значення для з'ясування особливостей будови й умов утворення вугленосних відкладів Львівсько-Волинського басейну та їхнього порівняння з іншими типовими карбоновими вугленосними формаціями й удосконалення методики морфологічного аналізу покладів вугілля.

### Список використаних джерел:

1. Атлас литогенетических типов и условия образования угленосных отложений Львовско-Волинского бассейна / В.Ф. Шульга, Б.И. Лелик, В.И. Гарун и др. Киев: Наук. думка, 1992. 176 с.
2. Шульга В.Ф., Храпкин С.Г., Гирный Е.О., Лелик Б.И., Брынюк А.Н., Решко М.Я., Дмитренко Н.В. Проявление конседиментационных тектонических движений в Львовско-Волинском угольном бассейне. *Доповіді НАН України*. 1996. 1. С. 68–72.
3. Матрофайло М.М. Морфологія вугільних пластів Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського басейну: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 04.00.16. Львів, 1996. 21 с.
4. Матрофайло М.М. Особливості морфології основних промислових пластів Південно-Західного району Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 1999. 1 (106). С. 44–49.
5. Матрофайло М.М. Типізація розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2000. 2. С. 99–103.
6. Матрофайло М.М., Костик І.О. Визначення скорочення потужності вугільних пластів в процесі вуглефікації (на прикладі Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну). *Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат*: Тези доп. міжнар. наук. конф. до 100-річчя від дня народження чл.-кор. НАН України М.Р. Ладиженського та 55-річчя ІГГК НАН України (Львів, 26–28 верес. 2006 р.). Львів: ТЗОВ "ПРОМАН"–"Прес-Експрес-Львів", 2006. С. 143–145.
7. Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волинского и Люблинского бассейнов / В.Ф. Шульга, А. Здановски, Л.Б. Зайцева и др.; отв. ред. А.Я. Радзивилл. Киев: Варта, 2007. 427 с.
8. Матрофайло М.М., Шульга В.Ф., Костик І.О. До генези розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2008. 1 (142). С. 12–20.
9. Матрофайло М. Генетичні типи розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Вісник Львів. ун-ту. Серія геол.* 2010. 24. С. 183–194.
10. Матрофайло М., Костик І., Король М. Методологія вивчення морфології вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Вісник Львів. ун-ту. Сер. геологічна*. 2015. 29. С. 18–28.
11. Матрофайло М. Щодо методики морфологічного аналізу вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Вісник Львів. ун-ту. Сер. геологічна*. 30. 2016. С. 159–164.



12. Матрофайло М. Застосування морфологічного аналізу вугільних пластів у Львівсько-Волинському басейні. *Вісник Львів. ун-ту. Сер. геологічна*. 2017. 31. С. 56–66.
13. Шульга В.Ф. Сравнительный анализ карбоновых угленосных формаций Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов. *Геологічний журнал*. 1993. 4. С. 92–102.
14. Безручко К.А., Матрофайло М.М. Типизация и площадное распространение расщеплений угольных пластов Львовско-Волынского бассейна. *Науковий вісник НГУ*. 2015. 4. С. 5–12.

## СУЧАСНІ РЕАЛІЇ, ЯКІ СТВОРЮЮТЬ ВАЖКОВИДОБУВНІ ЗАПАСИ ВУГЛЕВОДНІВ

*Чебан О.В., к. геол. н., chebanov@dtek.com,  
ТОВ «НГСН», м. Київ, Україна*

Розглядається проблема пошуку та освоєння запасів вуглеводнів над якими існують різні охоронні зони (території). Наведено приклади таких родовищ і площ в Західному нафтогазоносному регіоні. Пропонується надавати надкористувачам можливість проводити роботи в таких зонах з обов'язковою розробкою необхідних природоохоронних заходів.

## MODERN REALITIES THAT CREATE HEAVY MINING HYDROCARBON RESERVES

*Cheban O., Cand. Sci. (Geol.), chebanov@dtek.com,  
NGSN Ltd, Kyiv, Ukraine*

The problem of finding and developing hydrocarbon reserves over which there are various protection zones (territories) is considered. Examples of such deposits and areas in the Western oil and gas region are given. It is proposed to provide subsoil users with the opportunity to carry out work in such zones with the mandatory development of the necessary environmental protection measures.

Тема важковидобувних запасів вуглеводнів широко обговорювана фахівцями нафтогазової галузі [1, 2]. Практично на кожній конференції є публікації, які присвячені даній проблематиці. Критерії з погіршеними гірничо-геологічними умовами (важковидобувні) наведені в постанові КМ України від 07.11.2013 року № 838 [3]. Наявність хоча б одного критерію є підставою для віднесення покладів або родовищ до важковидобувних:

- залягання нафти в пластових умовах є високов'язким (з динамічною в'язкістю в пластових умовах понад 30 мПа/с);
- колектори відповідних ділянок надр, у яких розміщені запаси вуглеводневої сировини, є низькопроникними (менше 0,05 мкм<sup>2</sup> для нафти і менше 0,02 мкм<sup>2</sup> для природного газу);
- запаси нафти локалізовані в нафтових облямівках і підгазових зонах нафтогазоконденсатних родовищ з висотою нафтового покладу менше 30 м і шириною не більше як 200 м;
- ступінь вироблення початкових видобувних запасів нафти становить понад 80 % і природного газу понад 85 %;
- середня обводненість продукції нафтових покладів становить понад 80 % за умови вилучення понад 60 % початкових видобувних запасів;
- у покладах газу з активним водонапірним режимом вилучено понад 40 % початкових балансових запасів газу;
- у газоконденсатних покладах з початковим вмістом конденсату в пластовому газі понад 200 г/м<sup>3</sup> вилучено понад 40 % початкових балансових запасів газу;
- газоконденсатні поклади з початковими балансовими запасами газу становлять менше 0,5 млрд м<sup>3</sup>;
- родовища розташовані у морських акваторіях.

З точки зору гірничо-геологічних умов дані критерії є вичерпними. Однак на даний час існують родовища і площі, розробка яких майже зупинена, або не ведеться через інші фактори і запаси цих родовищ і ділянок стали важковидобувними, хоча згідно постанови КМУ такими не являються.

Найяскравішим прикладом такого родовища є Лопушнянське нафтове родовище, яке експлуатує ПАТ «Укрнафта» [4]. Родовище було відкрите ще в радянський час (1984 рік), видобуток нафти розпочатий також в цей період (1986 рік), а пік видобутку припадає на середину 90-х років. На піку видобутку з родовища видобувалось більше 1 % від всього

видобутку в Україні. На даний час з родовища видобуваються перші тони нафти в добу, а всього видобуто менше чверті видобувних запасів нафти. Що стало причиною такого катастрофічного скорочення видобутку? Головна причина не пов'язана з гірничо-геологічними умовами. Майже всю площу ліцензійної ділянки родовища (всього 16 км<sup>2</sup>) було віднесено до Вижницького національного парку. Відповідно це унеможливило буріння нових свердловин і навіть ремонт існуючих комунікацій також неможливий.

Інший приклад – Таталівська площа. У 2019 році ПАТ «Укргазвидобування» купило дану площу на аукціоні не дивлячись на те, що майже вся площа поверхні віднесена також до Вижницького національного парку. Напевно надрокористувач мав якийсь план ведення геологорозвідувальних робіт на площі. Однак на даний час відсутня інформація про початок дослідницьких робіт на площі і законодавчо такі роботи в національних парках заборонені.

Можна ще навести декілька подібних прикладів по Західному нафтогазоносному регіону – Стинавське і Семигинівське нафтові родовища. Значна частина площі даних родовищ знаходиться в межах II санітарно-охоронної зони Стрийського водозабору, а в цій зоні заборонено буріння та експлуатація свердловин.

Слід відмітити, що більшість обмежень і норм, які діють в нафтогазовій галузі на даний час, розроблялись ще в другій половині минулого століття і були актуальні для технологій того періоду. Сучасні технології буріння дозволяють суттєво мінімізувати, а в деяких випадках і повністю унеможливити негативний вплив на навколишнє середовище. Практично не ведеться амбарне буріння, бурові розчини використовують повторно, шлам вивозиться, суттєво скоротились терміни буріння свердловин та інше. Також варто спиратись на світовий досвід, адже в усьому світі розвідка і видобуток викопного палива ведеться майже на 3000 об'єктів в заповідних зонах.

Ні в якому разі не пропонується обмежувати природоохоронну діяльність. Однак пропонується законодавчо надати можливість надрокористувачам проводити роботи в охоронних зонах попередньо розробивши відповідні заходи з охорони довкілля та мінімізації ризиків забруднення.

І позитивні приклади такої діяльності є. Це Бориславське і Східницьке нафтові родовища. Перше розробляється в межах міста Борислав, поверхня іншого віднесена до курортної зони. Звичайно, необхідно відмітити, що така ситуація з розробки даних родовищ сталась історично, її ніхто спеціально не влаштовував і на сьогоднішній день навпаки - припинення видобутку з даних родовищ може викликати екологічні катастрофи. Однак факт залишається фактом.

#### **Список використаних джерел:**

1. Витвицький Я.С., Пілка М.С. Аналіз ресурсного потенціалу та економічних проблем нафтогазовидобування в Україні із родовищ вуглеводнів, запаси яких відносяться до категорії важковидобувних // Науковий вісник ІФНТУНГ №1(13). – 2016. – С.30-35.
2. Рудько Г.І., Щуров І.В., Гафич І.П., Коляда М.І., Шестак А.А. Важковидобувні запаси українських газових родовищ (чи потрібне державне стимулювання видобутку?) // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції «Надрокористування в Україні. Перспективи існування» – 2021. – Том 1. – С. 87-93.
3. Деякі питання виконання діючих та нових інвестиційних проектів (програм, договорів), якими передбачено нарощування видобутку вуглеводневої сировини : постанова КМУ від 7 листопада 2013 року № 838. Офіційний сайт КМУ. – Режим формату: <http://zakon5.rada.gov.ua/iaws/show/838-2013>.
4. Атлас родовищ з нафти і газу України // гол. Редактор М.М. Іванюта. – Львів: Центр Європи, 1998. – Т. V.

## **ЗАКРІПЛЕННЯ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ СВЕРДЛОВИН З ДОПОМОГОЮ НАФТОВОЇ ЕМУЛЬСІЇ, СТВОРЕНОЇ В АКУСТИЧНОМУ ПОЛІ**

*Чорний О.М.<sup>1</sup>, к. геол. н., chorniy2142@ukr.net,  
Чорний Е.О.<sup>1</sup>, доктор філософії, ediachornii@gmail.com,  
Кузів І.М.<sup>2</sup>, науковий співробітник, ivan.kuziv@gmail.com,  
Левицька Г.М.<sup>2</sup>, с. н. с., levitska\_1@ukr.net,  
Трубенко О.М.<sup>3</sup>, к. геол. н., geotom@nung.edu.ua,*

*1 – ГПУ «Львівгазвидобування», м. Львів, Україна,  
2 – Львівське відділення Українського науково-дослідного інституту природних газів,  
м. Львів, Україна,*

*3 – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

Від збільшення ефективності ремонтно-ізоляційних робіт залежить продуктивність свердловин і ступінь вилучення вуглеводнів у процесі розробки родовищ. Проведені дослідження зі створення нафтових емульсій в акустичному полі показали, що дія акустичного поля одночасно з постійним електричним збільшує ефективність обробки привибійної зони пласта в декілька разів.

## **FIXING THE BOTTOMHOLE ZONE OF WELLS WITH THE HELP OF AN OIL EMULSION CREATED IN AN ACOUSTIC FIELD**

*Chorny O.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), chorniy2142@ukr.net,  
Chorny E.<sup>2</sup>, ediachornii@gmail.com,  
Kuziv I.<sup>2</sup>, ivan.kuziv@gmail.com,  
Levytska G.<sup>2</sup>, levitska\_1@ukr.net,*

*Trubenko O.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Geol.), geotom@nung.edu.ua,  
1 – GIM «Lvivgazvydobuvannia», Lviv, Ukraine,*

*2 – Lviv Branch of the Ukrainian Research Institute of Gas, Lviv, Ukraine,*

*3 – Ivano-Frankivsk National University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The productivity of wells and the degree of extraction of hydrocarbons in the process of field development depend on the increase in the efficiency of repair and isolation works. Studies on the creation of oil emulsions in an acoustic field have shown that the action of an acoustic field with a constant electric field increases the efficiency of processing the bottomhole zone of the formation by several times.

Для збільшення темпів відбору вуглеводнів та повнішого їх вилучення з продуктивних пластів на родовищах Передкарпаття застосовується широкий спектр технологій з інтенсифікації їх видобування. Проблемою збереження природних колекторських властивостей пластів та інтенсифікації видобутку вуглеводнів на Передкарпатті займалось багато відомих учених: В.С.Бойко, Р.М.Кондрат, О.Р.Кондрат, М.А. Мислюк, В.І.Романюк, М.І.Рудий, Р.С.Яремійчук. Ними запропоновано багато методів створення гідроізолюючих екранів, що передбачають нагнітання в свердловину емульсій, пін, колоїдних розчинів, милонафти, метааклідових і поліакрилових смол різних полімерів [1, 2]. Однак, зазначені реагенти дорогі та недостатньо ефективні і тому не завжди знаходять широке застосування в газовидобувній промисловості. Таким чином, питання закріплення і обмеження припливу пластової води до вибою свердловини залишається актуальною проблемою на даний час.

Аналіз зарубіжного досвіду застосування технологій інтенсифікації видобування показав, що основна увага приділяється якості виконання робіт, чіткому обґрунтуванню критерію вибору свердловин для виконання тої чи іншої технологічної обробки, збільшенню технологічної ефективності та зменшенню кількості проведених свердловино-операцій.

Експлуатація свердловин Косівського, Свидницького газових родовищ Передкарпаття супроводжуються запливанням вибою і насосно-компресорних труб



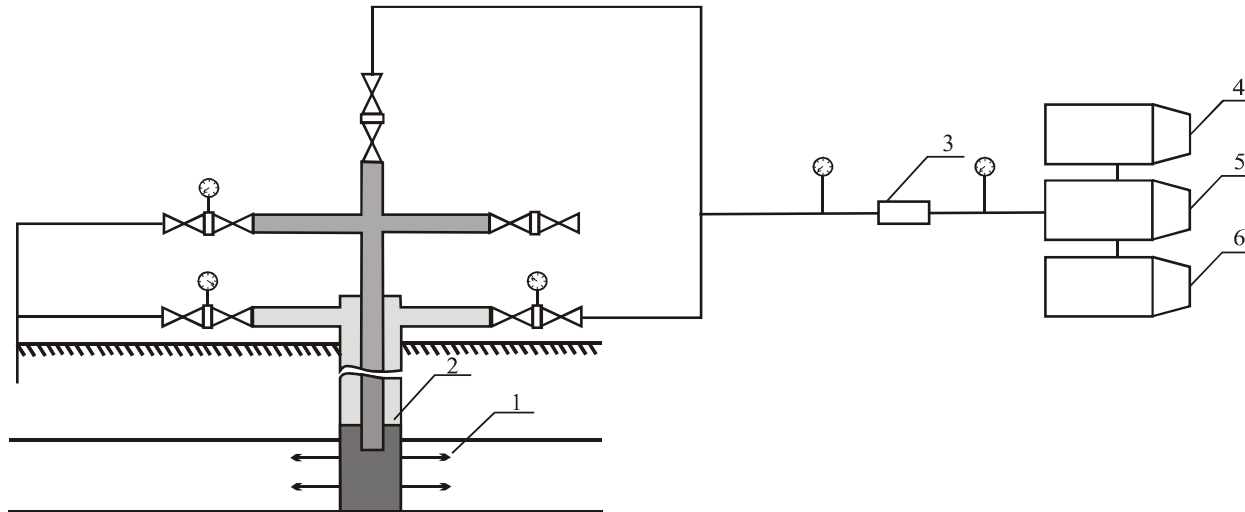
в'язкою піщано-глинистою сумішшю, що є наслідком руйнування привибійної зони газоносних горизонтів і приводить до постійного зниження продуктивності та періодичних ремонтів свердловини.

Як вказувалось в роботі [3], причиною руйнування привибійних зон газоносних пластів є набухання глинистої речовини цементу колекторів, головним компонентом якого є високонабухаючий монтморилоніт. Набухання глинистої речовини, яке викликане поступленням води у привибійну зону газоносного пласта, приводить до зниження його фільтраційних властивостей – (проникності) внаслідок зменшення розмірів пор і з'єднуючих їх каналів, зростання ролі капілярних сил, водна “блокада” мілких пор та ін., а також до зниження міцності самого цементу.

Для запобігання зазначених проблем необхідно постійно проводити відновлення природних властивостей колекторів і закріплення привибійної зони газоносних пластів. Від ефективності проведених робіт залежить продуктивність свердловин і ступінь вилучення вуглеводнів у процесі розробки родовищ. Не дивлячись на цілий ряд робіт з інтенсифікації видобування вуглеводнів, проблема закріплення привибійної зони продуктивних пластів при запливанні вибою свердловин в'язкою піщано-глинистою сумішшю і обмеження припливу пластової води до вибою свердловини залишається невирішеною.

Для збільшення ефективності ремонтно-ізоляційних робіт з обмеження припливу пластових вод у привибійну зону пласта Косівського родовища нами були проведені дослідження зі створення нафтових емульсій в акустичному полі. Схема обв'язки гирла свердловини при проведенні емульсійної обробки привибійної зони Косівського родовища зображена на рис. 1.

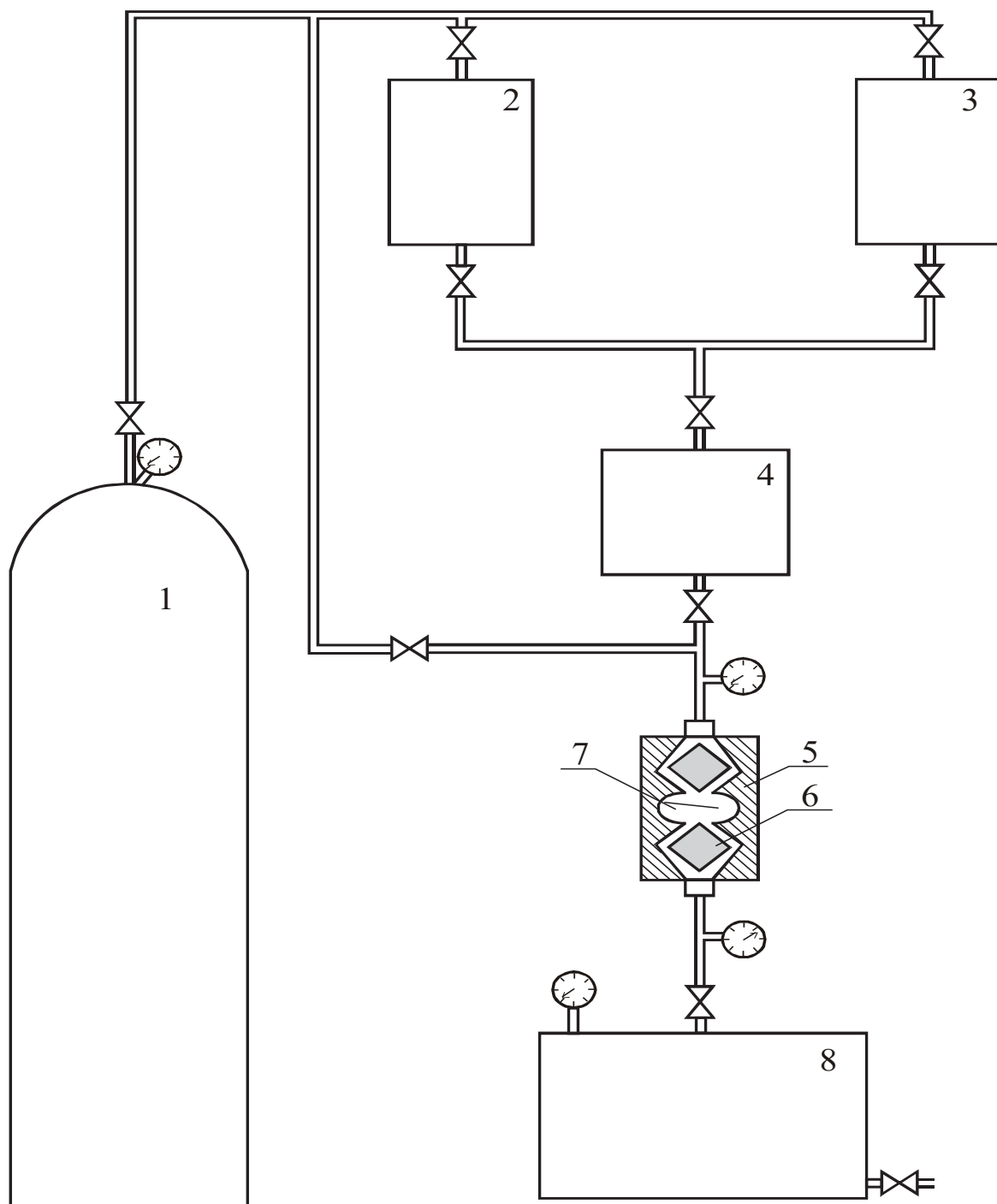
Одержані емульсійні розчини в акустичному полі з глобулами, які мають розміри від 0,1 мкм до 0,9 мкм. Ці емульсії є стабільними і не потребують використання поверхнево-активних речовин (ПАР). Енергія для утворення емульсій в акустичному полі менша ніж при одержанні її звичайним способом.



**Рис. 1. Схема обв'язки гирла свердловини для проведення емульсійної обробки:**

- 1 – продуктивний пласт; 2 – свердловина; 3 – ультразвуковий генератор;  
4 – ємність з нафтою; 5 – цементувальний агрегат; 6 – ємність з водою

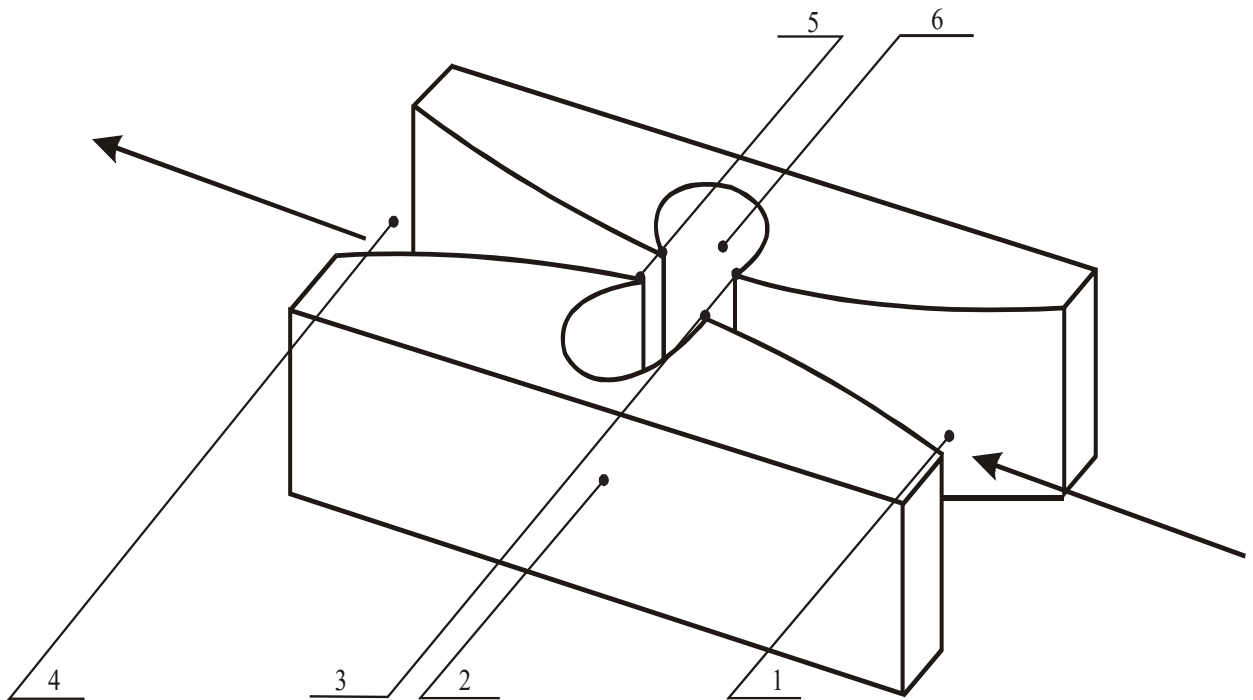
Для одержання водонафтових емульсій нами використовувалась установка, схема якої зображена на рис. 2. Після подавання азоту із балону 1 нафта (ємність 3) і вода (ємність 2) проходять крізь ультразвуковий генератор (УЗГ) – 5, потрапляють в зливну ємність 8, після чого вимірюється стійкість емульсії. Дослідження проводились за різних діаметрів прохідного перерізу УЗГ, які змінювалися з допомогою роз'єднувачів потоків 6. Частота резонансних коливань у ході проведення дослідження для різних роз'єднувачів потоків складала 15–29 кГц.



**Рис. 2. Схема експериментальної установки багаторазовому змішуванню:**  
 1 – балон з газом; 2, 3 – ємності з досліджуваними рідинами; 4 – ємність для попереднього змішування; 5 – корпус ультразвукового генератора; 6 – розділювачі потоку;  
 7 – вихрові камери; 8 – зливна ємність

Як ультразвуковий випромінювач пропонується використати ультразвуковий генератор (рис. 3). За принципом дії запропонований УЗГ відноситься до гідродинамічних, в яких енергія рідини, що протискується крізь нього, переходить в енергію акустичних коливань. Потік гетерогенної рідкої суміші, рухаючись основним каналом 1, розділяється гострими краями 5 на два потоки і відкидається на стінки вихрових циліндричних камер 6, в яких під дією вихрових і відцентрових сил відбувається прискорений рух рідинного потоку. Внаслідок періодичного обходу рідини циліндричними камерами весь потік рідини, що рухається, піддається багаторазовому змішуванню. Під час руху основним каналом конусоподібної форми, на потік рідини діють сили стискування і прискорення. При

досягненні потоком тупих країв вихрових камер 3, де площа поперечного перерізу УЗГ збільшується, відбувається розрив рідинного потоку в результаті перепаду тиску в основному каналі і вихрових камерах. Відцентрові та вихрові сили у вихрових камерах і сили розриву рідинного потоку потрапляють у конусоподібний канал виходу з УЗГ 4. У вихрових камерах ультразвукового генератора виникає кавітаційна область, яка пов'язана з проходженням інтенсивної звукової хвилі. Таким чином, в результаті кавітації утворюється емульсійна суміш, яка легко проникає в пори пласта і довго в них зберігається, не випадаючи в осад.



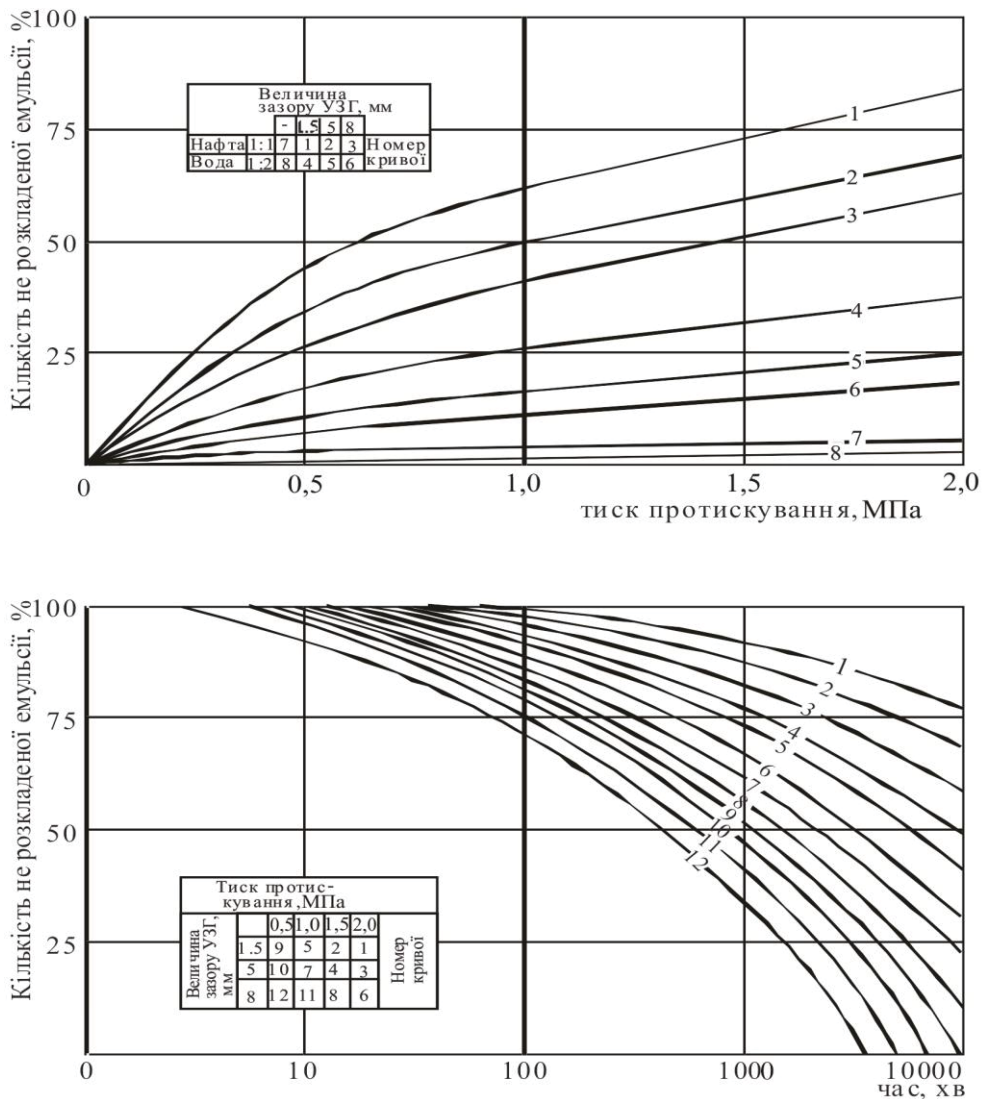
**Рис. 3. Схема ультразвукового генератора:**

1 – вхід основного каналу; 2 – корпус; 3 – тупі краї; 4 – вихід основного каналу;  
5 – гострі краї; 6 – вихрова камера

У результаті проведених досліджень були одержані емульсії різної стійкості (рис. 4).

З першої серії графіків, зображених на рис. 4, видно, що стійкість емульсії залежить не тільки від об'ємного співвідношення нафти і води, але і від тиску протискування потоку рідини крізь діаметр УЗГ відповідної величини. У свою чергу, тиск протискування і величина отвору безпосередньо впливають на частоту резонансних коливань. За другою серією кривих можна обчислити час існування емульсії. Цей параметр особливо важливий для глибокого проникнення емульсії у привибійну зону пласта. Важливе значення під час руху рідини мають електричні і молекулярні сили, а також сили тертя. Порова поверхня привибійної зони пласта-колектора дуже неоднорідна. Окремі ділянки поверхні пласта заряджені в більшості позитивно, а інші – негативно. Відповідно, окремі ділянки поверхні добре змочуються рідиною, інші – погано. Рух рідини по такій поверхні потребує додаткових енергетичних витрат. Часто ці витрати можуть доповнюватись за рахунок пружної енергії при зміщенні рідини при коливанні. У цьому випадку неоднакові коливні зміщення можуть допомогти рухові гідравлічного потоку. Для цього необхідно, щоб були порівняними за величиною амплітуда зміщення і характерний розмір неоднорідності. Забезпечити таке зміщення може акустичне поле порівняно невеликої інтенсивності (близько  $10 \text{ кВт/м}^2$ ). Вплив акустичного поля на рух рідини при зміні змочуваності локальних ділянок порової поверхні тісно пов'язаний з гістерезисом змочуваності. Він особливо важливий при контакті різних рідин у порових каналах і проявляється в тому, що кут наступу меніска більший кута його відступу. Таке явище пояснюється тим, що під час руху меніска (або однорідної рідини) тверда поверхня встигає змочуватись рідиною. Рух у

зворотному напрямку відбувається вже змоченою поверхнею. В акустичному полі меніск коливається, і в результаті гістерезису змочування поверхня перед меніском є уже змочена рідиною, що рухається.



**Рис. 4. Експериментальна залежність фізичних властивостей водонафтових емульсій, утворених в ультразвуковому полі**

Як бачимо, в ультразвуковому полі відбувається глибоке проникнення рідини в пористе середовище пласта. Дослідження поведінки води під дією акустичного поля вказали на збільшення висоти і зменшення швидкості її підняття в скляному капілярі.

Рух рідини капіляром відбувається за наявності кавітації в рідині безпосередньо під капіляром. Імпульс тиску, який виникає під час стискання каверни, змушує рідину підійматися вище. Швидкість і висота підйому рідини залежить від сили гідравлічного удару при стискуванні, в'язкості рідини і сили тертя зі стінками капіляру, а також від поверхневого натягу на межі розділу середовища, у капілярі та форми його кінця.

Збільшення звукового тиску призводить до розвитку акустичних потоків, які виносять кавітаційну порожнину з-під капіляру. Тому за великого звукового тиску (понад 1 ÷ 1,6 МПа) підйому рідини під дією ультразвуку не відбувається.

Численні дослідження з фільтрації рідини в акустичному полі проведені на моделях пористих середовищ. Відбувалось збільшення швидкості фільтрації води або нафти крізь пісковик за інтенсивності акустичного поля в декілька кіловат на 1 м<sup>2</sup> в залежності від температури. Значне збільшення швидкості фільтрації ( у 18 раз) можна пояснити



раціональним тиском і акустичним полем при нагріванні пористого середовища пласта, в якому рух не міг описуватись законом Пуайзеля.

Збільшення швидкості фільтрації могло спричинитися кавітацією в об'ємі рідини між пластом-колектором і випромінювачем, тобто звуковим ефектом. Тиск, який створюється кавітаційною камерою при стискуванні, може досягати десятків мегапаскалів. Створений тиск достатній для протискування великої кількості рідини в пори пласта і багаторазового збільшення в його проникних властивостей.

Таке явище спостерігалось авторами у ході проведення азото-спиртосолянокислотних обробок (АССКО) на свердловинах № 166, 185 Дашавського підземного сховища газу (ПСГ). Ультразвуковий генератор підключався до лінії нагнітання рідини з поверхні. Таким чином, внаслідок дії вказаних чинників відбулося збільшення проникної властивості рідини, покращалась обробка привибійної зони пласта-колектора, особливо в його слабкопроникних прошарках. Внаслідок цього одержано значний приріст дебіту газу при АССКО з УЗГ. Дебіт газу збільшувався на 382-392% від його попереднього значення [4].

Отже, величина підвищення коефіцієнта проникності гірських порід під дією акустичного поля залежить від початкової проникності: чим вона нижча, тим більший ефект. Коефіцієнт проникності під дією акустичного поля може зростати в декілька разів.

У разі підвищення градієнта тиску ( $\Delta p$  5 ÷ 25 МПа/м) ефективність акустичної дії в неперервному режимі знижується. За однакових інтенсивностей поля коефіцієнти проникності ( $K_{np}$ ) у процесі акустичної обробки в імпульсному режимі в декілька разів більші ніж в неперервному режимі.

Результати досліджень свідчать, що ефективність дії акустичного поля на проникність породи зі збільшенням температури знижуються. Так, коефіцієнт відновлення проникності знижується з 12÷18 раз за температури 20°C до 3,5÷10 раз за температури 60°C. Істотне збільшення проникності одержано за обробки зразків в імпульсному режимі (частота посилок - 1÷3 кГц). Для акустичної дії інтенсивністю 3 Вт/м<sup>2</sup> оптимальними є величини градієнтів тиску, що дорівнюють декілька десятків МПа на 1 м.

Таким чином, в акустичному полі середніх і великих інтенсивностей (понад 10 КВт/м<sup>2</sup>), у кілогерцовому діапазоні частот спостерігається збільшення проникності насичених пористих середовищ, що пов'язані з інтенсифікацією масопереносу. За наявності в рідині бульбашок газу відповідне значення в такому масопереносі, очевидно, можуть мати мікропотоки, що виникають у малих пульсуючих бульбашках.

Проведені мікроскопічні дослідження нафтових емульсій вказали на значне диспергування нафти (радіус бульбашок становив 0,2÷0,9 мкм) при прокачуванні крізь УЗГ. Це уможливило використання ультразвукових генераторів для утворення тонкодисперсних гетерогенних нафтоемульсійних систем з подальшим їх закачуванням в слабкопроникні тонкошаруваті пласти-колектори, в яких глиниста речовина впливає в стовбур свердловини (Косівське, Свидницьке родовище) з метою її гідрофобізації і закріплення привибійної зони пласта-колектора, скріпленого глинистим цементом.

Дія акустичного поля одночасно з постійним електричним дає можливість збільшити ефективність обробки привибійної зони пласта в декілька разів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Кондрат Р. М., Кондрат О. Р. Підвищення ефективності дорозробки виснажених родовищ природних газів. *Нафтова галузь України*, 2017. №3. С. 11–15.
2. Матківський С. В., Кондрат О. Р. Узагальнення основних досліджень з підвищення вуглеводневилучення газоконденсатних родовищ при пружноводонапірному режимі [Електронний ресурс]. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2020. № 3. С. 7-22.
3. Чорний О.М., Кузів І.М., Левицька Г. М. Дослідження характеру обводнення газоносних горизонтів на родовищах Передкарпаття. *Надрокористування в Україні*.

*Перспективи інвестування: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції .*  
Том 1. ( Трускавець, 7 – 11 жовтня 2019 р.) Трускавець, 2019. С. 347–350.

4. Чорний О. М., Левицька Г. М., Кузів І. М., Чорний Е. О. Дослідження умов підвищення продуктивності свердловин на підземних сховищах (ПГС) і родовищах Прикарпаття. *Нафтогазова галузь України*. 2017. № 4. С. 23–27.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ ІЗ КАРБОНАТНИХ ЮРСЬКИХ ВІДКЛАДІВ ЛОПУШНЯНСЬКОГО РОДОВИЩА

*Федоришин Д.Д., д. геол. н., професор, geophys@nung.edu.ua;*

*Трубенко О.М., к. геол. н., доцент, geotom@nung.edu.ua;*

*Федоришин С.Д., к. геол. н., доцент, geophys@nung.edu.ua;*

*Липчук М.В., аспірант, grf@nung.edu.ua,*

*Федоришин Д.С., студент, grf@nung.edu.ua,*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,*

*Івано-Франківськ, Україна*

Розглянуто будову карбонатного колектора, встановлено умови формування покладів з відмінними мікроелементами у воді і нафті. За результатами петрофізичних та петрографічних досліджень встановлено два різновиди вапняків у юрських відкладах з притаманними їм колекторськими параметрами.

## PROSPECTS FOR HYDROCARBON PRODUCTION FROM CARBONATE JURASSIC DEPOSITS OF THE LOPUSHNYANSKE FIELD

*Fedoryshyn D., Dr. Sci. (Geol.), Prof., geophys@nung.edu.ua;*

*Trubenko O., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., geotom@nung.edu.ua;*

*Fedoryshyn S., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., geophys@nung.edu.ua,*

*Lipchuk M., postgraduate, grf@nung.edu.ua,*

*Fedoryshyn D., student, grf@nung.edu.ua,*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The structure of the carbonate reservoir is considered, and the conditions for the formation of deposits with different microelements in water and oil are established. Based on the results of petrophysical and petrographic studies, two types of limestone of Jurassic deposits and their inherent reservoir parameters were identified.

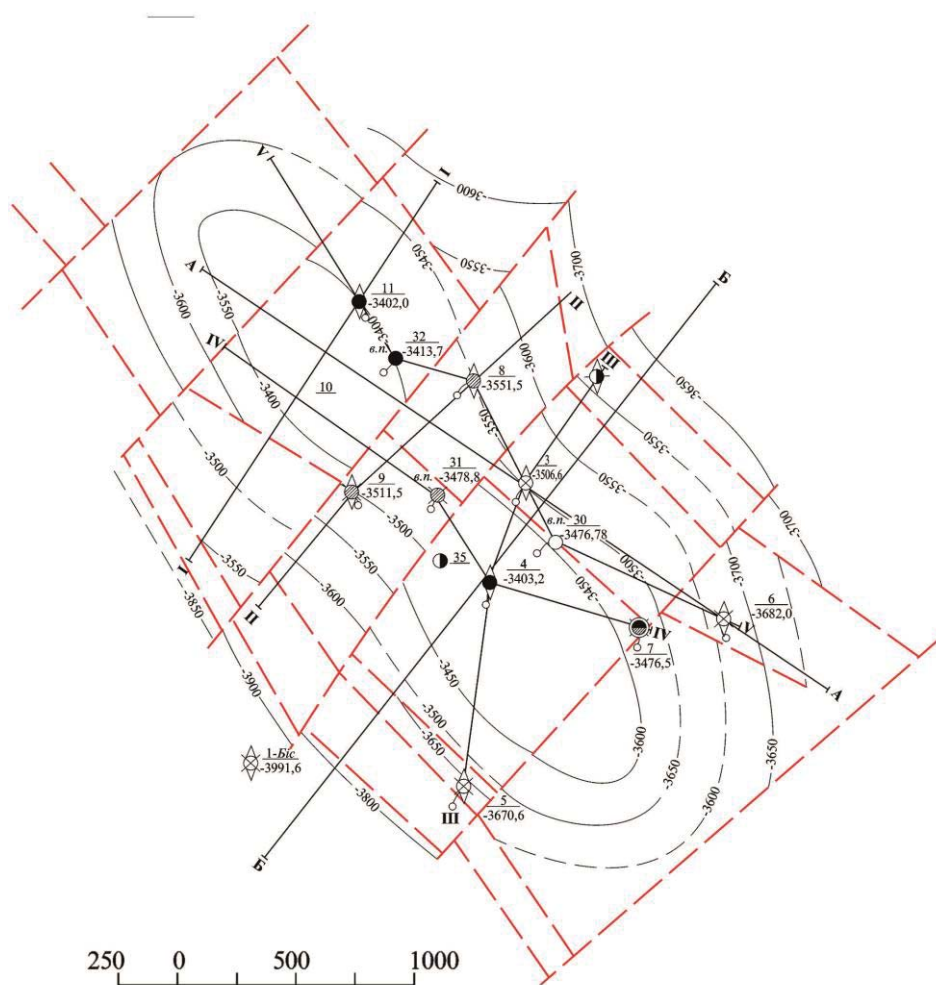
Карбонатні породи завжди обумовлювали необхідність їх пошуків та розвідки з метою збільшення видобутку вуглеводнів, зокрема нафти і газу в межах Карпатської нафтогазової провінції та Дніпровсько-Донецькій западині. Під час аналізу та оцінки формування карбонатного колектора було встановлено, що породи цього типу, які насичені вуглеводнями, становлять значну частку видобутку, подібно до піщано-алевролітових порід-колекторів.

Відношення частки нафти відібраної із піщано-алевритистих порід-колекторів до відсоткового складу карбонатних порід, складає в палеозої – (0.06 - 0.08) %, в мезозої – (2.3-2.4) %, а в кайнозої (2.4-2.7) %. Відповідно питома нафтонасиченість карбонатних порід збільшується із віком їх утворення [1]. Максимум концентрацій запасів вуглеводнів у карбонатних відкладах спостерігається, як правило, в більш вузьких інтервалах геологічного розрізу. Значна частина таких унікальних за масштабом запасів вуглеводнів, спостерігається у карбонатних утвореннях. Третя особливість накопичення вуглеводнів у процесі формування літологічної карбонатної пастки припадає на крейдяну систему.

Виявлені умови формування покладів вказують, що об'єм карбонатних порід не визначає їх нафтогазонасиченість, в той час, як цей параметр у межах верхньої юри більш ніж у двічі перевищує запаси вуглеводнів у цілому. У цьому випадку є необхідність визначення особливостей будови структури порового простору карбонатного колектора за результатами комплексних геолого-геофізичних досліджень у межах верхньо юрського розрізу Лопушнянського нафтогазового родовища. У геологічній будові родовища виділяють відклади автохтону Більче-Волицької зони, нижні полоси міоцену Самбірської зони, флішові утворення крейди, а також палеогену Покровських-Буковинський Карпат та алохтону верхньої крейди, Скибової зони Берегових Карпат. Лопушнянське родовище унікальне тим, що його відкриття підтвердило значні перспективи на нафту і газ у Західному регіоні. Особливість цього родовища є його складна будова, а також відкриття трьох покладів з великими дебітами нафти (до 300 м<sup>3</sup>/добу) [2].

У межах родовища відмічено нетрадиційні для геологічних розрізів регіону типи колекторів із низькоомними характеристиками, а також з відмінними від відомих мікроелементів у нафті і воді. Для Карпатської нафтогазоносною провінції, це родовище нового типу, ще і тому, що із класичних геосинклінальних позицій, поширення мезозою не передбачалось під насувом Покутсько-Буковинських Карпат. У процесі пошукових робіт в 1980 р було виявлено антиклінальну складку. Пошукові свердловини № 1, 2 були спроектовані далеко поза межами цієї структури. У склепінні цієї структури, була пробурена пошукова свердловина №3, яка стала першовідкривачем Лопушнянського нафтового родовища. У процесі випробування перспективних на вуглеводні порід, на глибині 4200 м отримано приплив високоякісної нафти дебітом 223 м<sup>3</sup> на добу і газу 49,1 тис. м<sup>3</sup> на добу.

Таким чином, було вперше доведено нафтогазоносність автохтону Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. У подальшому в палеогенових і юрських відкладах були відкриті значні поклади вуглеводнів (рис. 1).



**Рис. 1. Лопушнянське нафтове родовище. Структурна карта покрівлі верхньої юри**  
(Б.І. Денєга, П.М.Бодлак, Ю.З.Крупський, А.В.Шакін, П.М.Шеремета, 2000 р [3])

Породи-колектори в інтервалах 4367 – 4445 м представлені ущільненими вапняками, з питомим електричним опором  $\rho^{БК} = 35.0-60.0$  Омм. У процесі випробування, отримано промисловий приплив нафти з умовним ВНК для юрського покладу, а також з врахуванням літолого-стратиграфічної будови встановленої на глибині - 3476,7 м (рис. 2, 3). У результаті побудованих геологічних профілів було уточнено покрівлю горизонту юрських відкладів, а також сформовано ряд колекцій зразків керну для дослідження петрофізичних та фізико-механічних параметрів карбонатних порід із різним характером насичення. Дослідження керну здійснювалось в НДПІ ПАТ "Укрнафта", ІФНТУНГ, ІФЕГДС, УкрДГРІ. За результатом досліджень опубліковано ряд петрофізичних взаємозв'язків, які використовуються в процесі інтерпретації результатів ГДС та підрахунку запасів (Рис. 4).



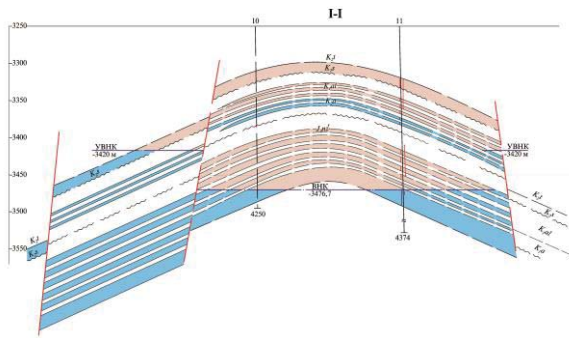


Рис. 2. Геологічний профіль вздовж лінії I-I [3]

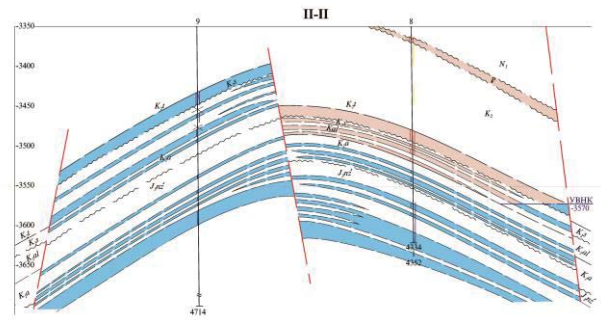
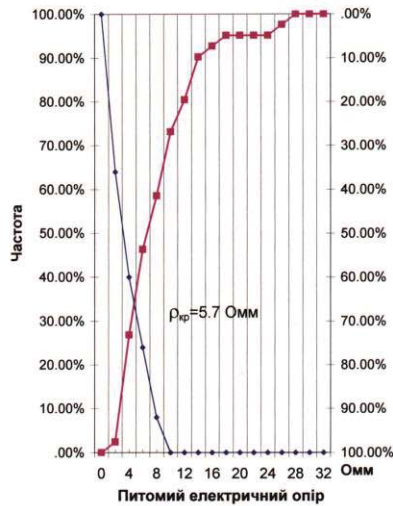
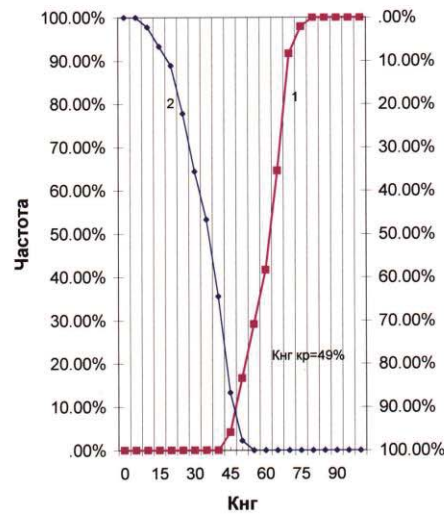


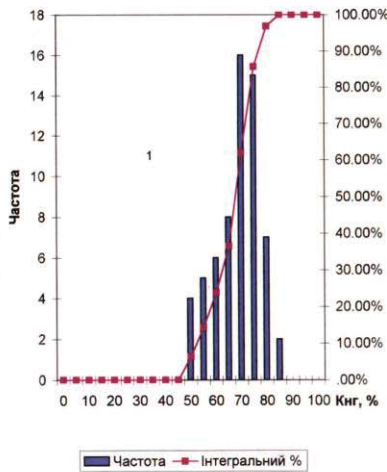
Рис. 3. Геологічний профіль вздовж лінії II-II [3]



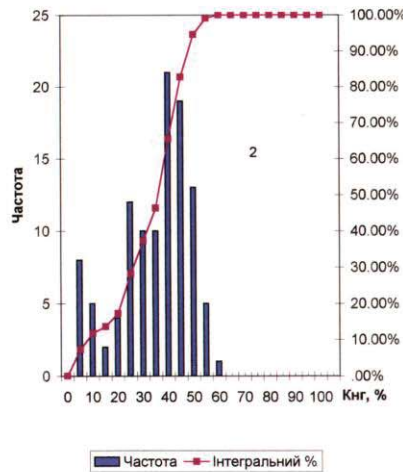
— продуктивні відклади — водонасні відклади



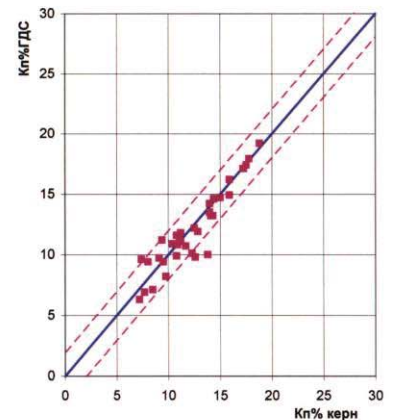
— продуктивні відклади — водонасні відклади



■ Частота — Интегральный %



■ Частота — Интегральный %



**Рис. 4. Обґрунтування достовірності коефіцієнтів пористості та характеру насичення юрських відкладів за результатами ГДС (за даними ІФНТУНГ, ІФЕГДС)**  
 а) інтегральний розподіл опорів продуктивних і водонасних горизонтів;  
 б) інтегральний розподіл Кнг продуктивних (1) і водонасних (2) горизонтів;  
 в) диференційний і інтегральний розподіл Кнг продуктивних (1) і водонасних (2) горизонтів;  
 г) графік співставлення  $K_{п\text{ГДС}}$  та  $K_{п\text{кern}}$ .

За даними ГДС граничне значення пористості визначено в 5,7%. Ця величина була покладена в основу при виділенні колекторів в верхньоярському підрахунковому об'єкті Лопушнянського родовища. На основі петрофізичних досліджень при ефективному тиску встановлені наступні петрофізичні залежності:

$$\lg P_n = 3,6987 - 1,7878 \lg K_{п.пл}$$

$$\lg P_n = 2,9767 - 1,9404 \lg K_v$$

Таким чином, проведені комплексні петрофізичні дослідження карбонатних колекторів юрського продуктивного горизонту Лопушнянського родовища дозволяють зробити такі висновки, що понижена електрична провідність продуктивних колекторів може бути обумовлена характером насичення в зоні проникнення фільтрату бурового розчину. Радіус проникнення в тріщинуватому пласті може досягати декількох десятків метрів в залежності від розкритості тріщин і властивостей фільтрату, тобто може значно перевищувати радіус глибини вивчення пласта методами промислової геофізики.

Таким чином нижнівська світа, яка поширена по всій площі структури є перспективною на вуглеводні. Горизонт, який визначає будову нижнівської світи представлений у більшості сірими та світло-сірими, тріщинуватими, кавернозними вапняками із стилолітами та кальцитовими прожилками. За результатами мікроскопічних досліджень шліфів вапняки відносяться до двох різновидів, а саме:

- мілкозернистих з детритом розвиненим у нижній частині горизонту залягання;
- грудчастим поширеним у верхній частині продуктивної пачки.

Породи-колектори нижньої частини горизонту, представлені світло-сірими, дрібнокавернозними, крихкими вапняками із різноорієнтованими прямими тріщинами. Окрім цього у вапняках зафіксовано складний рисунок текстури із тонких (0,01-0,03) мм вигнутих ліній, які обрамляють овальні мікрозернисті уламки породи, а також відокремлені каверни розміром до 0,5 мм, кількість органічного матеріалу досягає 5-15 %.

Вище описані породи є високоємнісними колекторами, загальною товщиною від 25 м до 43 м. Вище залягають відклади товщиною від (1-8) м до (15-32) м, які представлені в більшості дрібнозернистими, тріщинуватими вапняками. В окремих випадках зустрічається пойкилітова цементация, утворена крупними (до 3 мм) кристалами кальциту. Грудчасті вапняки розповсюджені у верхній ділянці продуктивного горизонту.

Хімічний склад верхньоюрських вапняків здебільшого кальцитовий і за вмістом домішок досить однорідний. В обох різновидах наявна незначна кількість мілкодрібнозернистого доломіту (до 20 %), а також вміст залізистих мінералів (пірит, сполуки окису заліза). Нерозчинний у соляній кислоті залишок (алевритові і піщанисті частинки кварцу, глинисті мінерали) не перевищують 1,4 %. Численні відкриті пори і тріщини різні за величиною і формою обумовлюють у породі високі колекторські властивості.

Таким чином виконані комплексні геофізичні та петрофізичні дослідження карбонатних верхньоюрських порід-колекторів, що відносяться до складнобудованих літотипів встановлено наступні особливості:

- насичуюча вода займає найдрібніші порові канали, які співвідносні з подвійною товщиною її плівки і покриває гідрофобну поверхню крупних порожнин і стінок відкритих тріщин;
- низький питомий електричний опір не пов'язаний із мінеральним складом матриці породи;
- понижена електрична провідність продуктивних порід, обумовлена характером насичення в ділянках проникнення фільтрату бурового розчину, в залежності від тріщинуватості та розкритості тріщин.

#### **Список використаних джерел:**

1. Сілява В.М. Уточнений проект дослідно-промислової розробки Лопушнянського родовища ЦНДЛ ВО «Укрнафта», Івано-Франківськ, 1999, с. 180.
2. Фтемов Я.М., Бартманська Л.М., Дмитренко Г.Ф. Звіт про науково-дослідну роботу: Уточнення геологічної будови структур і площ Бориславського, Долинського та Надвірнянського нафтопромислових районів та виявлення нових перспективних нафтогазоносних об'єктів за аналізом буріння і геофізичних матеріалів. – І.-Ф.: ГТГ ПУБР ВАТ «Укрнафта», 2011 – С. 99.
3. Крупський Ю.З., Деніга Б.І., Багнюк М.М., Булмасов О.В. та інші. «Геолого-економічна оцінка Лопушнянського нафтового родовища Чернівецької області». Звіт. Львів., 2001., Книга 1 – 323 с.

## АНАЛІЗ НАФТОГАЗОНОСНИХ КОМПЛЕКСІВ ЯК ОДИН З ЕЛЕМЕНТІВ ПОШУКОВО-РОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ В МЕЖАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ

*Кичка О.А., oleksandr.kychka@ugv.com.ua;*  
*Ольшанецький М.В., marian.olshanetskyi@ugv.com;*  
*Тищенко А.П., andrii.tyshchenko@ugv.com.ua;*  
*Вишва А.С., andrii.vyzhva@ugv.com.ua;*  
*Жадан А.М., anatolii.zhadan@ugv.com.ua;*  
*Маковець О.В., oleh.makovets@ugv.com.ua;*  
*Фенота П.О., petro.fenota@ugv.com.ua;*  
*Хмелевський А.С., anton.khmelevskyi@ugv.com.ua;*  
*Мельник Л.П., leonid.melnyk@ugv.com.ua,*  
*АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна*

На основі обробки даних новітньої сейсмозв'язки 3D і аналізу геолого-геофізичної інформації виділено і охарактеризовано понад тридцять перспективних структур на спецдозволах Дельфін 01-10 НАК «Нафтогаз України» в межах внутрішньої зони північно-західного шельфу Чорного моря. Уточнено і деталізовано геологічну модель району робіт та оцінені основні складові геологічного ризику по перспективних нафтогазоносних комплексах для формування портфелю нафтогазопошукових об'єктів, їх ранжування та прийняття управлінських рішень.

## PLAY-BASED ANALYSIS AS ONE OF THE ASSESSING ELEMENTS TO EVALUATE HYDROCRABON EXPLORATION POTENTIAL FOR THE NORTHWESTERN SHELF OF THE BLACK SEA

*Kitchka O., oleksandr.kychka@ugv.com.ua;*  
*Olshanetskyi M., marian.olshanetskyi@ugv.com;*  
*Tyshchenko A., andrii.tyshchenko@ugv.com.ua;*  
*Vyzhva A., andrii.vyzhva@ugv.com.ua;*  
*Zhadan A., anatolii.zhadan@ugv.com.ua;*  
*Makovets O., oleh.makovets@ugv.com.ua;*  
*Fenota P., petro.fenota@ugv.com.ua;*  
*Khmelevskyi A., anton.khmelevskyi@ugv.com.ua;*  
*Melnyk L., leonid.melnyk@ugv.com.ua,*  
*JSC Ukrgasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine*

More than thirty promising structures were identified and characterized in the Dolphin 01-10 license areas of JSC Naftogaz of Ukraine within the Inner zone of the northwestern Black Sea shelf based on the latest 3D seismic data processing and analysis of geological and geophysical information. The geological model of the study area was refined and detailed, and the main components of geological risk for prospective oil and gas bearing complexes were assessed to form a portfolio of hydrocarbon exploration prospects along with its ranking and due decision-making.

**Вступ.** Неодмінною складовою сучасних ГРП на нафту і газ в недостатньо геологічно вивчених регіонах є аналіз нафтогазоносних комплексів (плеїв) з оцінкою геологічних ризиків (PoS) для базових складових нафтогазових систем в них (імовірність джерела/міграції/заповнення – пастки – колектору – покритишки) та залученням басейнового аналізу. Були закартовані перспективні нафтогазові і газові зони, що були відкалібровані по свердловині Прадніпровська-2 в межах кубу сейсмоданих 3D і деяким іншим в найближчому оточенні (свердловини Безіменного та Одеського родовища, а також Флангова-2).

**Методи, результати і новизна дослідження.** Північно-західний шельф Чорноморського мегабасейну є основним районом видобутку газу в межах Південного нафтогазоносного регіону України. Цей регіон відкриває для України великі можливості для пошуків та розвідки вуглеводнів на ще недостатньо вивченій акваторії. У 2021 році PGS Exploration ASA за контрактом з НАК Нафтогаз України провела батиметричні та 3D сейсмозв'язувальні роботи з високою роздільною здатністю на мілководній ділянці площею 5000 квадратних кілометрів на внутрішньому північно-західному шельфі Чорного моря України [1]. Обробка сейсмічних даних включала в себе найсучасніший граф глибинної обробки, а саме FWI, KPSDM та SWIM, що стало видатною віхою при проведенні ГРП в



регіоні [2].

Завдяки обробці та інтерпретації морських 3D сейсмічним даних було отримано декілька визначних геологічних результатів. Одним з них є раніше невідомий горизонт відбиття, який названий нами "головним неузгодженням" (позначається як VI-й сейсмогоризонт). Горизонт головного неузгодження є яскравою сейсмічною границею, що має чітко виражений рельєфний вигляд, яка пов'язана з підшовою осадового чохла на гетерогенному і гетерохронному акустичному фундаменті, і впевнено простежується на більшій частині площі робіт.

Завдяки цьому дослідженню окреслено три помітні припідняті щаблі фундаменту, Криловський, Алібейський та Тендрівський, а також Вилківську мінізападину (оточену горстами байкальського фундаменту і заповнену сейсмічно напівпрозорими сеймо-секвенціями, що падають на південь і сегментовані успадкованими скидами) (Рис. 1).

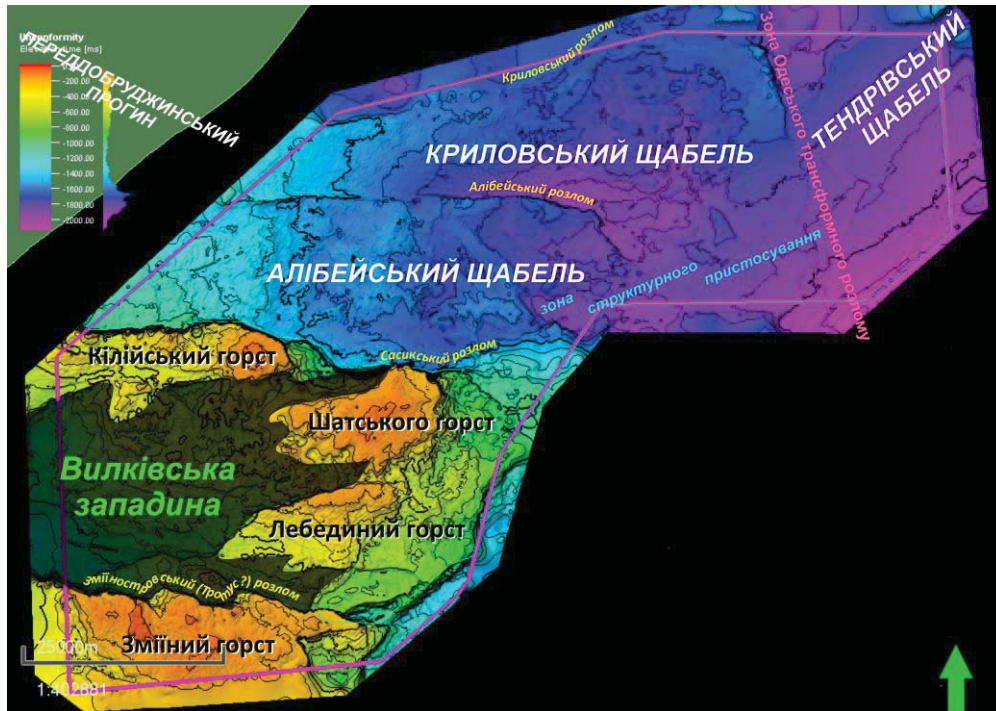


Рис. 1. Тектонічне районування району робіт на рівні відбивного горизонту VI (акустичний фундамент) за даними сейморозвідки 3D

Декілька типів сейсмічних фацій акустичного фундаменту характеризують глибинні надра досліджуваної акваторії. Попередньо прогнозуються неоархейський, палеопротерозойський та неопротерозойський блоки в складі акустичного фундаменту в межах спецдозволів Дельфін на Внутрішньому шельфі.

За результатами виконаних робіт побудовано дванадцять структурних карт по ключових горизонтах відбиття, стратиграфічно прив'язаних до свердловини Прадніпровська-2, що характеризують мезо-кайнозойський осадовий чохол із застосуванням усіх наявних геоданих, включаючи 2D профілі минулих років, а також інформацію з понад 160 виробничих звітів у поєднанні з відповідними дослідженнями по прилеглих регіонах у румунських, болгарських і турецьких водах [3]. Виконано аналіз матеріалів та інтерпретація даних раніше проведених робіт [4] попередній басейновий аналіз з використанням моделювання міграції вуглеводнів, який прогнозує потенційні перспективні ділянки для пошуку нафти і газу [5].

В результаті корельовано нові 3D дані з кубом 3D сейморозвідки по Одесько-Безіменній площі та наземними даними 2D сейморозвідки і глибоких свердловин (Переддобруджинський прогин) через прибережну перехідну зону шириною ~10 км, де відсутні будь-які сейсмічні дані. Структурні взаємозв'язки та елементи нафтових систем, вдалося перенести на Криловський суб-басейн, де виявлено потенційні пастки в еродованій карбонатній платформі середнього та пізнього палеозою. Інтеграція всіх цих даних дозволила створити збалансовану 2D геологічну модель, яка ілюструє структурні



взаємозв'язки між суходолом і шельфом [6].

Базуючись на інтерпретації новітніх сейсмоданих 3D та спираючись на міжнародно визнаний галузевий «стандарт» з виділення нафтогазових комплексів (плеїв) [7], виокремлено сім незалежних плеїв перспективних для пошуків вуглеводнів в межах периметру спецдозволів Дельфін 01-10, а саме:

1) Вивітрений та тріщинуватий фундамент протерозою - раннього палеозою (аналоги - родовища Кішкунхалаш, Дорошма в Паннонському басейні);

2) Склепіневі, тектонічно-екрановані пастки в палеозойській товщі: пісковики, вапняки, доломіти (Саратське, Жовтоярське). Стратиграфічні пастки (ерозійні останці), пов'язані з різким кутовим неузгодженням в палеозойських і тріасових відкладах: пісковики, вапняки, доломіти (Білоліський мегаатол [8]);

3) Склепіневі (болгарські родовища Старосельці, Бутан та ін. Мізійської платформи) та стратиграфічні пастки, пов'язані з різким кутовим неузгодженням в покрівлі валанжинсько-юрських відкладів, вапняки (Тюленово в Болгарії) та пісковики евапоритової секвенції (Окумі Грузії);

4) Склепіневі пастки в нижньокрейдових (неоком-альбських) дорифтових-синрифтових відкладах та стратиграфічні пастки (ерозійні останці): пісковики, карбонати та туфогенні колектори (Західно-Октябрське, Октябрське, Тетянівське, Східна та Західна Лебада, Пескаруш, Сіноє, Марина);

5) Склепіневі пастки в комплексі карбонатної платформи верхньої крейди-середнього еоцену: карбонати та вапнисті пісковики (Одеське, Безіменне, Голіцинське, Шмідта, Штормове, Східна та Західна Лебада, Дельта, Сіноє, Галата, Каварна, Еуженія, Пескаруш). Рифові тіла у верхньокрейдових (кампан-маастрихтських) відкладах: вапняки (Серебрянське, Міжводненське, Карлавське) та стратиграфічні пастки, пов'язані з стратиграфічним неузгодженням в палеоген-крейдових відкладах: пісковики та калькареніти (родовища Каліакра і Східна Каварна на болгарському шельфі);

6) Верхній еоцен – олігоцен-нижній міоцен (майкопські) склепіневі пастки (Одеське, Архангельське, Голіцинське, Південно-Голіцинське, Кримське, Шмідта, Стрілкове, Поворотне, Субботінське) та літолого-стратиграфічні пастки: пісковики (Портиця, виклинювання пісковиків в підосві олігоцену);

7) Неогенові склепіневі пастки (Архангельське, пліоценові пісковики - Дойна, Ана румунського шельфу, Сакарія. Північна Амасра та Джайджума в турецькому секторі), літологічні пастки (пісковики Приазовського родовища).

Просторове положення вищезагаданих плеїв показано вздовж модельного перетину через спецдозволи Дельфін Внутрішнього шельфу на Рис. 2.

На основі проведеного аналізу нафтогазоносних комплексів вдалося проранжувати та геологічно обризикувати на наявність елементів вуглеводневих систем понад 30 перспективних ділянок (антиклінальних і стратиграфічних пасток), причому вісім з них були вперше закартовані в межах спеціальних дозволів НАК Нафтогаз України на основі обробки і інтерпретації даних сейсмозв'язки 3D.

Стосовно класифікації за формою сейсмічного імпульсу, то для побудови карт сейсмофіцій було використане хвильове поле уздовж сейсмічного горизонту. Виходячи з передумов, що форма відбитої хвилі залежить від пружних властивостей акустичної границі і від форми сейсмічного запису, можна судити про зміну цих властивостей.

Для створення просторової моделі термальної зрілості нафтогазоматеринських порід в межах району робіт були використані залежності як для суходолу (Передобруджинський прогин) дослідників УкрДГРІ [9] так і для прилеглого офшору – а саме північно-західного шельфу, за даними компанії Simon Petroleum Technology Ltd. [10].

Для кожного комплексу (плею) та його суб-комплексу (сегменту) були побудовані карти термальної зрілості та карто-схеми поширення сейсмофаціальних зон на основі атрибутивного аналізу (за формою сигналу та набору атрибутів) для ключових сейсмогоризонтів мезокайнозою (Ia, IIa, IIб, III, IIIм, IIIг, IV, V, VI), які були покладені в основу інтерпретаційних карт імовірності наявності пастки та колектора в ньому, Рис. 3.

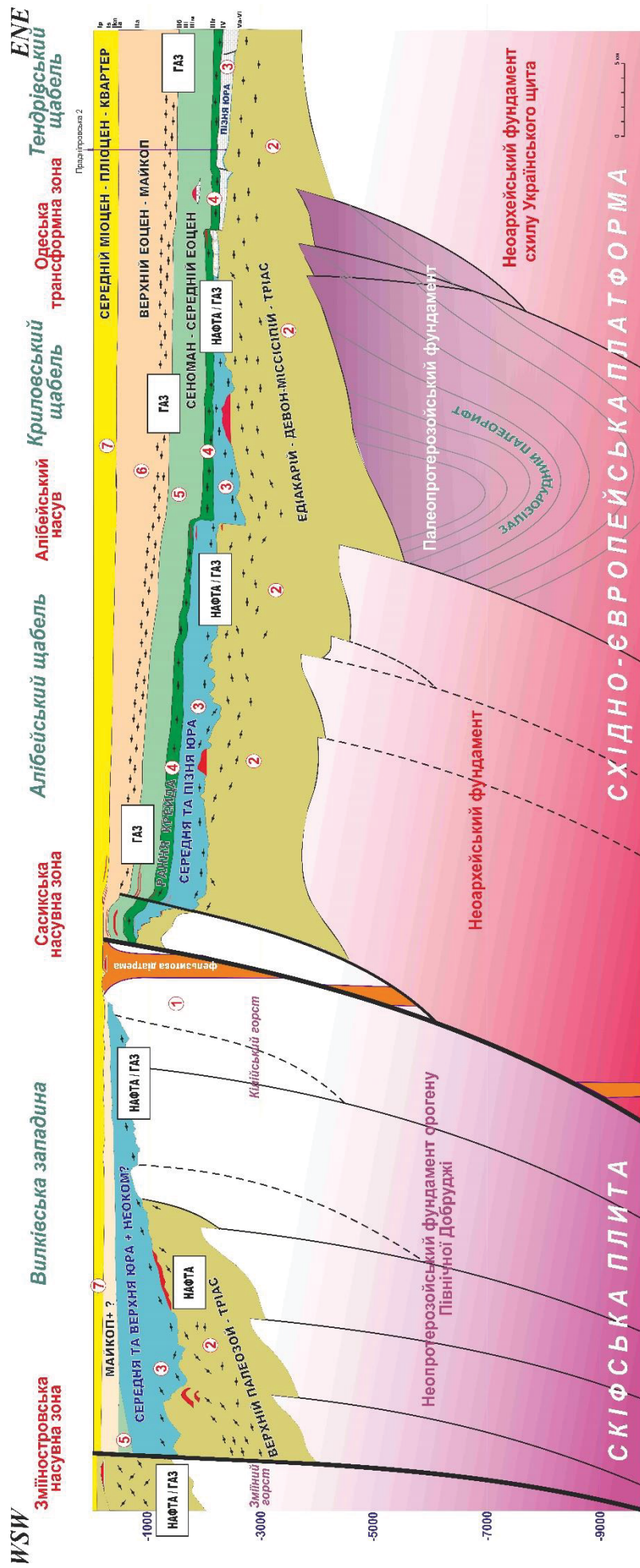
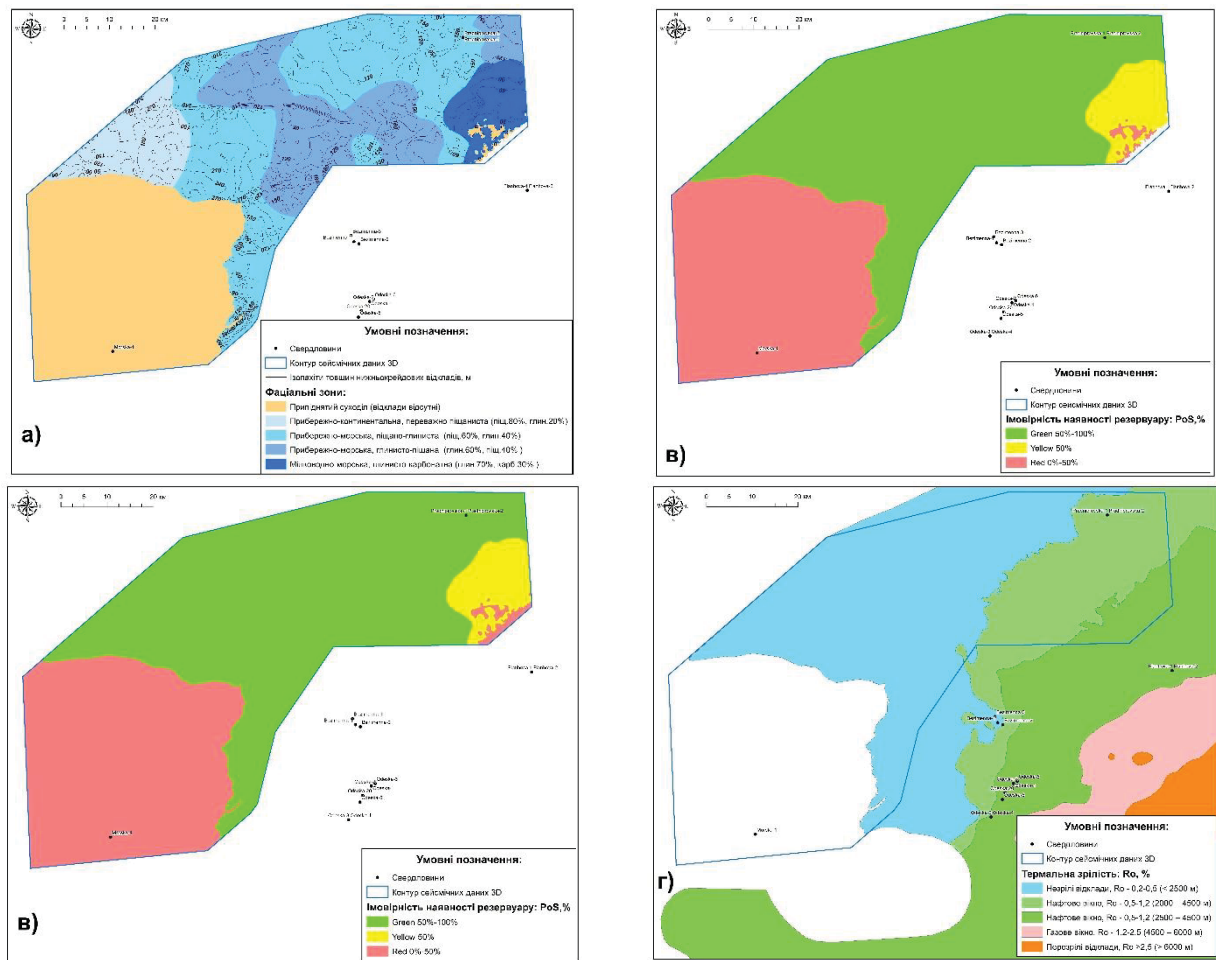


Рис. 2. Основні перспективні нафтогазові пліє вздовж модельного геолого-геофізичного перетину в межах району робіт



**Рис. 3. Карти оцінки зведеного геологічного ризику для нижньокрейдового плію:**  
 а) фациальних зон за даними атрибутивного аналізу сейсмогоризонт ПІг;  
 б) імовірності наявності покритки; в) імовірності наявності резервуару;  
 г) термічної зрілості [6, з уточненнями]

На основі експертного узгодження встановлено коефіцієнти імовірності для чотирьох компонентів (імовірність джерела/міграції/заповнення – пастки – колектору – покритки) та визначено зведений геологічний ризик (CCRS) кожного з семи перспективних нафтогазоносних комплексів (пліїв), який ілюструється Рис. 4.

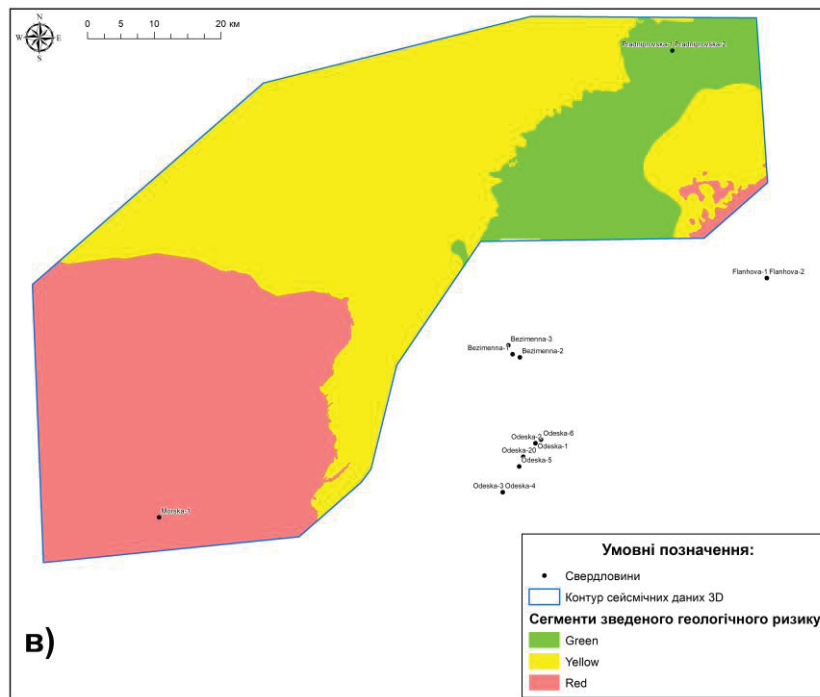
Приклад оцінки складових геологічного ризику для нижньокрейдового плію тут показаний на рисунках 3 і 4.

**Висновки.** Район робіт, що знаходиться в зоні зчленування схилу докембрійської СЕП, палеозойсько-кімерійської Скіфської платформи та молоді мезокайнозойської Чорноморської западини є напрочуд складним за тектонічною будовою в регіоні, проте водночас і найбільш цікавим районом з геологічної точки зору, не зважаючи на відносно помірні вуглеводневі ресурси.

Встановлені і простежені залежності дали змогу оцінити зведений геологічний ризик та перспективи промислової нафтогазоносності для спецдозволів Дельфін на Внутрішньому північно-західному шельфі Чорного моря і приступити для оцінки їх ресурсного потенціалу детерміністичним та стохастичним методами.

**Подяка.** Автори щиро вдячні АТ «Укргазвидобування» за дозвіл опублікувати дані результати.





**Рис. 4. Карта зведеного геологічного ризику (Composite Common Risk Segment, або «карта-світлофор») для нижньокрейдового плею**

**Список використаних джерел:**

1. Tauvers P., Tyschenko A., Kitchka O., Melnyk L., Boekholt M. *Start of major 3D acquisition by Naftogaz in the Western Ukrainian Black Sea - implications for rejuvenation of offshore exploration for Ukraine*. Abs. AAPG Exploration and Production in the Black Sea Region and Super-Basin Thinking GTW, 6-7 September 2022, Trabzon. – P. 7.
2. Tegnander J.F., Kittell L., Helgebostad K.S., Tyshchenko A., Vyzhva A., Melnyk L. and Oukili J. *Efficient 3D Acquisition and Imaging in Ultra-Shallow Water for Frontier Exploration in the Black Sea, Ukraine*. Fourth EAGE Marine Acquisition Workshop, Sep 2024, Volume 2024, Oslo. P. 1 – 3, <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.202436012>, 09.09.2024.
3. Kitchka A., Olshanetsky M., Tyshchenko A. et al. *Confident progress in understanding geology & hydrocarbon potential of the NW Black Sea Inner Shelf, Ukraine, based on cutting-edge 3D seismic exploration program*. Abs. AAPG Europe Region Conference, 28-29 May 2024 Krakow. – P. 78.
4. Фенота П., Кичка О. та ін. *Аналіз матеріалів та інтерпретація даних раніше проведених робіт в межах ділянок надр НАК «Нафтогаз України» на північно-західному шельфі та глибоководній частині Чорного моря (спеціальні дозволи надані НАК «Нафтогаз України» відповідно до пункту 8 порядку надання спеціальних дозволів на користування надрами, затвердженого постановою КМУ від 30.05.2011 № 615)* – Київ: Остаточний звіт УкрНДІгаз з науково-дослідної роботи, 2022, Кн. 2. – 393 с.
5. Родрігез Ф., Карпенко І. та ін. *Басейновий аналіз північно-західного шельфу українського сектору Чорного моря (ділянки Дельфін)* – Київ: Остаточний звіт УкрНДІгаз з науково-дослідної роботи, 2021. – 150 с.
6. Маковець О., Вижва А. та ін. *Геоінформаційне забезпечення робіт з пошуків та розвідки вуглеводнів по стратегічних проєктах за напрямками — офшор, Карпати та освоєння нетрадиційних ресурсів* – Київ: Остаточний звіт УкрНДІгаз з науково-дослідної роботи, 2023. – 129 с.
7. Royal Dutch Shell. *Play Based Exploration: A Guide For AAPG's Imperial Barrel Award Participants*, 2014, <https://iba.aapg.org/resources/training/play-based-exploration>, 09.09.2024.
8. Лукин А.Е., Трофименко Г.Л. *О среденепалеозойском Белолесском мегаатолле в Предобруджинском прогибе*. ДАН СССР, 1992, т. 325, №5. – С. 1008-1012.
9. Полухтович Б.М. та ін. *Анализ и обобщение результатов геолого-разведочных работ на мезозойско-палеозойские отложения Предобруджского прогиба и выдача рекомендацій по направлениям дальнейших работ*. Киев: Отчет УкрГТРИ, 1992: – 215 с.
10. Simon Petroleum Technology Ltd. *Звіт Petroleum Geology and Hydrocarbon Potential of the Black Sea & Azov Sea, Ukraine*, на замовлення ДАТ «Чорноморнафтогаз», vol. 2, 1994. – 97 с.



## ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ПРИСКИДОВИХ СТРУКТУР НАДГПСОВОГО РІВНЯ В МЕЖАХ КОСІВСЬКО-УГЕРСЬКОЇ ПІДЗОНИ

*Гоцинець О.С.<sup>1</sup>, oleh.hotsynets@ugv.com.ua,  
Михалевич І.Л.<sup>1</sup>, к. геол. н., ihor.mykhalevych@ugv.com.ua,  
Алєйнік У.В.<sup>2</sup>, uliana.alieinik@ugv.com.ua,  
Білецький Р.П.<sup>2</sup>, roman.biletskyi@ugc.com.ua,  
Владика В.М.<sup>3</sup>, vladyka.vitaliy@ugv.com.ua,  
Савчук О.В.<sup>3</sup>, oleksandr.v.savchuk@ugv.com.ua,  
Бодлак В.П.<sup>3</sup>, vasyi.bodlak@ugv.com.ua,  
1 – АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна,  
2 – ГПУ «Львівгазвидобування», м. Львів, Україна,  
3 – Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна*

Наведено приклад використання даних 3D сейсмозвідки для виявлення невеликих за розмірами покладів газу у відкладах дашавської світи сарматського ярусу.

## PERSPECTIVES OF THE OIL AND GAS PARTS OF TRUST'S STRUCTURES OF THE UP GYPSUM LEVEL WITHIN THE BOUNDARIES OF THE KOSIVSKO-UGERSKO SUBZONE

*Hotsynets O.<sup>1</sup>, oleh.hotsynets@ugv.com.ua,  
Mykhalevych I.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), ihor.mykhalevych@ugv.com.ua,  
Alieinik U.<sup>2</sup>, uliana.alieinik@ugv.com.ua,  
Biletskyi R.<sup>3</sup>, roman.biletskyi@ugc.com.ua,  
Vladyka V.<sup>3</sup>, vladyka.vitaliy@ugv.com.ua,  
Savchuk O.<sup>3</sup>, juri.maletych@ugv.com.ua,  
Bodlak V.<sup>3</sup>, vasyi.bodlak@ugv.com.ua,  
1 – JSC «UkrGasvydobuvannya», Kyiv, Ukraine,  
2 – GPU «LvivGasvydobuvannya», Lviv, Ukraine,  
3 – LB UkrNDIgas, Lviv, Ukraine*

An example of the use of 3D seismic data for the detection of small gas reservoirs in the deposits of the Dashava suite of the Sarmatian.

Історія вивчення геологічної будови Передкарпатського прогину, особливо з позиції нафтогазоносності, нараховує вже понад двісті років. Від перших нафтових копанок до відкриття великих за запасами газових родовищ центральної частини Косівсько-Угерської підзони. За цей час уявлення щодо геологічної історії кардинально змінилися – від фіксистської концепції до мобілістської, яка включає наукові відкриття останніх 50-ти років. Такий тривалий час досліджень очікувано призвів до того, що в інтервалі глибин 500-2000 м в межах регіону відрито великі за запасами родовища, і на теперішній час вони перебувають на завершальній стадії розробки, або й виснажені. Тому, цілком прирідно, що більшість дослідників, не очікують відкриття нових покладів чи родовищ. Тим не менше, в останні роки нафтогазовидобувні компанії вкладають значні кошти в 3D сейсмозвідувальні роботи, що, як буде показано далі, дає позитивні результати.

Згідно тектонічного районування цільова ділянка розташована в межах північно-західної частини Косівсько-Угерської підзони Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину, в зоні розвитку Судово-Вишнянського та Краковецького розломів.

Загальновідомо, що Більче-Волицька зона являє собою автохтон, утворення котрого відбувалося на завершальному етапі формування Передкарпатського прогину на опущеному краю платформи.

В межах досліджуваної території виділяється три структурно-тектонічні поверхи – палеозойський, мезозойський та кайнозойський. Вони відповідають утворенням, відповідно,

складчастого фундаменту, платформової основи та моласового заповнення передгірського прогину.

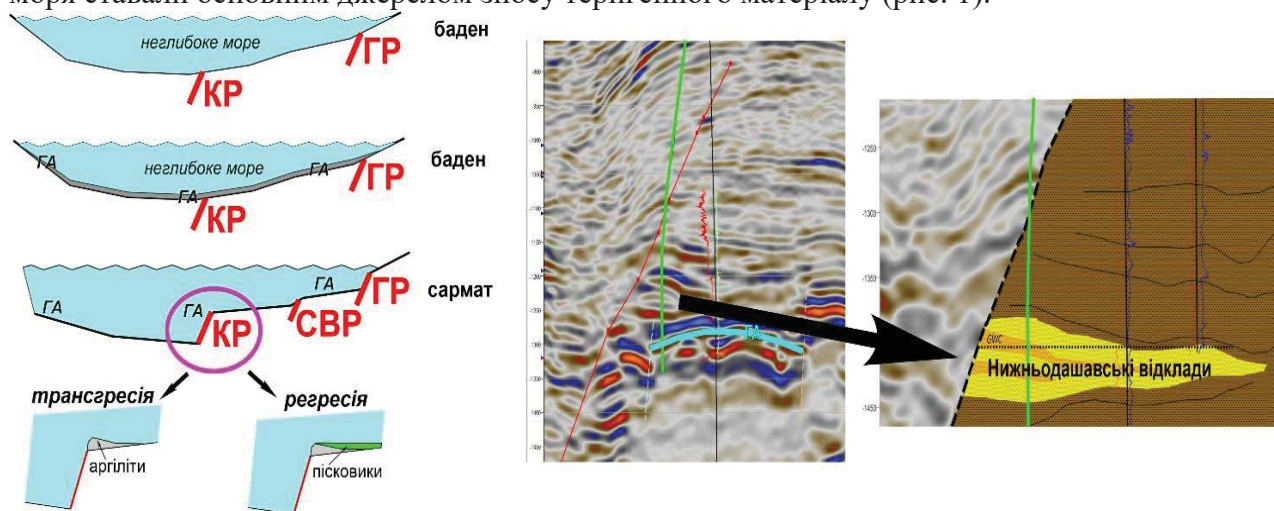
Кайнозойський структурно-тектонічний поверх, утворений породами баденського і сарматського ярусів неогенової системи, характеризується успадкованістю моласовими верствами структурних форм донеогенового ерозійного палеорельєфу і блокової будови фундаменту. Баденські та сарматські відклади, які перекривають древній рельєф, утворюють над виступами і долинами антиклінальні та синклінальні структури та в комплексі з диз'юнктивними елементами формують складні комбіновані пастки для покладів вуглеводнів. Загалом структура зони визначається впливом кількох чинників, основними з яких є наступні: наявність древнього палеорельєфу, що формувався процесами ерозії та розмиву в добаденський час, а також розвиток низки регіональних розломів, орієнтованих під гострим кутом до загального простягання зони.

Одним з цікавих напрямів пошуків покладів вуглеводнів є прискидова частина основних регіональних диз'юнктивів.

З геологічної точки зору, в сарматський час за умови регресивно-трансгресивних мікроциклів, віддаленість берегової лінії суттєво змінювалася по латералі, що відображено у вмісті середньозернистої фракції. Такі зони перспективні для накопичення покладів ВВ, саме тому частина зусиль повинна бути спрямована на покриття 3D сейсмозвідкою цих районів та методичне опрацювання отриманої інформації.

Досвід останніх років АТ УГВ показав позитивний результат для таких об'єктів в північно-західній частині Косівсько-Угерської підзони, зокрема на одному з родовищ виявлено новий гідродинамічно ізольований поклад в базальній частині нижньодашавських відкладів, де в результаті випробування свердловини отримано дебіт газу понад 100 тис. м<sup>3</sup>/добу.

Основним викликом, на нашу думку, є пошук палеовиступів, які в результаті регресії моря ставали основним джерелом зносу теригенного матеріалу (рис. 1).



**Рис. 1. Приклад часового поля з 3D куба, де відображено зростання товщини відкладів нижньодашавської підсвіти та принципова схема генезису прискидових лінз середньозернистих пісковиків**

Як пошукові ознаки таких пасток можна навести:

- наявність розлому типу скид, який був активним під час накопичення цільових відкладів;
- незначна віддаленість берегової лінії, при регресії призводить до збільшення грубозернистої теригенної фракції;
- в часовому полі різке зростання товщини базальної частини цільових відкладів в піднятому блоці;
- контрастність фаз.

## АНАЛІЗ БАРИЧНИХ УМОВ У РОЗРІЗІ САРМАТСЬКИХ ВІДКЛАДІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ БІЛЬЧЕ-ВОЛИЦЬКОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

*Дмишко О.<sup>1</sup> oleksandra.dmyshko@ugv.com.ua;*

*Багнюк М.<sup>2</sup>, к. геол. н., bagnyuk.unga@i.ua,*

*1 – Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна;*

*2 – ПП «НВФ «ГЕОНАФТОГАЗПРОЕКТ», м. Львів, Україна*

За результатами досліджень водоносних об'єктів наведено початкові баричні умови у сарматських відкладах північно-західної частини Більче-Волицької зони. Проаналізовано вплив розробки Верещицького, Дубаневицького, Південно-Грабинського та Південно-Рудківського родовищ на величини тиску у сарматському водоносному комплексі північно-західної частини Більче-Волицької зони. Проаналізовано сучасний стан баричних умов у сарматських відкладах.

## ANALYSIS OF BARIC CONDITIONS IN A SECTION OF SARMATIAN SEDIMENTS IN THE NORTHWESTERN PART OF THE BILCHE-VOLYTSYA ZONE OF THE PRE-CARPATHIAN DEPRESSION

*Dmyshko O.<sup>1</sup>, oleksandra.dmyshko@ugv.com.ua,*

*Bahniuk M.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), bagnyuk.unga@i.ua,*

*1 – Lviv Branch Ukrainian Research Institute of Natural Gas, Lviv, Ukraine;*

*2 – PE “NVF “GEONAFTOGAZPROEKT”, Lviv, Ukraine*

According to the results of the research of aquifers, the initial baric conditions in the Sarmatian sediments of the northwestern part of the Bilche-Volytsya zone are given. The influence of the development of the Vereshchytsa, Dubanevyske, Pivdenno-Hrabynske and Pivdenno-Rudkivske deposits on the pressure values in the Sarmatian aquifer complex of the northwestern part of the Bilche-Volytsya zone was analyzed. The current state of baric conditions in Sarmatian sediments was analyzed.

На основі багаторічних досліджень встановлено, що Більче-Волицька зона характеризується досить утрудненим водообміном як зі сторони Бориславсько-Покутської зони прогину, так і з боку Волино-Подільської плити [1]. В її геологічному розрізі виділено три гідрогеологічні поверхи [2]. Перший з них охоплює інтервал глибин приблизно від 0 до 30 м – це зона активного водообміну, зосереджена в антропогенових відкладах. Другий поверх – це піщано-глинисті горизонти сарматських і баденських утворень, що залягають глибше зони активного водообміну. Третій водоносний комплекс об'єднує пластові води карбонатних відкладів верхньої юри.

Практика розробки покладів газу виявлених у відкладах сармату показує, що їх водоносний басейн є закритою гідрогеологічною системою. В межах Більче-Волицької зони водоносні горизонти не мають ні значної області живлення, ні достатньої області розвантаження. Загальна літологічна неоднорідність та невитриманість по площі порідколекторів практично виключає суттєву фільтрацію пластових вод по горизонталі та вертикалі.

Аналіз баричних умов у геологічному розрізі сарматських відкладів в межах північно – західної частини Більче-Волицької зони розглянуто на прикладі визначень пластового тиску в об'єктах Дубаневицького, Південно-Рудківського, Верещицького та Південно-Грабинського родовищ. За основу прийнято побудовану епюру розподілу пластового тиску за результатами досліджень водонасичених горизонтів в інтервалах глибин 488-1723 м у свердловинах Мединицької і Хідновицької площ (табл. 1), які взяті з роботи [3]. Побудована епюра розподілу тиску з глибиною за результатами його вимірів у верхньокайнозойському басейні представлена на рисунку 1. Варто зауважити, що використані для побудови епюри пластові тиски виміряні до початку активної розробки покладів у відкладах сарматського ярусу. Вона характеризується прямою лінією, нахил якої відповідає середній густині пластової води 1,026 г/см<sup>3</sup>. Аналіз побудованої залежності показує, що встановлені тиски для об'єктів випробування, які знаходяться на різних гіпсометричних відмітках, відповідають єдиному закону їх розподілу. Зміна густини води у даному басейні в межах від 1,012 до 1,099

г/см<sup>3</sup> практично не вплинула на лінеаризацію залежності тиску від абсолютної відмітки його вимірювання.

Геологічний розріз досліджуваного комплексу порід свердловинами пошуково-розвідувального фонду розкритий на різні глибини. Згідно зі стратиграфічним розчленуванням, на ділянці розташування Південно-Грабинського, Верещицького, Дубаневицького і Південно-Рудківського родовищ, цей комплекс представлений відкладами горизонтів НД-5-НД-9, НД-13, НД-3-НД-5÷НД-10-НД-14, НД-10÷НД-15 відповідно (табл. 1).

Таблиця 1

**Первинний і поточний стан баричних умов в сарматському комплексі відкладів**

Площа	Номер св.	Альтитуда устя, м	Інтервал випробування, м	Вік відкладів (горизонт)	Абсолютна відмітка середини інтервалу випробування, м	Пластовий тиск, МПа	Густина води, г/см <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
Мединицька	18	280,3	488,0-491,0	сармат	-209,2	4,35	1,02
-//-	18	280,3	580,0-590,0	-//-	-304,7	5,22	1,023
-//-	17	303,9	665,0-688,0	-//-	-372,6	5,94	1,0223
-//-	16	263,0	948,0-970,0	-//-	-696,0	9,13	1,0181
Хідновицька	24	242,2	640,0-716,0	-//-	-435,8	6,28	1,023
-//-	24	242,2	750,0-790,0	-//-	-527,8	6,28	1,025
-//-	24	242,2	920,0-980,0	-//-	-710,3	8,00	1,012
-//-	31	231,8	920,0-985,0	-//-	-720,7	8,80	1,018
-//-	32	240,3	1000,0-1035,0	-//-	-777,2	9,15	1,022
-//-	32	240,3	1115,0-1137,0	-//-	-885,7	10,57	1,026
Мединицька	1	263,6	1710,0-1723,0	баден	-1452,9	16,99	1,099
Південно-Грабинська	1	262,7	1015,0-1035,0	сармат (НД-9)	-762,3	9,78	1,013
-//-	1	262,7	944,0-960,0	сармат (НД-8)	-689,3	8,95	1,015
-//-	1	262,7	790,0-804,0	сармат (НД-5)	-534,3	5,33	1,022
-//-	15	263,0	991,0-1002,0	сармат (НД-9)	-733,5	9,34	-
Верещицька	2	262,1	1263,0-1278,0	сармат (НД-13)	-1008,4	9,78	-
-//-	9	263,0	1335,0-1351,0	сармат (НД-13)	-1080,0	12,10	-
-//-	5	263,6	1345,0-1378,0	сармат (НД-13)	-1097,9	12,99	-
Дубаневицька	1	296,0	1570,0-1600,0	сармат (НД-13а)	-1289,0	15,31	-
-//-	2	278,2	1696,0-1716,0	сармат (НД-13в)	-1427,8	14,82	-
-//-	10	307,9	1075,0-1087,0	сармат (НД-4б)	-773,1	11,17	-
-//-	12	314,2	876,0-888,0	сармат (НД-3а)	-567,8	8,02	-
-//-			908,0-928,0	сармат (НД-3в)	-603,8	8,87	-
-//-	14	314,9	1817,0-1830,0	сармат (НД-10)	-1508,6	18,45	-
-//-			1156,0-1159,0	сармат (НД-5а)	-842,6	10,45	-
-//-	15	308,6	1738,0-1746,0	сармат (НД-14)	-1433,4	14,23	-
Дубаневицька	15	308,6	1665,0-1678,0 1678,0-1681,0	сармат (НД-13б)	-1364,4	15,99	-
-//-	16	290,9	1579,0-1626,0 1633,0-1639,0	сармат (НД-13б+ НД-13а)	-1318,1	15,07	-
-//-	17	287,8	1323,0-1338,0	сармат (НД-12а)	-1042,7	11,75	-
Південно-Рудківська	2	273,1	1519,0-1546,0	сармат (НД-13)	-1259,4	13,37	-

Верхня і нижня межа об'єктів випробування відповідає глибинам 790 і 1830 м. На рисунку 1 показані величини тисків на середину інтервалу випробування. Різниця між межами інтервалів випробування становила 3÷60 м. Наведені в таблиці 1 значення тиску пересічно визначені розрахунково без врахування наявності стовпа рідини на вибої свердловин.

Породи-колектори нижньосарматських відкладів Південно-Грабинського та Верещицького родовищ представлені прошарками і пачками сірих, світло-сірих, полі- та



олігоміктових, вапнистих, глинистих із залишками рослинного детриту алевролітів та пісковиків. Глини і аргіліти – сірі і темно-сірі, піскуваті, вапнисті, слюдисті, шаруваті з включеннями піриту.

Для нижньосарматських відкладів характерна переважно тонкоритмічна шарувата будова, що зумовлена частим чергуванням піщано-алевролітових порід загальною товщиною від 10 до 120 м. Товщина окремих піщаних та алевролітових прошарків і пластів коливається від декількох міліметрів до 10-50 см, рідше, до одного і більше метрів. Деяка частина піщаних та алевролітових шарів прослідковується між сусідніми свердловинами, а більшість їх, переважно малої товщини, виклинюється непроникними глинисто-аргілітовими прошарками, що утрудняють процес руху флюїдів в межах пачки і є флюїдоупорами для проникних пропластків. Тому, нижньосарматські поклади варто віднести до типу прошаркових.

Поровий об'єм прошаркового покладу складається з багатьох дрібних резервуарів, кожен з яких є окремою гідродинамічною системою. Сукупність таких дрібних резервуарів у межах тонкошаруватих пачок і утворюють прошаркові-лінзовидні системи із задовільними для промислового газонакопичення фільтраційно-ємнісними властивостями.

Виміряні у водонасичених об'єктах (НД-9, НД-8) початкові пластові тиски у св. 1-ПдГб нанесені на координатну площину побудованої епюри розташувалися на проведеній лінії (рис. 1 позначено ромбами червоного кольору). Варто зауважити, що вказані виміри проведені у 1986 році. Це додаткового підтверджує наше бачення щодо розподілу тиску у сарматських відкладах. Величина тиску виміряна під час дослідження об'єкта в інтервалі 790-804 м (НД-5) становить 5,33 МПа і відповідно нанесена на рисунок точка розташована значно нижче від проведеної лінії. Занижену величину тиску могли отримати за рахунок недостатнього часу очікування для його відновлення.

Густина відібраних проб води змінювалася від 1,013 г/см<sup>3</sup> до 1,022 г/см<sup>3</sup> і перебувала в межах діапазону використаного в процесі побудови епюри.

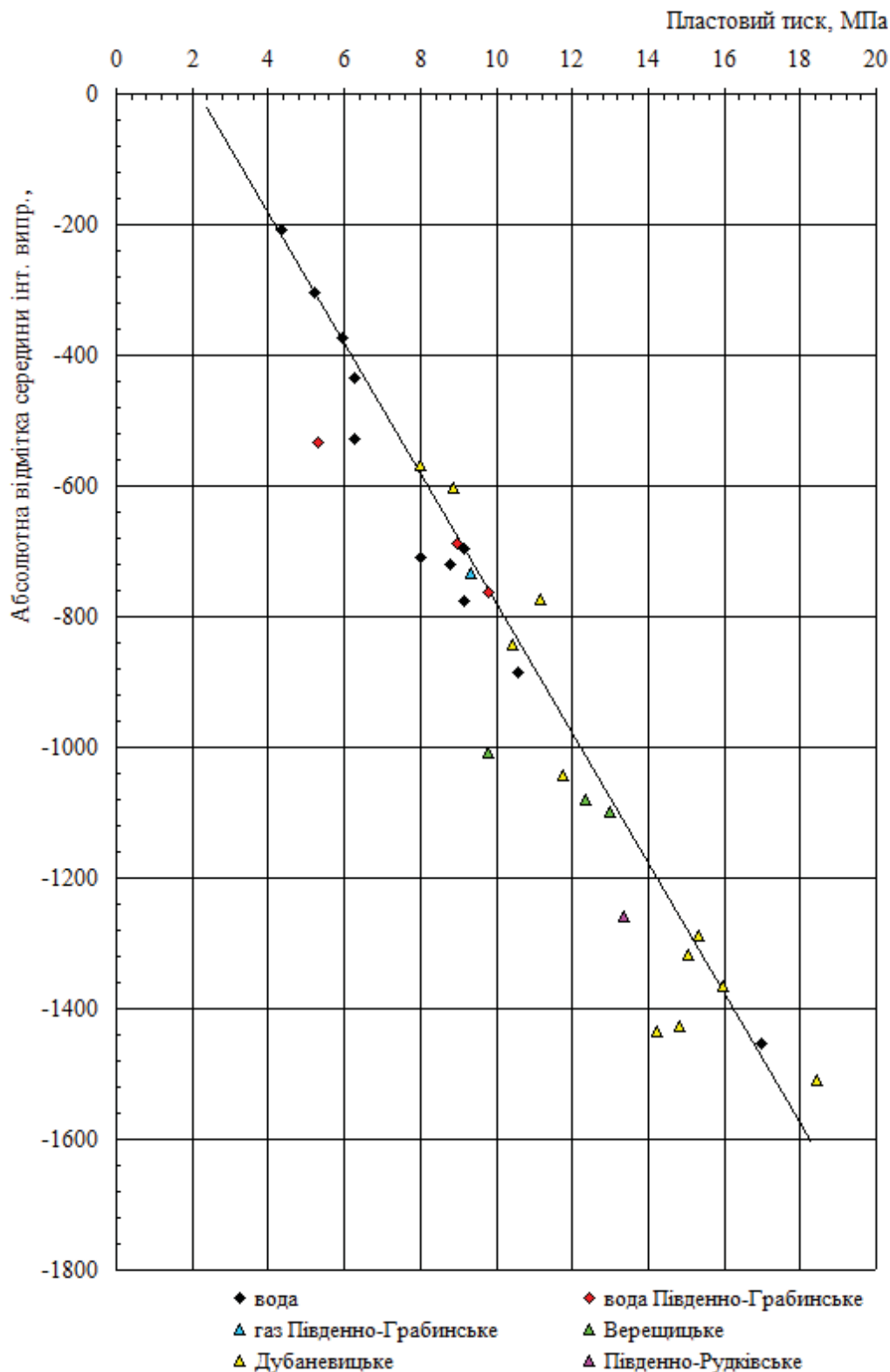
У свердловині 15-ПдГб за результатами дослідження об'єкта в інтервалі 991-1002 м (НД-9) отримали промисловий приплив газу дебітом 23-72 тис м<sup>3</sup>/добу за депресії на пласт 0,32-1,4 МПа. Визначена шляхом розрахунку зі статичного величина пластового тиску становила 9,34 МПа. Нанесена на рисунок 1 відповідна точка лише незначно відхиляється від проведеної лінії епюри, що може вказувати на похибки вимірювання і обчислення. Розкриті свердловиною 15-ПдГб породи-колектори характеризуються пористістю 16,4 %. Середина інтервалу перфорації, до якої приведено величину пластового тиску практично дорівнює відмітці половини висоти покладу.

В межах Верещицького родовища початкові пластові тиски визначені за результатами досліджень об'єктів у горизонті НД-13 проведених у свердловинах 2-, 5-, 9-Вщ. Породи-колектори розкриті згаданими свердловинами характеризуються відкритою пористістю 18,2, 13,1 та 16,1 % відповідно. За результатами цих досліджень одержані припливи газу дебітом 1,64-13,87 тис. м<sup>3</sup>/добу за достатньо значних створюваних депресій на пласт в межах 34,6-76,9 % від пластового тиску. З нанесених на координатну площину рисунку 1 трьох точок лише одна наближена до лінії епюри. Варто зауважити, що висота покладів відповідає розкритим інтервалам перфорації. В даній ситуації всі три точки мали розташовуватись справа від лінії епюри характеризуючи розподіл тиску у газовому середовищі. Розташування решти двох точок вказує на занижені їх величини. У актах на дослідження свердловин 2-, 5-, 9-Вщ не наведені криві відновлення тиску зняті на їх гирлах. Можливо відновлення статичного тиску не дочекалися.

Враховуючи розрахунковий метод визначення пластового тиску, варто припустити, що в процесі вимірювання статичного на вибої або і у стовбурі могла знаходитись вода. Про її присутність можуть вказувати результати інтерпретації досліджень свердловин методом усталених припливів. На всіх режимах роботи дебіти газу характеризувалися малими величинами, а параметри його припливу описувалися трьохчленною формулою.

Варто також зауважити, що приплив газу з найвищими величинами його дебіту (7,8-13,9 тис. м<sup>3</sup>/добу) отримано у свердловині 5-Вщ, яка розкрила породи-колектори покладу НД-13, що характеризуються найнижчою пористістю (13,1 %). Мова йде про аналіз порід-

коллекторів покладу НД-13 розкритих трьома свердловинами 2-, 5-, 9-Вщ. Пояснення такого явища вимагає глибшого вивчення даного питання.



**Рис. 1. Еюра розподілу пластового тиску у відкладах сармату Південно-Грабинського, Верещицького, Дубаневицького, Південно-Рудківського родовищ**

Літологічно розріз нижньодашавської підсвіти в межах Дубаневицького родовища складений піщано-глинистою товщею з частими пропластками пісковиків та алевролітів з незначними прошарками туфів і туфітів. Пісковики і алевроліти сірі, світло-сірі інколи жовтувато чи зеленувато-сірі, дрібно і середньозернисті з різним ступенем вапнистості. Глини сірі, зеленувато-сірі, темно-сірі, вапнисті слюдисті, щільні. На Дубаневицькому родовищі продуктивними є горизонти НД-3-НД-5, НД-10-НД-14.

В результаті кореляції розрізів свердловин та співставлення з даними промислової геофізики і випробування продуктивні горизонти розчленовані на підгоризонти. Прошарки пісковиків та алевролітів в межах цих підгоризонтів нерівномірно поширені по площі та розрізу, утворюючи багаточисельні лінзи. Відкрита пористість порід-колекторів розкритих свердловинами Дубаневицького родовища, які наведені у табл. 1 змінюється в межах 13,3-17,5 %.

Початкові пластові тиски визначали розрахунково зі статичного вимірювання на гирлі свердловин. Їх величини приведені до середини інтервалу перфорації, який пересічно відповідав або був близьким до відмітки середини висоти покладу в конкретній свердловині. Аналіз представлених величин пластового тиску показав, що половина з них розташована праворуч від проведеної лінії і відповідає фізиці явища розподілу тиску у газовому середовищі (рис. 1). Решта значень виявилися невідновленими або свердловини не були належним чином підготовленими до проведення досліджень. Тобто на їх вибоях була присутня вода, а рівняння припливу газу описувалося трьохчленною формулою. В актах на дослідження свердловин відсутні відомості про дослідження свердловин методом неусталених припливів.

Варто також зауважити, що в процесі досліджень свердловин 3-Дбн (НД-10), 8-Дбн (НД-14), 10-Дбн (НД-7), 13-Дбн (НД-9), 17-Дбн (НД-12, НД-10, НД-9) отримали припливи води різного дебіту, проте у актах на дослідження не вказано величини пластового тиску, відповідно їх результати неможливо використати для аналізу баричних умов залягання покладів.

Відклади нижньодашавської підсвіти в межах Південно-Рудківської площі характеризуються тонким перешаруванням 1÷2-метрових пропластків пісковиків, алевролітів, аргілітів і глин. Пісковики і алевроліти – сірі і світло-сірі, дрібно- та різнозернисті, кварцеві і поліміктові, глинисті, вапнисті, пористі, шаруваті та косошаруваті. Глини і аргіліти – сірі і темносірі, піскуваті, вапнисті, слюдисті, шаруваті, з включеннями піриту. Нижньодашавським горизонтам властиві значні зміни піскуватості (5-40 % від загальної товщини горизонту) як по латералі, так і по розрізу.

Для горизонтів НД-1÷НД-9 характерна велика кількість пісковиків товщиною 10 м і більше. Вони добре витримані за площею поширення і за наявності пасток акумулюють промислові поклади газу (Рудківське родовище). Горизонти НД-10÷НД-16 за літологічним складом і колекторськими властивостями є неоднорідними. Їх розріз більш тонкошаруватий і різко менше піскуватий. Товщина окремих прошарків пісковиків може змінюватися від 1,5 м до кількох сантиметрів. За даними ГДС в західній частині площі товщина цих прошарків збільшується до 5-10 м при пористості пісковиків 14-18%.

В розрізі нижньодашавської підсвіти піщано-алевролітові пачки часто розділені горизонтами глин з туфитами товщиною 5-10 м, які можуть слугувати непроникними покриттями для покладів газу.

Пошукова свердловина 2-Пд.Рудківська, глибиною 1768 м, пробурена на Малинівській структурі у висячому крилі Судово-Вишнянського скидо-зсуву з метою пошуків покладів газу в нижньодашавських горизонтах НД-9–НД-16 і в карпатій-верхньоюрських відкладах. За результатами випробування низки об'єктів, з інтервалу 1519-1546 м (НД-13) отримано приплив газу дебітом 2,1-3,2 тис. м<sup>3</sup>/добу за депресії на пласт 9,32-10,73 МПа, що становила 69,7-80,3 % від величини пластового тиску (13,37 МПа). Останній було розраховано за статичним вимірюванням на гирлі свердловини. Відповідну до глибини залягання точку нанесено на рисунок 1. Вона знаходиться зліва від проведеної лінії розподілу тиску. Враховуючи метод визначення величини тиску, а саме його розрахунок, можна припустити, що він є заниженим. Можливо також припустити наявність на вибої свердловини води, яку неможливо винести на денну поверхню за низьких дебітів газу.

В підсумку необхідно відзначити, що багаторічна розробка покладів газу виявлених в нижньосарматських горизонтах північно-західної частини Більче-Волицької зони не вплинула на розподіл тиску в сармат-баденському гідрогеологічному поверсі. За такої умови в процесі складання геолого-економічної оцінки запасів вуглеводнів та плануванні бурових

робіт визначення початкових пластових тисків необхідно проводити з врахуванням їх розподілу у водяному басейні сарматських відкладів.

**Список використаних джерел:**

1. Атлас родовищ нафти і газу України в 6-ти томах. Т. IV. Західний нафтогазоносний регіон. УНГА. – Львів, 1998. – 328 с.

2. Колодій В.В. Карпатська нафтогазоносна провінція [Текст] / В.В. Колодій, Г.Ю. Бойко, Л.Т. Бойчевська та ін. – Львів-Київ : ТОВ “Український видавничий центр”, 2004. – 390 с.

3. Новосілецький Р.М. Пластові тиски флюїдів у надрах України [Текст] / Р.М. Новосілецький. – М., 1969. – 164 с.



## ГЕОДИНАМІКА ТА ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ КОРИ ЗАХОДУ УКРАЇНИ І ЕНЕРГОРЕСУРСИ

*Назаревич А.В.<sup>1</sup>, к. фіз.-мат. н., с.н.с. nazarevych.a@gmail.com;*

*Назаревич Л.Є.<sup>2</sup>, к. геол. н., nazarevych.L@gmail.com;*

*Скакальська Л.В.<sup>1</sup>, к. фіз.-мат. н., skakalska.sbigph@gmail.com;*

*Назаревич Р.А.<sup>3</sup>, аспірант, leMBERg.rn@gmail.com;*

*1 – Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, (КВ ІГФ НАНУ), Львів, Україна,*

*2 – Інститут геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, відділ сейсмічності Карпатського регіону (ІГФ НАНУ, ВСКР), Львів, Україна,*

*3 – Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна*

Проаналізовано геодинаміку та температурний режим кори заходу України у зв'язку з її глибинною будовою, рельєфом і пошуками вуглеводневих та гідротермальних енергоресурсів. Показано, що вуглеводневі ресурси пов'язані в першу чергу з загальним геодинамічним процесом формування земної кори регіону і з його основною – альпійською/карпатською складовою. Гідротермальні ресурси пов'язані в основному з астенолітною складовою регіонального геодинамічного процесу і зосереджені переважно у Закарпатті. Помітний вплив на формування структур кори заходу України (зокрема, Карпатського регіону) і на особливості його нафтогазоносності мала і терейнова складовою регіонального геодинамічного процесу. Дослідження і врахування температурного режиму горизонтів земної кори регіону також є важливим при пошуках та видобуванні вуглеводнів та геотермальних ресурсів, зокрема, при прогнозуванні нафтогазоносності розрізів свердловин за каротажними і керновими даними. Для отримання результатів усіх названих досліджень активно використовуються комп'ютерні та ГІС технології – як загальнодоступні, так і спеціально розроблені авторами.

## GEODYNAMICS AND TEMPERATURE REGIME OF THE CRUST OF WESTERN UKRAINE AND ENERGY RESOURCES

*Nazarevych A.<sup>1</sup>, PhD in physics and mathematics (geophysics), Assoc. Prof., nazarevych.a@gmail.com;*

*Nazarevych L.<sup>2</sup>, PhD in geology (geophysics), nazarevych.l@gmail.com;*

*Skakalska L.<sup>1</sup>, PhD in physics and mathematics (geophysics), skakalska.sbigph@gmail.com,*

*Nazarevych R.<sup>3</sup>, postgraduate, leMBERg.rn@gmail.com,*

*1 – Carpathian Branch of S.I.Subbotin name Institute of Geophysics of NAS of Ukraine (CB IGPh NASU), Lviv, Ukraine;*

*2 – S.I.Subbotin name Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, Department of seismicity of the Carpathian region (IGPh NASU, DSCR), Lviv, Ukraine;*

*3 – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine*

The geodynamics and temperature regime of the crust of western Ukraine were analyzed in connection with its deep structure, relief and the search for hydrocarbon and hydrothermal energy resources. It is shown that hydrocarbon resources are primarily related to the general geodynamic process of the formation of the earth's crust in the region and to its main Alpine/Carpathian component. Hydrothermal resources are mainly associated with the asthenolitic component of the regional geodynamic process and are concentrated mainly in Transcarpathians. The terrain component of the regional geodynamic process also had a noticeable influence on the formation of the crustal structures of western Ukraine (in particular, the Carpathian region) and on the peculiarities of its oil and gas potential. Studying and taking into account the temperature regime of the horizons of the earth's crust in the region is also important in the search and extraction of hydrocarbons, in particular, in predicting the oil and gas potential of well sections based on logging and core data. To obtain the results of all mentioned studies, computer and GIS technologies are actively used – both publicly available and specially developed by the authors.

Вступ. Геодинамічна еволюція земної кори нафтогазоносних регіонів є основним фактором формування наявних там покладів вуглеводнів. Вона спричиняє конкретну тектонічну будову земної кори регіону з наявністю там пасток вуглеводнів (порід-колекторів і покришок), джерел цих вуглеводнів (відкладів органіки), розломних структур – шляхів їх міграції (у т.ч. і для вуглеводнів глибинного неорганічного походження) тощо. Все сказане повною мірою стосується і регіону заходу України (так званого Західного нафтогазоносного регіону – ЗНГР). Тому аналіз регіональної геодинаміки і глибинної будови горизонтів кори, у т.ч. з залученням найновіших даних, дає можливість краще намітити найперспективніші шляхи нарощування розвіданих запасів вуглеводнів у регіоні. Врахування тонких часово-просторових особливостей регіональних геодинамічних процесів та особливостей сучасного і палеотемпературного режиму горизонтів кори забезпечує підвищення ефективності

пошуків конкретних нафтогазоносних структур і покладів вуглеводнів, зокрема, удосконалення методик прогнозування нафтогазоносності розрізів свердловин. Це також допомагає краще прогнозувати просторовий розподіл нетрадиційних – гідротермальних ресурсів, що особливо актуально для південної частини західного регіону України – для території Закарпаття. Оскільки одним з відображень різних геодинамічних процесів є розподіл температур у глибинах земної кори, він також певним чином пов'язаний з генерацією, міграцією та накопиченням покладів вуглеводнів та тісно – з глибинно-просторовим розподілом гідротермальних ресурсів. Короткий виклад перелічених аспектів названої проблематики наведено нижче.

**Геодинаміка літосфери заходу України.** Як відомо (див. [1-46] та ін.), будова земної кори заходу України формувалась впродовж довгого геологічного періоду – від архею до даного часу. Нами на основі аналізу та узагальнення даних численних (у т.ч. власних) геолого-геофізичних, геоморфологічних та геодезичних досліджень встановлено (див. [1-25] та ін.), що, зокрема, в найбільш багатій на нафтогазові поклади південній частині регіону – у зоні Українських Карпат в альпійський і постальпійський час діють три характерні складові регіонального геодинамічного процесу – альпійська/карпатська, терейнова та астенолітна. Перша з них пов'язана з глобальним плитово-тектонічним процесом, в Карпатському регіоні України виражається у зміщенні на північний схід земної кори всієї Паннонії і, зокрема, Закарпатського прогину, і насуванні на занурений, грабеноподібний за будовою південно-західний край Східноєвропейської платформи карпатських насувів і складок, вона є основною у формуванні гірської структури Українських Карпат. Виділена недавно за геодезичними даними друга – терейнова складова проявляється у зміщенні кори Закарпатського прогину на схід (деякими дослідниками визначається як східна ротаційна складова спільного руху терейнів Алькапа і Тися-Дакія [37]) і проявляється в Українських Карпатах рядом меридіональних та меридіонально-дугових структур рельєфу ([22-24] та ін.). Третя складова – астенолітна – спричинена рухом на північний схід одного з горизонтальних конвективних потоків від астеноліта під Паннонією [1-4, 8-10, 12-15, 22-24, 27-29, 35-37], в Карпатському регіоні України вона простежується за неогеновим вулканізмом та формуванням Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма [35, 39], просторовою перебудовою процесів денудації і осадонагромадження в Закарпатському прогині [8], наявністю зони сильного (до 55-65 км) занурення поверхні Мохо в районі центрально-західної прикарпатської частини Передкарпатського прогину з простеженням тут кількох субграниць Мохо і коро-мантіїної суміші [26, 28], особливістю сучасних вертикальних рухів земної кори заходу регіону [3, 4, 31, 37], наявністю підзон знижених швидкостей у корі Закарпаття ([1-4, 8-10, 13-15, 28] та ін.) та зон підвищеної провідності в корі і в мантії регіону [1-4, 13-15, 32].

**Особливості сучасних тектонічних процесів у зонах родовищ Передкарпаття.** Такі особливості добре відображаються, зокрема, місцевою короною сейсмічністю, що відображає концентрацію тектонічних напружень на конкретних геологічних структурах, геомеханічні та структурні характеристики порід цих структур (зокрема, пористість, флюїдозаповненість та ін.). Нами проаналізовано особливості коронової сейсмічності і сучасної сейсмотектонічної активізації основних нафтогазоносних зон Передкарпаття (Борислав, Долина, Надвірна та ін.) [16-19, 21]. Зокрема, встановлено (див. [19, 21]), що індуковані землетруси у зонах родовищ відбуваються в оточенні нафтогазоносних структур (зверху, знизу, з боків) – на перетинаючих нафтогазоносні структури розломах та різнорангових розривних порушеннях, на поверхнях наявних там насувів і складок, а в зонах самих покладів такі землетруси відсутні. Це вказує на специфіку взаємодії тектонічних напружень з такими нафтогазоносними структурами, зокрема, на значний вплив на ці процеси флюїдного режиму цих структур, змінюваного у процесі видобування вуглеводнів.

**Температурний режим кори заходу України.** Одним з важливих факторів, що визначають особливості розподілу родовищ вуглеводнів і гідротермальних ресурсів, як уже зазначалося, є температурний режим горизонтів земної кори. У західному регіоні України цей режим має значну диференціацію, пов'язану з впливом астенолітної складової регіонального геодинамічного процесу [28, 29, 42-45].

Стосовно загальних оцінок температурного режиму земної кори та гідротермальних

ресурсів Заходу України слід відзначити, що у порівнянні з Передкарпаттям і Складчастими Карпатами, де теплові потоки коливаються в основному в межах 50-70 мВт/м<sup>2</sup>, у Закарпатському прогині спостерігаються підвищені і високі значення теплових потоків (90-130 мВт/м<sup>2</sup>). Максимальні значення (до 100-130 мВт/м<sup>2</sup>) зареєстровано в межах молодих пліоцен-четвертинних зон вулканічної активності. Глибинні температури в таких зонах (за даними свердловинних досліджень) сягають 70 °С на глибинах 1 км і 170-210 °С на глибинах до 3 км. За геофізичними даними температури в корі Закарпатського прогину для глибин 10-12 км оцінюються в межах до 400-450 °С [13, 28, 29, 32, 42-45].

Щодо Передкарпаття і краю Східноєвропейської платформи, то за даними різних [28, 42-45], у т.ч і наших досліджень [10, 20], глибинний тепловий потік тут набагато менший (здебільшого 50-60 мВт/м<sup>2</sup>) і, відповідно, значно менші температури глибинних горизонтів кори (це порядку 40-50 °С на глибинах 1,5-2 км).

**Геотермальні ресурси Закарпаття.** Одним з найбільш перспективних щодо геотермальних ресурсів регіонів України є Закарпаття. Тут, за геологічними і геофізичними даними, на глибинах до 3-х км температура гірських порід сягає 170-210 °С [10, 20, 28, 42-45], що пов'язане з впливом північно-східного конвективного потоку від астеноліта під Паннонією. Ресурси термальних підземних вод поширені на значній території області, однак більшість розвіданих придатна тільки для бальнеології через відносно низькі температури (до 70 °С). На сьогодні в межах Закарпаття пробурено, обладнано та протестовано близько трьох десятків гідротермальних свердловин глибиною до 1500 метрів (переважно у Іршавському, Берегівському, Ужгородському, Хустському та Виноградівському районах) [10, 20, 42-46], термальні води з яких активно використовують санаторії, водолікарні та оздоровчі заклади. Найбільш відомі діючі рекреаційні заклади: термальний курорт “Косино” (комплекс “Термальні води”, “Аквапарк” та “Еко-Термал”), рекреаційно-спортивна база “Закарпаття” і термальний комплекс “Жайворонок” у м. Берегово, санаторій “Теплиця” на Виноградівщині, бальнеологічний курорт “Теплі Води” в с. Велятино в Хустському районі, термальні комплекси “Золота Гора”, “Термал Стар” та “Деренівська купель” на Ужгородщині та ін.

На перспективу планується використання унікального потенціалу геотермальних ресурсів Закарпаття для тепло- та електроенергетики, в цьому напрямку започатковано ряд проектів, які перебувають на різних стадіях розробки та реалізації ([46] та ін). Підґрунтям для інтенсифікації використання гідротермальних ресурсів у Закарпатті є наявність встановленої нами під західною та центральною частинами Закарпатського прогину потужної тріщинуватої флюїдонасиченої гідротермальної зони (розмірами близько 90÷120×30÷50) км на глибинах 7-14 км (геофізичні оцінки дають тут температури до 400-450 °С), пов'язаної численними субвертикальними геодинамічно активними розломами з приповерхневими осадовими товщами на глибинах 1-3 км [13-15]. Саме пошуки таких перспективних приповерхневих гідротермальних зон, пов'язаних розломами з високоресурсною глибинною гідротермальною зоною, є одним із завдань наших досліджень.

Ще одним з перспективних напрямків досліджень геотермів Закарпаття є поглиблення знань про розчинені в тамтешніх глибинних флюїдах солі різних металів (з подальшим виходом на розробку технологій їх видобування), у тому числі золота, враховуючи глибинне флюїдно-гідротермальне походження відомих Берегово-Мужієвського і Беганського золотополіметалевих родовищ [42]. З точки зору екологічно безпечного використання геотермальних ресурсів Закарпаття, Карпат і Передкарпаття, важливим є контроль хімічного складу і часто підвищеної природної радіоактивності як самих глибинних флюїдів, так і вміщуючих, особливо, вулканічних порід.

**Температурний режим зон нафтогазових родовищ заходу України.** Дослідження та врахування температурного режиму масивів порід у зонах нафтогазових родовищ заходу України є важливим у різних аспектах. Цей режим впливає як на особливості флюїдного режиму цих масивів порід, так і на петрофізичні характеристики самих порід ([34, 42] та ін.). Врахування цього є потрібним, зокрема, при прогнозуванні нафтогазоносності розрізів свердловин за каротажами та керновими даними [47-50]. Встановлення за результатами спеціальних досліджень і подальше використання у прогнозуванні відповідних

температурних поправок для різних петрофізичних характеристик порід забезпечує значне підвищення надійності такого прогнозування, у першу чергу щодо розрізнення таких типів флюїдів –заповнювачів пор порід, як нафта і вода. Хоча у зв'язку з відносно невеликими температурами порід у зонах родовищ нафти і газу Передкарпаття [40, 41] такі поправки тут часто можуть бути відносно невеликими, все ж вони здатні суттєво уточнити результати прогнозування, особливо щодо розрізнення нафти і води у розрізах свердловин. З подальшим розширенням нафтогазопошукових досліджень на все глибші горизонти кори регіону актуальність врахування таких поправок буде зростати. Також їх врахування є ще більш актуальним для Закарпаття, враховуючи суттєво більші тут глибинні температури у зонах наявних і потенційних пасток вуглеводнів та гідротермальних ресурсів. Розрахунки таких температурних поправок, як і інші з перелічених вище досліджень проводяться з активним використанням сучасних комп'ютерних та ГІС технологій і відповідних програмних засобів – як загальнодоступних, так і спеціально розроблених авторами [11, 25, 47-50].

**Висновки.** Підсумовуючи викладене, зазначимо, що вивчення і врахування впливу місцевих геодинамічних процесів на особливості глибинної будови та температурний режим кори заходу України у зв'язку з пошуками вуглеводневих та гідротермальних енергоресурсів залишається актуальним завданням, враховуючи нові виклики і нові дані щодо цих питань, отримані в процесі таких досліджень за останні роки.

#### **Список використаних джерел:**

1. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є., Ковалишин З.І. Природа підзони знижених швидкостей у “гранітах” кори Закарпаття та її перспективні ресурси. Вісник Львів. ун-ту. Сер. геол. 2002. Вип. 15. С. 119-125.
2. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є. Глибинні пастково-колекторські тектонічні структури в літосфері Карпатського регіону України: природа, походження і перспективні ресурси. Наук. вісник Ів.-Франк. нац. техн. ун-ту. нафти і газу. 2002. № 3(4). С. 10-21.
3. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є. Геодинаміка літосфери заходу Закарпаття за комплексом даних. Геодинаміка. 2004. № 1 (4). С. 45-53.
4. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є. Сейсмічність і геодинаміка зони III (транскарпатського) транспортного коридору (Мукачеве – Свалява – Сколе). Теоретичні та прикладні проблеми геоінформатики. Київ. 2007. С. 159-166.
5. Назаревич Л.Є., Стародуб Г.Р. Деякі особливості сейсмічного процесу в Карпатському регіоні України (40 років спостережень). Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. Київ. 2010. С. 286-299.
6. Назаревич А.В., Мицик Б.Г., Баштевич М.В., Назаревич Р.В. Деформографічні дослідження сейсмотектонічних процесів в Українському Закарпатті (геоінформаційні аспекти). IX International Conference “Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspekts” / 11-14 May 2010, Kyiv, Ukraine (CD). DOI: 10.3997/2214-4609.201402802.
7. Назаревич Р., Мархивка В., Струк Є., Назаревич А. Конвертація та препроцесинг даних деформографічного моніторингу. Вісник НУ “Львівська політехніка” “Комп'ютерні науки та інформаційні технології”. 2011. № 694. С. 334-340.
8. Лозиняк П.Ю., Назаревич А.В., Назаревич Л.Є. Неогенова та сучасна геодинаміка і сейсмічність літосфери Закарпаття. Геодинаміка. 2011. 2 (11). С. 170-172. DOI: 10.23939/jgd2011.02.170.
9. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Сейсмічність і деякі особливості сейсмотектоніки Українських Карпат. Геодинаміка. 2012. № 1(12). С. 145-151. DOI: 10.23939/jgd2012. 01.145.
10. Назаревич А.В., Микита А.Ю. Геотермічний метод у сейсмопрогностичних дослідженнях у Закарпатті. Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка. Геологія. 2012. № 58. С. 16-19.
11. Morozov Yu., Nazarevych R., Nazarevych A., Struk Ye., Markhyvka V. Software of internet portal of geophysical monitoring. Вісник НУ “Львівська політехніка” “Комп'ютерні науки та інформаційні технології”. 2014. № 800. С. 228-238.
12. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є., Шлапінський В.Є. Сейсмічність, геологія, сейсмотектоніка і геодинаміка району Теремле-Ріцької ГЕС (Українське Закарпаття). Геодинаміка. 2016. № 1(20). С. 170-192. DOI: 10.23939/jgd2016.01.170.



13. Kováčiková S., Logvinov I., Nazarevych A., Nazarevych L., Pek J., Tarasov V., Kalenda P. Seismic activity and deep conductivity structure of the Eastern Carpathians. *Stud. Geophys. Geod.*, 2016, 60, 280-296, DOI: 10.1007/s11200-014-0942-y.
14. Назаревич А., Назаревич Л. Особливості геодинаміки, сеймотектоніки і сейсмічності та перспективні енергоресурси Карпатського регіону України. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2017. № 1-2 (170-171). С. 113-114.
15. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є. Про перспективні гідротермальні ресурси Карпатського регіону. 16-а Міжнародна науково-практична конференція “Ресурси природних вод Карпатського регіону (проблеми охорони та раціонального використання)”. Збірник наукових статей. 25-26 травня 2017 р., м. Львів. Львів. 2017. С. 170-172.
16. Назаревич Л.Є., Ніщименко І.М., Назаревич А.В., Олійник Г.І. Сейсмогеодинамічна активізація Бориславського нафтогазоносного району як фактор екологічного ризику. “ЕКОГЕОФОРУМ-2017. Актуальні проблеми та інновації”. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 22-25 березня 2017 р., м. Івано-Франківськ. Івано-Франківськ. 2017. С. 192-194.
17. Назаревич Л., Ніщименко І., Назаревич А. Сейсмічність Бориславської зони. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2017. № 1-2 (170-171). С.113-114.
18. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Природна і техногенна сейсмічність району Борислава як фактор екологічного ризику. Матеріали X-ї міжнародної науково-практичної конференції «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні». 1-3 жовтня 2020 р., м. Ужгород. Ужгород. 2020. С. 3-6.
19. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Сейсмогеодинамічна активізація нафтогазоносних районів Передкарпатського прогину (Долина, Надвірна, Борислав). *Мінеральні ресурси України*. 2018. № 2. С. 36-42, DOI: 10.31996/mru.2018.2.36-42.
20. Назаревич А.В. До проблеми підвищення глибинності, чутливості і точності моніторингових та нафтогазопошукових свердловинних геотермічних досліджень. *Геодинаміка*. 2018. № 1(24). С. 60-79. DOI: 10.23939/jgd2018.01.060.
21. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Нові дані про сейсмічність в зонах Тинівського і Північно-Долинського родовищ Передкарпаття. Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування.» (2021 р., м. Львів). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). К.: ДКЗ, 2021. Т. 2. С. 216-222.
22. Nazarevych A.V., Nazarevych L.Ye., Bayrak G.R., Pyrizhok N.B. Seismotectonics of the Oash and Transcarpathian deep faults junction zone (Ukrainian Transcarpathians). *Geodynamics*. 2022. 2(33). P. 99–114. DOI: 10.23939/jgd2022.02.100.
23. Sheremeta P.M., Nazarevych A.V., Nazarevych L.Ye. (2023). Earth crust of eastern segment of Ukrainian Carpathians according to data on the regional profile RP-5: structure, geodynamics, oil and gas bearing. *Geodynamics*. 2(35). DOI: 10.23939/jgd2023.02.106.
24. Назаревич А. Субмеридіонально-дугові структури у рельєфі та різномасштабних розривних порушеннях у зоні Східних Бескидів і терейнова геодинаміка Українських Карпат. Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. 2024. Вип. 1 (16), С. 65-94. DOI 10.30970/gpc.2024.1.4429.
25. Nazarevych A., Nazarevych L., Nazarevych R. The use of data on the lithosphere velocity structure and modern computer technologies in the hypocentering of earthquakes of Western Ukraine. International Conference of Young Professionals “GeoTerrace-2024” 7-9 October 2024, Lviv, Ukraine. (in print).
26. Строение земной коры и верхней мантии Центральной и Восточной Европы / Соллогуб В.Б., Гутерх А., Просен Д. и др. Киев: Наук. думка, 1978. 272 с.
27. Геодинамика Карпат. Круглов С.С., Смирнов С.Е., Спитковская С.М., Фильштинский Л.Е., Хижняков А.В. Киев: Наук. думка, 1985. 136 с.
28. Литосфера Центральной и Восточной Европы. Под ред. А.В.Чекунова. К.: Наук. думка. Т. 1-6. 1987-1993.
29. Чекунов А.В. Эволюция астенолитов и ее геологические следствия. Докл. АН УССР. Сер Б. 1988, № 3, с. 30-34.
30. Бойко Г.Ю., Лозиняк П.Ю., Заяць Х.Б., Анікєєв С.Г., Петрашкевич М.Й., Колодій В.В., Гайванович О.П. Глибинна геологічна будова Карпатського регіону. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2003. № 2. С. 52-61.

31. Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат. Під ред. В.І. Старостенка. Київ: Наук. думка, 2005. 256 с.
32. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Ковачикова С., Логвинов И.М., Тарасов В.М., Усенко О.В. Украинские Карпаты (геофизика, глубинные процессы). Киев: Логос, 2011. 129 с.
33. Заяць Х.Б. Глибинна будова надр Західного регіону України на основі сейсмічних досліджень і напрямки пошукових робіт на нафту і газ. Львів: ЛВ УкрДГРІ, 2013. 136 с.
34. Корчин В.А., Буртний П.А., Коболев В.П. Термобарическое петрофизическое моделирование в геофизике. Киев: Наук. думка, 2013. 312 с.
35. Ляшкевич, З.М. Еволюція та генезис кайнозойського вулканізму Панкардії. Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Геологія. 2014, 3 (66), 21–26.
36. Kiss J. (2014). Plate tectonics, volcanism and magnetic anomaly map of Carpathian-Pannonian Region. *Magyar Geofizika*. 55/2, 51-81 (in Hungarian).
37. Сучасна геодинаміка та геофізичні поля Карпат і суміжних територій : монографія. / Ред.: К.Р. Третяк, В.Ю. Максимчук, Р.І. Кутас. Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка". 2015. 420 с.
38. Крупський Ю.З. Геологія і нафтогазоносність Західного регіону України. Львів: Сполом, 2020. 256 с.
39. Кравчук Я. С. Рельєф Українських Карпат: монографія. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2021. 576 с.
40. Атлас родовищ нафти і газу України. В шести томах. Т. V: Західний нафтогазоносний регіон. Львів : УНГА, 1998. 710 с.
41. Куровець І.М., Сеньковський І.М., Михайлов В.А., Дригант Д.М., Крупський Ю.З, Гладун В.В., Чепіль П.М., Гулій В.М., Куровець С.С., Шлапінський В.С., Шлапінський Ю.В., Колтун Ю.В., Чепіль В.П., Бодлак В.П. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України : Монографія. : У восьми томах. Книга II. Західний нафтогазоносний регіон. Київ : Ніка-Центр, 2014. 400 с.
42. Ковалишин З.И, Братусь М.Д. Флюидный режим гидротермальных процессов Закарпатья. Київ: Наук. думка, 1984. 86 с.
43. Кутас Р.И., Гордиенко В.В. Тепловое поле Украины. Киев: Наук. думка, 1971. 112 с.
44. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В, Завгородняя О.В., Усенко О.В. Тепловое поле территории Украины. Киев: Знание Украины, 2002. 170 с.
45. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Логвинов И.М., Тарасов В.Н., Усенко О.В. Геотермический атлас Украины. Киев: ИГФ. 2004. 59 с.
46. Поп С.С., Шароді І.С., Шароді Ю.В. Освоєння відновлюваних енергетичних ресурсів – шлях до енергонезалежності Закарпаття. Зелені Карпати. Рахів: 2017. №1-4. С. 106-110.
47. Скакальська Л.В., Назаревич А.В., Струк Є.С. Алгоритми та програми обробки каротажних даних у прогнозуванні нафтогазоносності порід. Вісник НУ “Львівська політехніка”. “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”. 2017. № 864. С. 210-221.
48. Скакальська Л.В., Назаревич А.В., Косарчин В.І. Теоретико-емпірична методика прогнозування вуглеводнів у розрізах свердловин з базовим параметром стисливістю. Мінеральні ресурси України. 2018. № 4. С. 18-25, DOI: 10.31996/mru.2018.4.18-25.
49. Скакальська л.в. Прогнозування пружних характеристик та нафтогазоводонасиченості порід у розрізах свердловин за даними акустичного каротажу і кернових досліджень. Автореф. дис. ... кандидата фіз.-мат. наук. Київ: ІГФ НАН України, 2021, 22 с.
50. Skakalska L., Nazarevych A., Kosarchyn V. The theoretical-empirical technique of hydrocarbons prediction in wells sections. New aspects. *Геофіз. журн.* 2021. 43, №1. С. 160-180. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v43i1.2021.225545.

## НОВІ НАПРЯМКИ ПОШУКОВИХ РОБІТ НА НАФТУ І ГАЗ У СКИБОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

*Думенко С.С., dumenkos@gmail.com;*

*Хомин В.Р., д. геол. н., професор, volodymyr.khomyn@nung.edu.ua;  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
Івано-Франківськ, Україна*

**Анотація.** Забезпечення енергетичної незалежності нашої країни гостро стоїть починаючи з першого дня незалежності. Протягом останнього десятиліття було досягнуто значних результатів в аспектах осучаснення національного законодавства в сфері надрокористування, спрощено цілий ряд процедур та досягнуто більш прозорих умов для ведення бізнесу. У відповідь на це, підприємства та організації що діють на ринку зуміли закласти тренд на масштабування нафтогазопошукових робіт та, подекуди, вже проглядаються перші результати цих робіт у вигляді відкриття нових родовищ. Враховуючи значну інерційність процесів в нафтогазовій галузі, важливим аспектом успішності закладеного тренду є обґрунтування та створення ресурсної бази, що могла б забезпечити геологорозвідувальні підприємства достатньою кількістю якісних пошукових об'єктів. Особлива увага повинна зосереджуватись на напрямках, що можуть дати значні за обсягом запасів відкриття. Освоєння нових, значних за запасами родовищ корисних копалин може стати основою розвитку економіки. Саме тому обґрунтування нових напрямків пошукових робіт для нарощення сировинної бази України є критично важливим аспектом для розвитку національної економіки під час війни та у післявоєнний період.

## NEW EXPLORATION OPPORTUNITIES FOR OIL AND GAS IN SKYBA ZONE OF UKRAINIAN CARPATHIANS

*Dumenko S., dumenkos@gmail.com;*

*Khomyn V., Dr. Sci. (Geol.), Professor, volodymyr.khomyn@nung.edu.ua;  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

**Abstract.** Development of energy independence for our country is the key matter from the first day of independence. In the last decade, significant results have been achieved in the aspects of modernization of national legislation in the area of subsoil use, a number of procedures have been simplified and more transparent conditions for doing business have been achieved. In response to this, enterprises and organizations operating on the market were able to set a trend for scaling up oil and gas exploration, and in some places, the first results of this work are already being seen in the form of new oil&gas discoveries. Considering the significant inertia of processes in the oil and gas industry, an important aspect for further success of the established trend should be development of a significant resource base that can provide companies with a sufficient number of high-quality exploration objects. Special attention should be focused on the areas that can lead to discovery of significant reserves. Development of new significant mineral deposits can become the basis for economic development. Thus, identification of new exploration areas for expansion of the mineral base in Ukraine is a critical aspect for stable development of the national economy during the war and in the post-war period.

**Вступ.** Якісне вивчення власної території та розумне використання природних ресурсів є запорукою сталого розвитку економіки будь-якої країни. Територія України є добре вивченою, а її надра є багатими на корисні копалини, зокрема вуглеводні. У свою чергу енергетична незалежність, складовою якої є видобуток вуглеводнів, вимагає дедалі більших зусиль. Підтримання обсягів видобутку нафти і газу потребує постійних пошукових робіт та відкриття нових запасів, а нарощення видобутку неможливе без відкриття нових напрямків пошуку, що можуть забезпечити виявлення нових, значних за запасами покладів. Одним із таких напрямків для Західного нафтогазоносного регіону (НГР) України може слугувати розширення пошукових робіт на Скибову зону Карпат, зокрема, у відкладах стрийської світи, що складає основний об'єм порід у цій зоні в межах глибин доступних для буріння.

**Виклад основного матеріалу.** На теренах Західного НГР найкращі колектори та найбільші родовища вуглеводнів приурочені до літологічно добре розчленованих порід палеогенового віку. Навколо палеогенових колекторів закономірно концентрувалися й основні дослідження спрямовані на вивчення продуктивних комплексів. Потужна та більш монотонна товща крейдових утворень та розподіл в ній піщанистості привертала значно менше уваги дослідників. Проте, як для палеогенових, так і для крейдових відкладів вивчення закономірностей поширення колекторських різностей тісно пов'язане з

визначенням умов їх осадконакопичення, місцеположення джерел зносу уламкового матеріалу, положення берегової лінії, будовою рельєфу дна басейну тощо.

Обмеженість вивченості піщаних горизонтів стрийської світи пов'язана як з більш складними поверхневими умовами, що за відсутності сучасних технологій обмежувало нафтогазопошукові роботи у гірській місцевості, так і з відсутністю вже відкритих великих родовищ вуглеводнів у цих відкладах, що зменшувало їх перспективність у очах дослідників. Крім того, значний вплив зумовила понад столітня плутаниця при стратифікації відкладів стрийської світи. У літературі починаючи з XIX століття ці породи зустрічаються під назвою «ропянецькі шари»; пізніше – «іноцерамові шари», що характеризує часті знахідки у цих відкладах іноцерамових скам'янілостей. Також існувала й інша назва для цих порід – «ієрогліфові шари» – за наявністю на поверхні нашарувань великої кількості ієрогліфів. З часом, коли стало зрозуміло що ієрогліфи характерні і для вищезалігаючих еоценових відкладів, почали виділяти верхні та нижні ієрогліфові шари. Як результат, різні назви цих порід паралельно існували протягом тривалого періоду та ускладнювали розчленування розрізу. Ще більшої плутаниці, судячи з усього, додавала наявність у монотонній товщі стрийської світи пачок потужних пісковиків, візуально дуже подібних до ямненських пісковиків палеоцену. Той факт, що ямненські пісковики узгоджено перекривають стрийську світу та знаходяться під манявською світою еоцену, яку, в свою чергу, дослідники також відносили до ієрогліфових шарів за наявністю на їх поверхні ієрогліфів, призвів до частих та серйозних помилок при вивченні мікропалеонтологічно бідного розрізу. Саме тому ямненські пісковики за палеонтологічними знахідками в масивних пісковиках стрийського віку довгий час відносили до верхньокрейдового періоду. А масивні пісковики що знаходяться в середині стрийської світи часто називали ямненськими. У суміші з мінливою товщиною піщаних комплексів стрийської світи та наявністю у її межах строкатого горизонту, що є подібним до яремчанського та манявського, виникають значні складнощі при розчленуванні стрийської світи, які подекуди не вирішені й сьогодні.

При вивченні світи найбільш широкого поширення набув її тричленний поділ, який у найбільш повній мірі відображає склад світи що спостерігається у виходах порід на денну поверхню та, відповідно, є найбільш практичним та надійним з точки зору літологічного розчленування товщі. Базуючись на безпосередніх спостереженнях у природних умовах, такий поділ знайшов своє місце у багатьох ранніх публікаціях що стосуються вивчення будови крейдових відкладів. Тричленного поділу притримувались такі вчені та дослідники як Калугін П.І., Мятлюк Є.В., Жураковський та інші [4, 5]. Такий поділ, поступово обростаючи палеонтологічним матеріалом, в подальшому ліг в основу багатьох відомих праць та досліджень [1-3, 6, 7]. Згідно нього, верхня та нижня підсвіти стрийської світи є переважно глинистими та можуть відігравати роль регіональних покришок. Тоді як масивні пісковики, що дослідниками часто плутались з ямненськими, займають положення у середньострийській підсвіті. Саме ці пісковики, на нашу думку, можуть слугувати промисловими колекторами для нафти і газу.

Тобто, опираючись на літературні джерела, можна стверджувати що у розрізі стрийських відкладів Скибової зони Карпат розвинута пачка пісковиків що, як мінімум візуально, дуже подібна до ямненських. На жаль, дана товща пісковиків, що часто згадується у працях геологів які проводили поверхневу геологічну зйомку, не вивчалась з точки зору її колекторських властивостей та, відповідно, перспектив промислової нафтогазоносності. Як відомо, пісковики ямненського віку є одними з основних колекторів промислового значення Західного НГР і, якщо візуальна схожість ямненських та стрийських пісковиків означатиме і подібність їх колекторських властивостей, то це б констатувало наявність ще одного неопшукowanego регіонально нафтогазоносного колектору промислового значення. Враховуючи що вивченість Скибової зони Карпат залишається низькою, відкриття ще одного регіонально розвинутого резервуару наряду з ямненським, вигодським та клівським пісковиками, задає новий пошуковий напрямок та може забезпечити відкриття значних за запасами родовищ вуглеводнів. Оскільки сьогодні на відклади стрийської світи припадає лише невелика частина видобутку вуглеводнів в регіоні, цю товщу можна вважати практично неопшукваною роботами на нафту і газ. Хоча на даному етапі її перспективність можна



пов'язувати з усією територією розвитку порід – від кордону з Румунією до кордону з Республікою Польща, основним питанням пошуків залишається проблема вивчення меж поширення найбільш кондиційних колекторів. Зібравши та проаналізувавши всю наявну інформацію, стає зрозуміло що ціленаправлених регіональних робіт з вивчення піщанистості верхньокрейдових відкладів в межах території України не проводилось. Тому цей перспективний напрямок потребує постановки додаткових цільових польових робіт, що могли б окреслити першочергові райони для подальших пошуків. Враховуючи чудову відслоненість розрізу та наявність детальних геологічних карт, авторами пропонується закласти ряд регіональних профілів вхрест Скибової зони з метою проведення більш детальних досліджень. Доступність порід розрізу на поверхні може дозволити дослідити візуальну подібність пісковиків верхньої крейди до яменських, оцінити їх потужність, площу поширення, та саме важливе – колекторські властивості цих порід у різних частинах Карпат.

Пропонується закласти маршрути з відстанню між перетинами 60-80 кілометрів та у межах цих перетинів дослідити відслонення та відібрати взірці з найбільш піщаних різновидів стрийської світи для подальшого дослідження у лабораторних умовах. Запропоновані перетини повинні по можливості рівномірно оцінити розріз стрийських відкладів в межах української частини Карпат. Попередньо вони закладаються вздовж річок Сирет, Прут, Свіча та Дністер, однак, в залежності від відслоненості порід та якості досліджуваних колекторів, можуть бути зміщені або ущільнені.

### **Висновки**

Аналіз геологорозвідувальних робіт попередніх років вказує та те, що основний акцент пошукових робіт необхідно робити на виділенні найбільш якісних колекторів та обґрунтуванні меж їх поширення. Авторами робиться глибокий аналіз вивченості колекторів стрийської світи Скибової зони Карпат як одного з пошукових напрямків який має перспективу відкриття нових, значних за запасами родовищ вуглеводнів. Робота обґрунтовує методи та напрямки подальших досліджень, ставляться конкретні задачі та формулюються подальші кроки необхідні для виділення першочергових площ для детальних геологорозвідувальних робіт. Вивчення розвитку в товщі стрийської світи пачок пісковиків подібних до яменських, наряду з повсемісною нафтогазоносністю цих порід, повинне стати одним з напрямків розвитку нафтогазопошукових робіт.

### **Список використаних джерел:**

1. Буров В.С. Геологическое строение и горючие ископаемые Украинских Карпат. М.:Недра. 1971. 371 с.
2. Вялов О.С., Гавура С.П., Даниш В.В. и другие. Стратотипы меловых и палеогеновых обложений Украинских Карпат. АН УССР. Институт геологии и геохимии горючих ископаемых. – Киев: Наукова думка, 1988. – 204 с. ISBN-5-12-000190-4/
3. Вялов О. С., Гавура С. П., Даныш В. В. и др. История геологического развития Украинских Карпат /– Киев : Наук. думка, 1981. – 180 с.
4. Жураковский А.Г. Стратиграфия, фации и нефтегазоносность меловых отложений Скибовой зоны Украинских Карпат. 1967. Львов. УкрНИГРИ
5. Калугін П.І. Стратиграфия и фации верхнемелового флиша Карпат, Борислав, 1950. Фонды УкрНИГРИ
6. Ляшевич З.В., Кузьмик Л.М., Бакала Р.І., Кроткова Г.Н. Геологическое строение и перспективы газоносности меловых отложений площади Выгода-Вытвица. *Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 1976. №13. С. 15-19.
7. Мончак Л.С., Хомин В.Р., Маєвський Б.Й., Шкіца Л.Є., Куровець С.С., Здерка Т.В., Стасик І. Газ шаруватих низько пористих верхньокрейдових порід (сланцевий газ) Скибових Карпат. *Геолог України*. 2012. №4. С. 56-62.

## РЕЗУЛЬТАТИ ПОПЕРЕДНЬОГО ПРОГНОЗУ ПОЛОЖЕННЯ КАТАГЕНЕТИЧНОГО ФЛЮІДОУПОРУ У РОЗРІЗІ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ПРИОСЬОВОЇ ЗОНИ ДДЗ

*Самойлов В.В., к. геол. н., vitaliy.samoilov@ugv.com.ua;*

*Троянова Г.І., ganna.troyanova@ugv.com.ua;*

*Безрук К.О., к. геол. н., katerina.bezruk@ugv.com.ua,*

*УкрНДГаз, м. Харків, Україна*

Наукове обґрунтування перспектив нижньо- та середньокам'яновугільних відкладів ділянки родовищ центральної приосьової зони Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) потребує вивчення термобаричної обстановки та виділення найбільш перспективних частин розрізу. Для виконання цієї задачі було залучено фактичні дані з розподілу пластових тисків і температур та напрацювань з теорії і методики їх прогнозу на невивчених структурах чи частинах розрізу. Проведено аналіз існуючого фактичного матеріалу у розрізі параметричних, пошукових, розвідувальних та експлуатаційних свердловин родовищ, а також суміжних з вказаною ділянкою площ. У високотемпературній частині розрізу для контролю і уточнення прогнозних розрахунків було додано фактичні матеріали з розподілу пластових температур, що були отримані і систематизовані за новими технічними рішеннями.

## RESULTS OF THE PRELIMINARY PREDICTION OF THE POSITION OF CATAGENETIC FLUID RESISTANCE IN THE SECTION OF THE CENTRAL NEAR-AXIAL ZONE OF DDZ

*Samoilov V., PhD (geology), vitaliy.samoilov@ugv.com.ua;*

*Troianova H., ganna.troyanova@ugv.com.ua;*

*Bezruk K., PhD (geology), katerina.bezruk@ugv.com.ua,*

*UkrNDIGas, Kharkiv, Ukraine*

The scientific substantiation of the prospects of the Lower and Middle Carboniferous deposits of the field area of the central axial zone of the Dnieper-Donetsk Depression (DDZ) required the study of the thermobaric situation and the identification of the most promising parts of the section. To perform this task, factual data on the distribution of formation pressures and temperatures and developments on the theory and methodology of their prediction on unexplored structures or parts of the section were involved, an analysis of the existing factual material in the context of parametric, exploratory, exploratory and production wells of fields, as well as areas adjacent to this site, was carried out. In the high-temperature part of the section, actual materials on the distribution of formation temperatures were added to control and refine the forecast calculations, which were obtained and systematized according to new technical solutions.

Нарощування ресурсної бази України потребує не тільки відкриття нових родовищ вуглеводнів, а також освоєння ще не розкритих покладів основної та глибинної зон газонакопичення. Для вирішення такої задачі важливим є проведення ретельного аналізу наявного фактичного матеріалу, серед якого важливу роль займає вивчення та подальший прогноз термобаричної обстановки у розрізі. Від кількості та якості отриманих в результаті аналізу та прогнозу даних залежить успішність проведення наступних етапів пошуково-розвідувальних робіт, буріння свердловин, розробки та інше.

Родовища центральної приосьової частини Дніпровсько-Донецької западини (з глибинами залягання дорифейського фундаменту 15-17 км) приурочені до двох головних ланцюжків солянокупольних структур між Лютенським та Харківським поперечними підняттями з предтріасовим рівнем вторгненням девонської солі й обмежені високоранговими глибинними розломами мантійного закладення [1]. Тут зосереджена більша частина запасів вуглеводнів (ВВ) [1]. Глибини залягання продуктивних горизонтів у вертикальному розрізі, безпосередньо під нижньопермським хомогенним флюїдоупором, відповідають нижньопермсько-верхньокам'яновугільному флюїдоносному комплексу. Поклади вуглеводнів відносяться до основної зони нафтогазонакопичення, що складена первинно-поровими колекторами та первинними флюїдоупорами. Їх формування на седиментогенному етапі та подальше перетворення в літогенетичному процесі (до градації МК<sub>2</sub>) відбувалось при температурах до 110 °С. У частинах розрізу з пластовими температурами понад 110 °С виділена глибинна зона переважного газонакопичення [2-4], у ДДЗ вона займає друге місце по запасах ВВ]. На глибинах с пластовими температурами від 110 °С до 120 °С на існуючому тут геохімічному бар'єрі між градаціями МК<sub>2</sub> и МК<sub>3</sub>

катагенезу внаслідок цементації порід сформований потужний вторинний катагенетичний флюїдоупор (КФУ). Поклади глибинної зони містяться у порово-тріщинних і тріщинних колекторах локальних вторинно розущільнених резервуарів. Осадова система цієї частини розрізу має великий потенціал флюїдогенерації з широким діапазоном змін пластових тисків і температур та відповідно літогенетичних перетворень від початкових стадій катагенезу до метагенезу включно.

У глибинній зоні при заповненні субвертикальних каналів міграції (від КФУ до підшови осадового чохла) вуглеводнями та іншими легкими новоутвореннями в останніх механізмом надлишкових тисків формуються аномально високі пластові тиски (АВПТ). Максимальні значення відношення пластового тиску до фонового гідростатичного можуть сягати 2, тобто рівня природного гідророзриву порід у ДДЗ. На сучасному інверсійному етапі розвитку ДДЗ в умовах підвищеної проникності розрізу рух ВВ, що мають потужний енергетичний потенціал, відбувається через супротив всіх флюїдоупорів, (навіть КФУ у зонах розтягнення), за виключенням нижньопермського хомогенного. Внаслідок дегазації всього нижчезалягаючого розрізу під первинним потужним нижньопермським флюїдоупором формуються поклади, які домінують в основній зоні нафтогазонакопичення приосьових родовищ ДДЗ. Відомо також, що у приосьовій частині рифту під КФУ потрапляють середньокам'яновугільні відклади з невисоким нафтогазогенераційним потенціалом, тому при катагенезі розсіяної органічної речовини і глинистих порід послаблюється дія механізму фазових перетворень. Вказані особливості розрізу зменшують також і процеси вторинного хімічного розущільнення порід під дією агресивних відроджених вод і утворення вторинних резервуарів на субвертикальних шляхах міграції флюїдів. У глибинній зоні значні поклади відсутні [5].

Вочевидь від розподілу пластових температур у розрізі залежить гідрогеологічна та гідродинамічна зональність. КФУ є своєрідним бар'єром, що розділяє елізійний та термодегідратаційний гідрогеологічні яруси другого гідрогеологічного поверху, зони раннього та пізнього катагенезу, основну зону нафтогазонакопичення з фоновими гідростатичними тисками та глибинну зону переважного газонакопичення з АВПТ. Таким чином, виділення положення глибинної та основної зон у розрізі дасть змогу спрогнозувати умови, в яких знаходяться відклади та надати попередню оцінку щодо їх перспектив стосовно нафтогазоносності. Вирішення цього питання проводилось шляхом встановлення глибин залягання ізотермічних поверхонь 110 °С до 120 °С – меж КФУ.

Територія досліджень простягається від Білухівського соляного штоку в південно-східному напрямку до Берецького штоку, а також з південного заходу від Кобзівського родовища на північний схід до Шебелинського родовища включно. Розрахунки та побудови виконувались, базуючись на фактичних даних про пластові тиски і температури у розрізі параметричних, пошукових, розвідувальних та експлуатаційних свердловин Кобзівського, Ланнівського, Кегичівського, Західно-Соснівського, Західно-Хрестищенського, Медведівського, Східно-Медведівського, Котлярівського, Червоноярського, Мелихівського, Західно-Єфремівського, Єфремівського, Західно-Шебелинського, Шебелинського, Північно-Волвенківського, Миролюбівського родовищ, а також суміжних з вказаною ділянкою площ. Для отримання термобаричної характеристики на ділянці Західно-Хрестищенського-Шебелинського родовищ були враховані попередні результати прогнозу, внесені деякі зміни, а також додані фактичні дані для нових площ та частин розрізу, що потребують такого аналізу.

Аналіз та прогноз термобаричної характеристики всього розрізу проводився почергово, починаючи з найбільш досліджених територій вказаних вище родовищ. Окремо для кожної площі та родовища розраховувалось положення КФУ та виконувались графічні побудови розподілу пластової температури у розрізі, далі ці дані стали основою для карт ізотермічних поверхонь 110 °С та 120 °С (рис. 1 і 2). Побудова карт виконувалась за технічної підтримки науковців геологорозвідувального відділу УкрНДІГазу.

На Західно-Хрестищенському родовищі розподіл пластових температур у розрізі досліджено у шістьох свердловинах, де проводився вимір термоградієнту, а також за даними точкових вимірів по інших свердловинах. Зміна пластових температур на однакових



глибинах спостерігається у залежності від розташування точки виміру на структурі, підвищуючись від перикліналі до склепіння. Положення ізотерм 110-120°C передбачається на глибинах 5780-6370 м. У цілому Західно-Хрещищенське родовище розташоване у низькотемпературній зоні по відношенню до інших сусідніх родовищ.

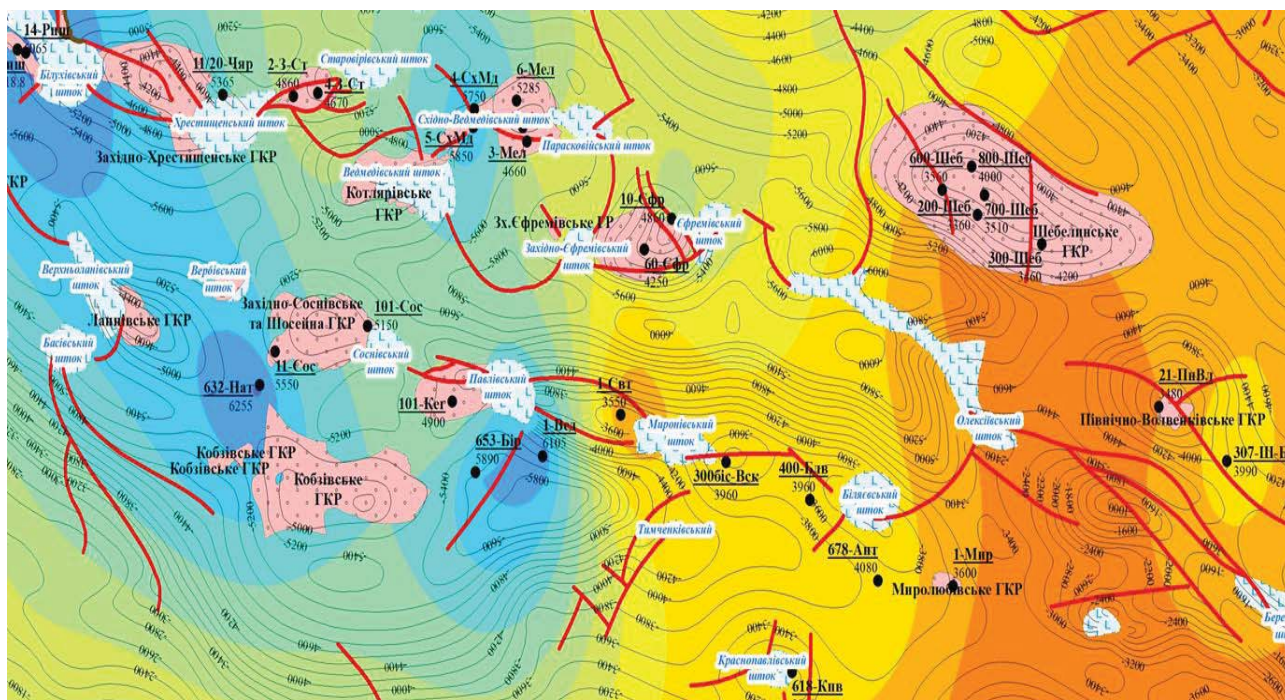


Рис. 1. Карта глибини ізотермічної поверхні 110 °С

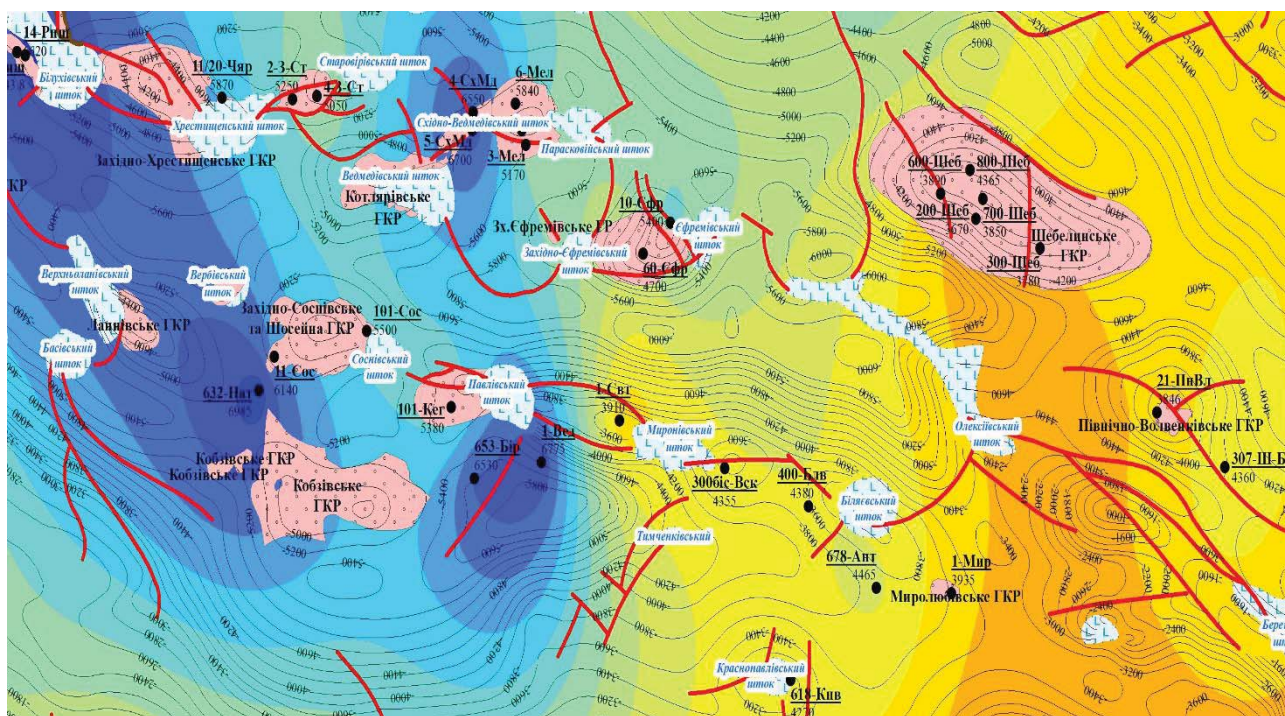


Рис. 2. Карта глибини ізотермічної поверхні 120 °С

Умовні позначення:

2 620 - 2 900
2 901 - 3 200
3 201 - 3 500
3 501 - 3 800
3 801 - 4 100
4 101 - 4 400
4 401 - 4 700
4 701 - 5 000

5 001 - 5 300
5 301 - 5 600
5 601 - 5 900
5 901 - 6 200
6 201 - 6 500
6 501 - 6 800
6 801 - 7 100

Родовище:

	- газове
	- газоконденсатне
	- нафтогазоконденсатне
	- газонафтове
	- нафтове

	- ізогіза відбивальних горизонтів карбону
	- крайовий розлом
	- розривне порушення
	- соляний шток



Для визначення характеру розподілу температур та надання прогнозного положення КФУ у розрізі Верхньо-Ланнівської та Східно-Ланнівської площ вивчались дані термограм, що були записані у восьми свердловинах. Для визначення положення КФУ була проведена інтерполяція наявних даних на більшу глибину. Прогнозне положення ізотерм покрівлі і підшви КФУ – відповідно 4190 м та 4600 м. На глибині 5815 м (покрівля горизонтів М-6-7) пластова температура буде дорівнювати 149,5°C.

Температурні умови у розрізі Кобзівського родовища досліджувалися за даними термоградиенту до глибини 3480 м та точкових вимірів. Згідно графічним побудовам у продуктивних покладах асельського ярусу мінімальна температура в апікальній частині горизонту А-5<sup>1</sup> дорівнюватиме 80,2 °С, а максимальна – 89,7°C на УГВК горизонту А-7<sup>1</sup>. Для горизонтів гжельського ярусу в апікальній частині горизонту Г-6<sup>1</sup> пластові температури за прогнозом змінюватимуться від 86,8 до 96,6°C на УГВК горизонту Г-6<sup>2</sup>. Прогнозне розраховане положення покрівлі і підшви КФУ відповідає глибинам 4850 м і 5400 м.

У процесі випробування свердловин виміри пластових тисків і температур на Червоноярському родовищі проводилися у продуктивній частині розкритого розрізу (горизонти А-8, Г-8, Г-9, Г-10, Г-11, Г-12, Г-13, К-1-2). З ціллю визначення геотермічного градиенту були залучені виміри електротермометром, а також точкові виміри пластових температур по чотирьох свердловинах. За цими даними до глибини 6500 м побудована усереднена термограма, згідно якій ізотерма 110 °С залягає на глибині 5600 м, а ізотерма 120 °С – на глибині 6200 м. Продуктивні горизонти нижньої пермі та верхнього карбону на Червоноярському родовищі розташовані вище, тобто належать до верхнього елізійного гідрогеологічного ярусу. У ньому флюїди містяться у горизонтах з первинними поровими колекторами, розвиток яких по площі і в розрізі визначається умовами седиментації.

Для визначення положення КФУ у розрізі Західно-Соснівського родовища були залучені дані з вимірів термоградиенту у трьох свердловинах, де на глибині 3700 м температура становила 72 °С, на глибині 3900 м – 77,3 °С, на глибині 3500 м - 75,1 °С. Прогноз розподілу температур у глибокому розрізі родовища виконано за усередненою термограмою, за даними якої межі КФУ відповідають глибинам 5500 м і 6100 м відповідно.

У свердловинах Східно-Медведівського родовища термоградиент вимірювався до глибини 3800 м – 81,9 °С. У розрізі Котлярівського родовища термоградиент вимірювався до глибини 3800 м, де пластова температура сягала 80,0 °С. За наявними термограмами було побудовано графік розподілу пластових температур у розрізі цих родовищ, згідно якому продуктивні поклади розташовані вище КФУ і знаходиться в основній зоні нафтогазонакопичення. Розраховане положення меж КФУ відповідає глибинам 5500-6100 м.

Визначення геотермічного градиенту у розрізі Мелихівського родовища проводилося у чотирьох свердловинах, за цими даними була побудована усереднена термограма. У підбрянцевському газоносному горизонті на глибинах від 2180 м і глибше пластова температура зростає від 59,4 °С до 67,5 °С у святогірському на глибинах понад 2615 м. У горизонтах верхньокам'яновугільних відкладів від А-6 до Г-13, з якими пов'язаний багатопластовий газовий поклад, пластова температура від 70,5 С у верхніх горизонтах зростає до 89 С у його підшви. На глибина 4930-5460 м передбачається розкриття КФУ.

На Єфремівському родовищі вимір термоградиенту проводився у п'ятьох свердловинах. Дослідження виконувались у центральній та східній частинах родовища на різні глибини: 3500 м, - температура 86 °С; 4000 м – 92 °С, 3500 м - 75 °С, 3300 м - 82,5 °С. Самий глибинний вимір на Єфремівському родовищі виконано до глибини 5100 м, де температура сягала 130 °С. За цими даними було побудовано графік розподілу температури у розрізі, згідно якому інтервал 110-120 °С відповідає глибинам 4250 м та 4700 м. Продуктивні горизонти московського ярусу на Єфремівському родовищі розташовуються у зоні КФУ та під нею.

У центральній частині Кегичівського родовища вимір пластової температури проводився до глибини 3100 м, де максимальна температура склала 72,1 °С. Температурні умови розрізу нижче розраховувались за усередненою термограмою. Вуглеводневі поклади

у розрізі родовища залягають в інтервалі глибин від 2051,4 м продуктивного горизонту А-5 до 3542,2 м продуктивного горизонту К-4. Мінімальна розрахована пластова температура на глибину розкриття горизонту А-5 дорівнює +52,0 °С, а максимальна +81,4 °С на глибину розкриття покладу горизонту К-4. Глибини залягання ізотермічних поверхонь 110 °С та 120 °С складають відповідно 4900 м і 5380 м.

Згідно останнім даним по температурам Тимченківсько-Біляївської площі, що були отримані за результатами аналізу фактичного матеріалу Біляївських свердловин в інтервалі 3841,2-4555,7 м та точкових вимірів температури на цій ділянці – 113 °С на глибині 3960 м і 130 °С на глибині 4640 м та Веселівської свердловини, було уточнено глибини залягання катагенетичного флюїдоупору. Згідно прогнозу та внесеним незначним корективам, що враховували дані термограм свердловин Миролюбівська, Біляївська, Антошкинська, Краснопавлівська, ізотермічні поверхні 110 і 120 °С для території навколо Біляївського соляного штоку встановлені на глибинах 3920 м та 4310 м.

Термобарична характеристика розрізу території навколо Тимченківського соляного штоку виконувалась з використанням даних термограм свердловин Тимченківська, Лигівська, Світлівська. За цими даними у розрізі встановлено положення меж КФУ на глибинах 4540 м та 4945 м - спостерігається підйом геоізотерми 120 °С від Павлівського до Тимченківського штоку майже на 940 м.

Розташована на схід від Павлівського соляного штоку та на північ від Тимченківського територія розрізу навколо Миронівського соляного штоку охарактеризована термограмами свердловин Світлівська та Веселівська. Встановлене положення КФУ тут є найвищим у порівнянні з розглянутими територіями. Верхня межа КФУ відповідає глибині 3595 м, нижня – 3980 м – спостерігається зростання температури розрізу, а отже, підйом геоізотерми 120 °С від холоднішого Павлівського до Миронівського штоку на 1900 м.

У приосьовій частині Дніпровського грабена з глибиною залягання кристалічного фундаменту до 17 км на південному сході і 10-12 км на північному заході знаходиться Західно-Шебелинська площа. За даними точкових вимірів температури у свердловинах в інтервалі глибин від 5000 м до 5200 м та виміру температури електротермометром встановлено, що у напрямку від склепіння Шебелинської структури до Західно-Шебелинської площі температура значно знижується, а ізотерми заглиблюються, пересікаючи стратиграфічні межі. Відповідно КФУ охоплює у свердловинах такі інтервали: 3360-3670 м, 3510-3850 м, 3560-3890 м, 3636-3940 м, 3760-4130 м, 4120-4540 м, 4330-4770 м. Стратиграфічно на Шебелинській і Західно-Шебелинській структурах термодегідратаційний гідрогеологічний ярусу, а отже і глибинна зона з проявами АВПТ, приурочені до середнього карбону і більш древніх відкладів.

Положення температурного інтервалу 110 °С та 120 °С у розрізі Північно-Волвенківського родовища визначалось за даними термограми свердловини 21-Волвенківська. За прогнозом межі КФУ тут відповідають глибинам 3480 м і 3835 м відповідно. Пластова температура на глибині 5050 м сягатиме 150 °С.

Основним результатом проведених досліджень є представлені карти ізотермічних поверхонь 110 °С та 120 °С – важливих меж, які попереджають про зміну багатьох параметрів при їх перетині. Враховуючи існуючий теоретичний матеріал та результати прогнозу щодо температурних умов розрізу, для наукового обґрунтування перспектив нижньо- та середньокам'яновугільних відкладів родовищ південно-східної частини центральної приосьової зони ДДЗ наступним кроком необхідно виконати їх співставлення з існуючою геологічною інформацією, зокрема стратиграфією. Такий підхід дозволить виділити територіально та у розрізі ділянки для проведення першочергових пошуково-розвідувальних робіт.

#### **Список використаних джерел:**

1. *Гавриш В.К.* Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Глубинное строение и геотектоническое развитие/ В.К. Гавриш, Г.Д. Забелло, Л.И. Рябчун и др.; Отв. ред. В.К. Гавриш; АН УССР. Ин-т геол. наук. – Киев: Наук. думка, 1989. – 208 с.

2. *Заріцький О.П.* Структура розподілу запасів газу у високотемпературних зонах ДДЗ/ О.П. Заріцький, І.І. Зіненко, А.С. Тердовідов // Питання розвитку газової промисловості України. Вип. ХХІХ. Зб. наук. праць. Геологія. – Харків: УкрНДІгаз, 2001. – С. 171-175.
- 3 *Зиненко И.И.* Глубинные зоны газонакопления Днепровско-Донецкой впадины / И.И. Зиненко, А.П. Зарицкий // Нефт. и газовая пром-сть.– 1992.– № 1.– С.12-15.
- 4 *Заріцький О.П.* Перспективні зони глибинного нафтогазонагромадження басейнів різного генетичного типу// Нафт. і газова пром-сть.– 1994.– № 3.– С.8-10.
5. *Зарицкий А.П.* Перспективы сновной и глубинной зон нефтегазонакопления Днепровско-Донецкой впадины / А.П. Зарицкий, С.В. Кривуля, А.В. Лизанец, Е.А. Волосник // Питання розвитку газової промисловості України: зб. наук. праць. Вип ХХХІХ. – Х.: УкрНДІгаз, 2011. – С. 11-17.

## НЕРОЗВІДАНИЙ НАФТОГАЗОВИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПІВНІЧНОГО БОРТУ ДНІПРОВО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

*Боднарук Р.І., roman.bodnaruk@ugv.com.ua,  
Кузнецов І.К., illia.kuznietsov@ugv.com.ua,  
Ficarra A., alessandro.ficarra@ugv.com.ua,  
Вергуненко О.П., oleksii.verhunenکو@ugv.com.ua,  
Пономарчук П.Д., petro.ponomarchuk@ugv.com.ua,  
Пономаренко Л.С., lesia.ponomarenko@ugv.com.ua,  
АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна*

Показано можливості пошуку нових нафтогазоперспективних об'єктів на північному борту ДДз, які пов'язані з наявністю літологічних або комбінованих пасток ВВ. Було розглянуто історію пошуку та розвідки пасток вуглеводів в межах північного борту ДДз та подальші перспективи розвідки. Визначено методологічні підходи збільшення достовірності пошуку та розвідки перспективних літологічних або комбінованих пасток.

## THE UNDISCOVERED PETROLEUM POTENTIAL OF NORTHERN DNIPER-DONETS BASIN FLANKS

*Bodnaruk R., roman.bodnaruk@ugv.com.ua,  
Kuznietsov I., illia.kuznietsov@ugv.com.ua,  
Ficarra A., alessandro.ficarra@ugv.com.ua,  
Verhunenکو O. oleksii.verhunenکو@ugv.com.ua,  
Ponomarchuk P., petro.ponomarchuk@ugv.com.ua,  
Ponomarenko L., lesia.ponomarenko@ugv.com.ua,  
Ukrasvydobuvannya JSC, Naftogaz Group, Kyiv, Ukraine*

The possibility of finding new oil and gas prospective objects on the northern side of the DDz, which are associated with the presence of lithological or combined hydrocarbon traps, is shown. The history of the search and exploration of hydrocarbon traps within the northern side of the DDz and further exploration prospects were considered. Methodological approaches to increase the reliability of the search and exploration of promising lithological or combined traps have been determined.

**Вступ.** ДДз є основним нафтогазовим басейном України. Перші прямі ознаки вуглеводнів були виявлені ще в 30-ті роки минулого сторіччя (Роменський шток, нафта) [1]. В 50-ті роки минулого сторіччя було відкрито унікальні Радченківське нафтогазове та Шебелинське газоконденсатне родовища. З того часу було відкрито понад 200 родовищ, за розмірами запасів з яких порядком 10 відносяться до великих (понад 30 млн т. у.п.), понад 20 – середніх (10-300 млн т. у.п.).

Фактично, перші родовища являли собою антиклінальні пастки. Перша спроба пошуку на неантиклінальні пастки відбулася в 1960р. на Північно-Голубівському родовищі. Вона була невдалою і на деякий час загальмувала розвиток даного напрямку.

На даний момент більша частинна ДДз вже досліджена і вірогідність розвідати великі чи середні родовища вуглеводнів в антиклінальних або ж в структурно-тектонічних пастках становить досить невелика.

За останні роки, в світі, було покращено методику проведення широкоазимутальних сейсмічних досліджень за методикою 3D та вдосконалено технології та алгоритми обробки отриманих даних [2]. Це дозволило покращити кінцеві результати параметричного аналізу [3, 4] та більш однозначно їх трактувати. Як результат – збільшилась вірогідність картування нових літологічних та комбінованих пасток вуглеводнів.

На прикладі результатів вивчення перспективності на нафтогазоносність деяких виділених геофізичних аномалій глибоким буріння – розкриваються нові горизонти пошуку ВВ в межах північного борту ДДз.



**Список використаних джерел:**

1. Атлас родовищ нафти і газу України. Група авторів. Львів, 1998р.
2. Seismic imaging. A review of the Technologies, their Principles, Merits and Limitation/ Etienne Robein. EAGE, 2010
3. Seismic petrophysics in quantitative interpretation. Lev Vernik. Tulsa, OK U.S.A., 2016
4. Petroleum Geoscience From Sedimentary Environments to Rock Physics. Knut Bjørlykke, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015

## ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРИВУ ПЛАСТА НА РОДОВИЩАХ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

*Сусяк Т.Я., susyak.tatyana@ugv.com.ua,*

*Костів А.Л., kostiv.andrey@ugv.com.ua,*

*Міщенко Л.О., mischenko.lyudmila@ugv.com.ua,*

*Шимановська Т.Я., shimanovskaya.tatyan@ugv.com.ua,*

*Абелєнцев В.М., к. геол. н., abelentsev.vladimir@ugv.com.ua,*

*Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІгаз) АТ "Укргазвидобування",  
Харків, Україна*

Розглянуто питання впливу геологічних факторів на результати проведення гідравлічного розриву пласта на родовищах Дніпровсько-Донецької западини та надані рекомендації щодо вибору перспективних об'єктів для його проведення.

## GEOLOGICAL CONDITIONS OF HYDRAULIC FRACTURING IN THE FIELDS OF THE DNIPRO-DONETS BASIN

*Susiak T., susyak.tatyana@ugv.com.ua,*

*Kostiv A., kostiv.andrey@ugv.com.ua,*

*Mischenko L., mischenko.lyudmila@ugv.com.ua,*

*Shimanovska T., shimanovskaya.tatyan@ugv.com.ua,*

*Abelentsev V., Cand. Sci. (Geol.), abelentsev.vladimir@ugv.com.ua,*

*Branch Ukrainian Scientific Research Institute of Natural Gases (UkrNDIGas)*

*JSC "Ukrgasvydobuvannya", Kharkiv, Ukraine*

The article considers the issue of the impact of geological factors on the results of hydraulic fracturing at the fields of the Dnipro-Donets Basin. The authors provided recommendations for the selection of promising intervals for hydraulic fracturing.

**Вступ.** Впродовж 2017-2022 рр. на площах і родовищах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) з метою інтенсифікації припливу вуглеводнів (ВВ) проведено понад 290 операції з гідравлічного розриву пласта (ГРП). Практика проведених робіт засвідчила, що метод ГРП ефективно застосовується, як у нових свердловинах, так і у свердловинах «старого» експлуатаційного фонду. Однак, після проведення у свердловинах ГРП та послідуною їх експлуатації, спостерігалися значні коливання добових дебітів, відповідно, об'єми накопиченого видобутку газу за рахунок впровадження ГРП, теж суттєво відрізнялись між об'єктами.

Однією із можливих причин різної ефективності робіт, розглядаються особливості геологічних умов, якими характеризуються об'єкти ГРП.

Пласти-колектори, що були об'єктами ГРП на родовищах ДДЗ, залягають у широкому стратиграфічному діапазоні (від слав'янської світи нижньопермських відкладів до верхньодевонських утворень) та значному інтервалі глибин (1,0-6,2 км). Відклади представлені переважно теригенними породами (пісковики та алевроліти), характеризуються мінливістю геологічних та фільтраційно-ємнісних параметрів (загальних та ефективних товщин, відкритої пористості, газонасиченості, пластових тисків та температур).

**Мета роботи** полягає в аналізі геолого-промислових факторів об'єктів ГРП, які реалізовано протягом 2017-2022 рр., і, на основі статистичної обробки, у визначенні оптимальних діапазонів параметрів, у межах яких проведення ГРП є найбільш ефективним.

**Кінцева ціль роботи** – за результатами аналізу робіт минулих років та з врахуванням встановлених оптимальних діапазонів геолого-промислових факторів, надати рекомендації щодо вибору перспективних об'єктів для проведення ГРП з ціллю оптимізації вилучення залишкових запасів газу на родовищах ДДЗ, в першу чергу тих об'ємів, які обліковано на Державному балансі корисних копалин за категорією С<sub>2</sub> коду класу 332.

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз геолого-промислових факторів та їх співставлення з результатами ГРП проведено за період 2017-2022 рр. по 56 родовищах двох газопромислових підприємств АТ «Укргазвидобування»: Шебелинка- та Полтавагазвидобування (ШГВ і ПГВ), загалом проаналізовано близько 300 свердловин.

На рис. 1 зображено алгоритм встановлення оптимальних діапазонів геолого-промислових факторів та визначення перспективних об'єктів ГРП.



**Рис. 1. Алгоритм встановлення оптимальних діапазонів геолого-промислових факторів та визначення перспективних об'єктів ГРП**

По свердловинах проаналізовано вісім основних геолого-промислових факторів, а саме: стратиграфічна прив'язка, глибина залягання покладу, загальна товщина інтервалу ГРП, ефективна товщина, відкрита пористість, газонасиченість, поточний пластовий тиск, пластова температура.

Для співставлення геолого-промислових факторів із даними по експлуатації свердловин, як «лінійку порівняння», необхідно було визначитися з параметром, який би характеризував їх видобувні можливості (дебіти до та після ГРП, накопичений видобуток газу, величина скін-ефекту, гідропровідність пласта та інше).

Виходячи із наявного матеріалу по експлуатації свердловин, показником результативності обрано усереднений дебіт свердловини за весь час її роботи після ГРП. Розраховувався як об'єм накопиченого видобутку газу після проведення ГРП, який розділено на кількість днів експлуатації свердловини за цей період.

За результативну (ефективну) роботу свердловини після проведення ГРП, прийнято середній дебіт більше 50 тис. м<sup>3</sup>/добу, який вважаємо умовно високим, бо він забезпечував накопичений видобуток газу понад 18 млн м<sup>3</sup> (до економічних розрахунків наведені значення не мають відношення).

Нижче по тексту наведено результати співставлення геолого-промислових факторів із даними експлуатації свердловини (середнім дебітом), зроблено висновки щодо наявності функціонального зв'язку між параметрами, визначено оптимальні діапазони геолого-промислового параметра, в межах якого свердловини працювали з високими дебітами.

*Розподіл об'єктів ГРП відповідно до стратиграфічного попереху газонасиченості.*

В цілому по поверху газонасиченості родовищ ДДЗ у стратиграфічному інтервалі від нижньопермських до верхньодевонських відкладів простежується досить різка диференціація у виборі об'єктів ГРП.

Так, на об'єктах ШГВ більшість робіт з ГРП проведено у відкладах картамиської та араукаристової світ (продуктивні горизонти А-6-8 та Г-6-13), що складає 74 % від загальної кількості свердловин по ШГВ та 43 % по ДДЗ.

На об'єктах ПГВ більшість робіт з ГРП проведено у низах верхньо- та верхах середньокам'яновугільних відкладів, що складає 33 % від загальної кількості свердловин по ПГВ та 14 % по ДДЗ.

В інших стратиграфічних комплексах, у діапазоні від відкладів слав'янської світи (продуктивні горизонти А-2-3, А-4-5) до верхньодевонських порід (продуктивний горизонт Д-1), роботи з ГРП складають 43 % від загальної кількості.

Об'єкти ГРП обмежені стратиграфічно, роботи здебільшого проведені у двох стратиграфічних комплексах: картамиської та араукаритової світ (продуктивні горизонти А-6-8, Г-4-6 та Г-7-13) на об'єктах ШГВ та у відкладах ісаївської світи (продуктивні горизонти К-6+М-1) на об'єктах ПГВ.

*Вплив глибини залягання пласта-колектора на результативність ГРП.*

Роботи з ГРП на родовищах ДДЗ проводилися у широкому інтервалі глибин (від 1000 м до 6200 м).

Високі дебіти виділяються в певних інтервалах глибин залягання покладів. Так, на об'єктах ШГВ це інтервали глибин 3000-4000 м (в основному в горизонтах А-6-8 та Г-7-13); на об'єктах ПГВ – 4000-5000 м (в основному в горизонтах К-6 – М-1). При проведенні ГРП у пластах-колекторах, що залягають вище та нижче вказаних інтервалів, середні дебіти у свердловинах, як правило, зменшуються.

Перша особливість. Проведення робіт з ГРП на об'єктах, відклади яких залягають на «малих» глибинах (вище ніж 2500 м), не призводить до збільшення продуктивності свердловин, більш того, середні дебіти свердловин не перевищують 25 тис. м<sup>3</sup>/добу. Тобто, незначні глибини залягання пластів-колекторів не є оптимальною умовою проведення ГРП. Цей висновок актуальний для тих покладів газу Машівсько-Шебелинської групи родовищ ШГВ, в межах яких триасові, нижньопермські та верхньокам'яновугільні відклади залягають на незначних глибинах.

Друга особливість стосується ефективності проведення ГРП у пластах-колекторах, які залягають глибше 5000 м, характеризуються не високими середніми дебітами свердловин та незначним накопиченим видобутком газу. У ряді свердловин після проведення ГРП отримано слабкі припливи газу або свердловина припиняла роботу через короткий проміжок часу і переводилася на вищезалягаючі горизонти.

Глибина залягання покладів ВВ глибше 5000 м є фактором, який в певній мірі обмежує вибір об'єктів для ГРП на перспективних глибокозалягаючих продуктивних горизонтах.

*Вплив значення відкритої пористості на результативність ГРП.*

Відклади покладів ВВ, в яких проводилися роботи з ГРП, характеризуються широким діапазоном значень відкритої пористості (від 6 % до 23 %).

Високі дебіти спостерігаються в наступних діапазонах значень відкритої пористості: на об'єктах ШГВ: 10 -15,5 %, здебільшого це відклади горизонтів Р<sub>1</sub>kt, С<sub>3</sub>kt та С<sub>3</sub><sup>3</sup>; на об'єктах ПГВ: 8,5 – 13 %, здебільшого це відклади горизонтів К-6-М-1 та В-18, В-23. При проведенні ГРП у відкладах із значеннями відкритої пористості нижче наведених значень, відповідно 10 % та 8,5 %, приведені середні дебіти суттєво зменшуються.

Роботи з ГРП у відкладах із значенням відкритої пористості вище 15,5 % (для об'єктів ШГВ) та 13 % (для об'єктів ПГВ), теж не призводить до збільшення середніх дебітів свердловин.

Однак, основний висновок із співставлення параметрів відкрита пористість - середній дебіт по об'єктах ГРП родовищ ДДЗ полягає в тому, що при низьких значеннях відкритої пористості, які близькі граничному значенню певного продуктивного горизонту, результативність ГРП зменшується.

Вважаємо, що низькі значення відкритої пористості пласта-колектора, ймовірно, є фактором, який обмежує вибір об'єктів ГРП у перспективних низькопористих колекторах.

*Вплив пластової температури на результативність ГРП.*

Значення пластових температур по кожному об'єкту ГРП у свердловинах визначались на підставі матеріалів, які наведені у підрахунку запасів ВВ конкретного родовища; у нових пошуково-розвідувальних свердловинах – на підставі геологічного прогнозу на буріння свердловини.

За проведеними оцінками максимальні дебіти свердловин корелюються із певними температурними інтервалами та градієнтами: у відкладах Р<sub>1</sub>kt+С<sub>3</sub>kt в інтервалі глибин 3350-4100 м, оптимальна пластова температура 70-80 °С, температурний градієнт 0,013 °С/м; у відкладах С<sub>3</sub><sup>3</sup> в інтервалі глибин 3450-4300 м, Т<sub>пл</sub> 75-90 °С, градієнт – 0,017 °С/м; у відкладах горизонтів К-6+М-1 в інтервалі глибин 4350-5100 м, Т<sub>пл</sub> 95-110 °С, градієнт – 0,02 °С/м; у



відкладах горизонтів В-18-В-23 в інтервалі глибин 4950-5700 м,  $T_{пл}$  120-131 °С, градієнт – 0,014 °С/м.

*Вплив загальної товщини інтервалу перфорації, ефективної товщини, газонасиченості та пластового тиску на результативність ГРП.*

За результатами проведеного аналізу встановлено групу геолого-промислових факторів, які, на думку авторів, практично не впливають на результативність ГРП. Це загальна товщина інтервалу перфорації, ефективна товщина, газонасиченість та пластовий тиск. Отримані висновки можуть бути використані при проектуванні операцій з ГРП згідно [1].

Так, високі дебіти у свердловинах спостерігались при значному діапазоні абсолютних значень вищеперелічених параметрів: загальна товщина інтервалу перфорації – від 5 м до 30 м; ефективна товщина – від 4,0 до 20,0 м; газонасиченості – від 55% та вище; пластовий тиск - оптимальний діапазон 40-75% від початкового  $P_{пл}$ .

Тобто, кореляційний зв'язок між цими параметрами та середнім дебітом свердловин чітко не простежується, що розширює коло потенційних геологічних об'єктів, як кандидатів для проведення ГРП.

Проведений аналіз можливого впливу геолого-промислових факторів на результати ГРП засвідчив наступне. Геологічні параметри, як глибина залягання пласта-колектора (глибше 5000 м) та значення відкритої пористості (близької до граничної), впливають на результати ГРП (дебіти свердловин низькі). Геолого-промислові параметри, як загальна товщина інтервалу перфорації, ефективна товщина, газонасиченість та пластовий тиск, практично не впливають на результативність ГРП.

В табл. 1 наведена узагальнююча характеристика геолого-промислових параметрів об'єктів ГРП, їх діапазони, встановлені інтервали з максимальними дебітами та рекомендовані інтервали параметрів для потенційних об'єктів проведення ГРП.

**Таблиця 1**

**Характеристика об'єктів ГРП за геолого-промисловими параметрами**

Геолого-промисловий параметр	Діапазон параметра об'єктів ГРП		Інтервали параметра з максимальними дебітами газу		Рекомендовані інтервали параметра для об'єктів ГРП	
	ШГВ	ПГВ	ШГВ	ПГВ	ШГВ	ПГВ
Стратиграфічний інтервал	$P_{1sl-D_3}$	$P_{1sl-C_{1t}}$	гор. А-6-8	гор. К-6-М-1	$C_3^3$ (гор. Г-7-Г-9)	$C_{1v}$ , $C_{1t}$ , $D_3$
Глибина покладу, м	1000-5000	2200-6200	3000-4000	4000-5000	3350-4300	> 5000
Відкрита пористість, %	6-18	6-23	10-15,5	8,5-13	10-6	8,5-6
Пластова температура, °С	30-150	60-135	70-90	100-120	$P_{1kt}+C_3kt$ (гор. А-6-Г-6) гл. 3350-4100 м $T_{пл}$ 70-80°С	$C_3^1$ (гор.К-6-М-1) гл. 4350-5100 м $T_{пл}$ 95-110°С
					$C_3^3$ (гор. Г-7-Г-9) гл. 3450-4300 м $T_{пл}$ 75-90°С	$C_{1v2}$ (гор.В-16-23) гл. 4950-5700 м $T_{пл}$ 120-130°С
Інтервал перфорації, м	5,0-64,0		кореляційний зв'язок між параметрами та результативністю ГРП не простежується		5,0-30,0	
Ефективна товщина, м	2,0-38,0				4,0-20,0	
Газонасиченість, %	50-91				більше 55	
Пластовий тиск, поточний/початковий, %	20-100				40-75	

Зауважимо наступне. Автори розуміють, що крім розглянутих геолого-промислових параметрів, які можуть впливати на ефективність ГРП та сталу експлуатацію свердловин, існує багато інших факторів, а саме: технічний стан свердловини, забрудненість привибійної зони пласта, величина скін-ефекту до та після ГРП, техніко-технологічні фактори при виконанні ГРП (обладнання, розклинювальні матеріали, рецептура і об'єми рідини та ін.). Однак, вважаємо, що геолого-промислові параметри, фільтраційно-ємнісні характеристики

пласта-колектора є визначальними факторами, які впливають на видобувні можливості свердловини після ГРП.

Рекомендації щодо перспективних об'єктів для проведення ГРП на родовищах ДДЗ надані із врахуванням встановлених оптимальних діапазонів геолого-промислових факторів (алгоритм визначення об'єктів наведено на рис. 1) та розділені на дві групи: перша – родовища ШГВ із масивно-пластовими покладами Машівсько-Шебелинської зони; друга – багатопокладні родовища, в основному об'єкти ПГВ.

Для родовищ з масивно-пластовими покладами Машівсько-Шебелинської зони рекомендації з проведення ГРП спрямовані на відклади продуктивних горизонтів Г-7-Г-9 верхньої частини араукаритової світи ( $C_3^3$ ). Поклади складні за будовою, літологічно обмежені, відкрита пористість близька до граничної. Але, поклади цього комплексу характеризуються ще значними об'ємами залишкових запасів газу та поточними пластовими тисками на рівні 5-15 МПа [2].

Для багатопокладних родовищ рекомендації з проведення ГРП спрямовані переважно на продуктивні горизонти, які залягають у візейських та турнейсько-девонських відкладах. Відклади цих продуктивних комплексів досліджені методами ГРП на 19 об'єктах, що складає 7% від загальної кількості робіт.

Потенційними кандидатами для ГРП вважаємо колектори візейських та турнейсько-девонських покладів ВВ Глинсько-Солохівського та східної частини Талалаївсько-Рибальського нафтогазоносних районів. Головною відзнакою цих районів є те, що в їх межах сконцентровані основні об'єми запасів газу в ДДЗ, які обліковано на Державному балансі корисних копалин за категорією  $C_2$  коду класу 332 (попередньо-розвідані з невизначеним промисловим значенням).

Поклади цього комплексу характеризуються значними глибинами залягання відкладів (понад 5000 м), відкрита пористість низька (граничне значення пористості теригенних відкладів складає 6-7%), поточні пластові тиски не виснажені, початкові – в деяких випадках аномально високі.

**Висновки.** За результатами аналізу проведених робіт минулих років та з врахуванням встановлених оптимальних діапазонів геолого-промислових факторів надано рекомендації щодо перспективних об'єктів для проведення ГРП на родовищах ДДЗ, що дозволить оптимізувати вилучення залишкових запасів ВВ на родовищах АТ «Укргазвидобування».

На підставі аналізу геологічних умов проведення ГРП на родовищах ДДЗ визначено два параметра, а саме, глибина залягання покладів ВВ глибше 5000 м та значення відкритої пористості близької до граничної, які на сьогодні є обмежуючими фактором (при умові використання техніки та технологій, які застосовувалися у 2017-2022 рр.) при виборі перспективних глибокозалягаючих та низькопористих пластів-колекторів як об'єктів ГРП.

#### **Список використаних джерел:**

1. СОУ 09.1-30019775-235:2020 Свердловини на нафту і газ. Гідравлічний розрив пласта. Технологія проведення.
2. Критерії дорозвідки великих родовищ вуглеводнів у нижньопермсько-верхньокам'яновугільних відкладах Дніпровсько-Донецької западини: Монографія / С.В. Кривуля; – Харків, 2014. – 174 с.

## ПЕРСПЕКТИВИ ДОРОЗВІДКИ НЕГЛИБОКОЗАЛЕГЛИХ ГОРИЗОНТІВ ПРИЛУЦЬКОГО ПІДНЯТТЯ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

*Куровець І.М., к. геол.-мін. н., с. н. с., i.kurovets@gmail.com,*

*Чепусенко П.С., м. н. с., igggk1951@ukr.net,*

*Грицик І.І., к. геол.-мін. н., с. н. с., i.i.grychuk@gmail.com,*

*Приходько О.А., к. геол.-мін. н., с. н. с., prykhodko.olexandr@gmail.com,*

*Кучер З.І., zo.kucher@gmail.com,*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Збільшення видобутку та поповнення запасів вуглеводнів є стратегічно важливим завданням для забезпечення України власними ресурсами. Їхнє нарощування можливе не лише внаслідок відкриття нових родовищ нафти й газу, але й під час дорозвідки і розробки пропущених неглибокозалеглих пластів. До таких об'єктів відносяться горизонти С-8 і С-9 серпуховських відкладів Прилуцького підняття ДДЗ. Для їхньої раціональної дорозвідки і розробки проведено експериментальний комплекс досліджень зразків керна, відібраних з цих горизонтів, що дало можливість вивчити літолого-фаціальні і структурно-текстурні властивості порід, взаємозв'язки колекторських і геофізичних властивостей порід за контрольованої зміни параметрів у процесі експериментів, та визначити комплекс інформативних параметрів геофізичних досліджень свердловин, встановити кореляційні зв'язки між геофізичними і ємнісно-фільтраційними параметрами порід-колекторів для пластових умов та створити петрофізичні моделі колекторів.

## PROSPECTS FOR FINAL PROSPECTING OF SHALLOW LYING HORIZONS OF THE PRYLUKY UPLIFT OF THE DNEIPER-DONETS DEPRESSION

*Kurovets I., Cand. Sci (Geol.-Min.), senior researcher, i.kurovets@gmail.com,*

*Hrytsyk I., Cand. Sci (Geol.-Min.), senior researcher, i.i.grychuk@gmail.com,*

*Chepusenko P., junior researcher, igggk1951@ukr.net,*

*Prykhodko O., Cand. Sci (Geol.-Min.), senior researcher, prykhodko.olexandr@gmail.com,*

*Kucher Z., zo.kucher@gmail.com,*

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

Increase in extraction and replenishment of hydrocarbon reserves is a strategically important task for keeping Ukraine supplied with its own resources. Their increase may be possible not only on account of the discovery of new oil and gas fields, but owing to final prospecting and developing of the Serpukhovian deposits of the Pryluky uplift of the Dnieper-Donets Depression. For their rational final prospecting and developing we have conducted the experimental complex of investigations of the core samples extracted from these horizons that enabled us to study interconnections of collecting and geophysical properties of reservoir rocks with controlled changes of parameters in the course of experiments and to conduct petrophysical models of reservoir rocks and to determine the complex of informative parameters of geophysical investigations of the wells, to detect correlational ties between geophysical and capacity-filtration parameters of reservoir rocks for formation conditions and to reveal the main factors influencing them.

**Вступ.** Збільшення видобутку та поповнення запасів вуглеводнів є стратегічно важливим завданням для забезпечення країни власними ресурсами. Їхнє нарощування можливе не лише внаслідок відкриття нових родовищ нафти й газу, але й під час до розвідки та розробки пропущених пластів у результаті інтерпретації геофізичних досліджень у свердловинах. Найдешевшим шляхом збільшення видобутку є освоєння пропущених верхніх горизонтів, або тих, що раніше вважались важкодобувними. До таких об'єктів відносяться горизонти С-8 і С-9 серпуховських відкладів Прилуцького підняття, нафтогазоносність яких була встановлена під час розвідки Прилуцького нафтового родовища [1]. Їхня розробка передбачає проведення експериментальних комплексних досліджень зразків керна, відібраних з цих горизонтів, що дозволяє вивчити взаємозв'язки і взаємообумовленість колекторських і геофізичних властивостей колекторів за контрольованої зміни параметрів у процесі експериментів, та створити петрофізичні моделі колекторів і визначити комплекс інформативних параметрів ГДС.

**Мета.** Вивчити літолого-фаціальні, структурно-текстурні та петрофізичні властивості порід, встановити взаємозв'язки і взаємообумовленість колекторських і геофізичних

властивостей складнобудованих колекторів при контрольованій зміні параметрів у процесі експериментів, створити їхні петрофізичні моделі.

**Методи.** Застосовано сучасні методики досліджень кернавого матеріалу, аналізу геолого-геофізичної інформації, які включають літолого-петрографічні і петрофізичні лабораторні дослідження, обробку та інтерпретацію даних геофізичних досліджень у свердловинах, статистичний і математичний аналізи результатів, петрофізичне та геофізичне моделювання. Лабораторні петрофізичні дослідження керна проводилися як за загальноприйнятими методиками, так і на спеціально сконструйованій авторами апаратурі [2, 3, 4].

**Результати досліджень.** Проведено лабораторні дослідження петрофізичних і колекторських властивостей зразків порід-колекторів серпуховських відкладів із продуктивних пластів горизонтів С-8 та С-9. Зразки керна відібрані з інтервалів 1725–1730 м (горизонту С-8) і 1755,3–1760,4 м (горизонту С-9) переважно через 0,2–0,5 м.

Більша частина зразків порід відібрана з нижніх частин вищезазначених відкладів, тому породи характеризуються дрібною шаруватістю різного типу. В першу чергу, можна виділити тонкошаруваті взірці (міліметрові прошарки), складені перешаруванням алевролітів різнозернистих, часом піщанистих з приблизно рівнопотужними аргілітами, котрі містять численні фрагменти вуглефікованої рослинної органіки. Товщина прошарків цих літотипів зазвичай дуже мінлива, форма їхня здебільшого лінзоподібна внаслідок численних виклинювань і літологічних заміщень.

Оптимальним методом досліджень таких порід є визначення параметрів відповідних величин, за можливості чистих різновидів, які беруть участь у будові зразків керна; оцінка вмісту кожного складника у відповідному об'ємі досліджуваних зразків керна чи ділянки. Експресна діагностика внутрішньої будови зразка керна проводиться на основі вивчення мінливості акустичних властивостей у як завгодно орієнтованих напрямках вимірів на уламках керна.

Шарувата порода складається із декількох компонентів з суттєво відмінними характеристиками (рис. 1). Загалом, задача полягає у визначенні інтегральної характеристики зображеної породи, враховуючи структуру компонентів.



**Рис. 1.** Фото поверхонь зрізів шаруватої алевроліто-аргілітової породи натуральної величини

Оцінка анізотропії зразків, обумовленої неоднорідністю літологічного складу, проводилась через визначення коефіцієнта піскуватості ( $K_{пс}$ ) шляхом оцифрування знімків поверхонь пришліфованих зразків порід з подальшим виділенням на зображенні площі піщано-алевритової частини і знаходження відношення даної площі до площі зображення. Коефіцієнт відносної піскуватості ( $K_{пс}$ ) зразків порід розраховувався як відношення площі піщано-алевролітових прошарків і включень ( $S_{на}$ ) до загальної площі пришліфованої поверхні зразка ( $S_{заг}$ ), тобто:  $K_{пс} = S_{на}/S_{заг}$ .

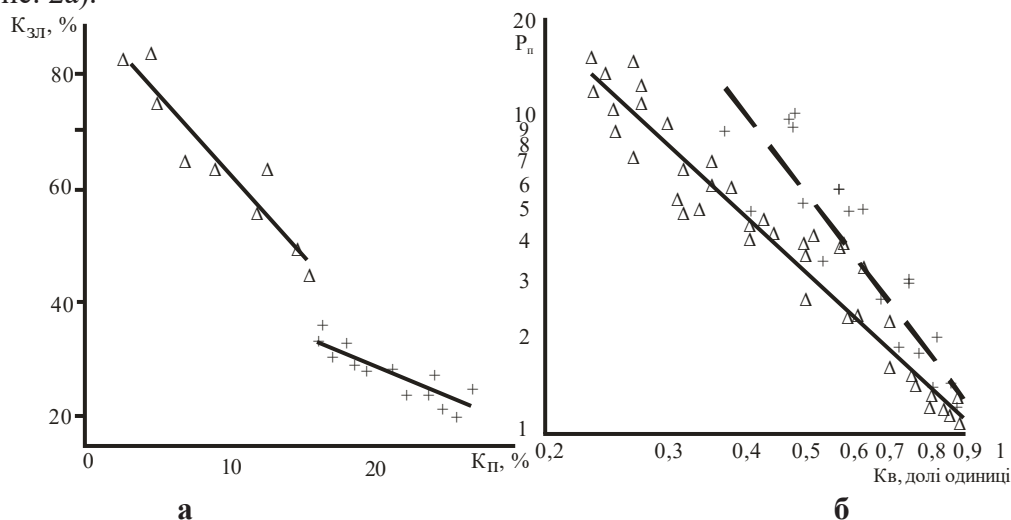
Коефіцієнт піскуватості для порід горизонту С-8 змінюється в межах від 0,15 до 0,72 при середньому значенні 0,4. Для порід горизонту С-9 – від 0,2 до 0,6 при середньому значенні 0,34. Отримані результати зміни коефіцієнта піскуватості у досліджуваних зразках



порід-колекторів дають змогу кількісно оцінити їхню літологічну неоднорідність, а також враховувати це при лабораторному визначенні коефіцієнта пористості на зразках і при виділенні ефективних потужностей за даними ГДС.

Для подальших досліджень ємнісно-фільтраційних властивостей вибирались літологічно однорідні взірці, на них проведено оцінку розмірів пор методом ртутної порометрії та методом витіснення змочуючої рідини газом і побудови кривої капілярного тиску для кожного взірця.

За результатами досліджень структури порового простору, моделювання водонасичення та за оцінкою значень кількості залишкової води виділяються дві групи зразків (рис. 2а).



**Рис. 2. Результати лабораторних петрофізичних досліджень зразків керна:**

а - залежність коефіцієнта залишкового водонасичення від коефіцієнта пористості,

+ --  $K_{зл} = 49.59 - 1.027K_{п}$ ,  $R = 0.77$ ;  $\Delta$  --  $K_{зл} = 90.51 - 2.79K_{п}$ ,  $R = 0.91$ ;

б - залежність параметра насичення від коефіцієнта водонасичення,

+ --  $P_n = 1.3 K_v^{-2.44}$ ,  $R = 0.817$ ;  $\Delta$  --  $P_n = 1.36 K_v^{-1.72}$ ,  $R = 0.945$

До першої належать зразки, переважно відібрані з горизонту С-8, представлені піскуватими алевролітами, пористість яких змінюється в межах 18–23,8 % і характеризуються порівняно високою проникністю  $42,78\text{--}1,38 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$  та порами радіусом до 10 мкм. Гранична межа залишкового водонасичення становить 21,2–50 % (рис. 2 а.). Дана літофізична група зразків, насамперед, вирізняється товщиною алевролітових прошарків (понад 20 мм). В прошарках цих різновидів порід присутні залишки нафти, їхні зрізи здебільшого мають світло-сіре та сіре забарвлення з відтінком коричнюватого кольору. За структурою – це піскуваті алевроліти з розмірами домінуючої фракції уламкового матеріалу 0,04–0,08 мм (максимальні до 0,15–0,18 мм). Вміст уламкового матеріалу становить переважно 80–85 %. Вміст цементу (порового типу) не перевищує 10 %, за складом останній в основному гідрослюдищений (з домішкою каолініту). Певного розвитку набуває регенераційний кварцовий цемент, якому властивий плямуватий характер поширення з формуванням мозаїчно-блокової текстури. У породах візуально спостерігається істотна (близько 10–12 %) кількість відкритих пор до 0,06 мм у перетині. Досить часто в площинах нашарувань, особливо при переході до менш пористих різновидів, спостерігаються протяжні тріщини, розкриття яких перевищує 0,5 мм (рис. 1).

Друга група є перехідною на межі колектор-неколектор і представлена дрібнозернистими алевролітами з глинистим цементом у межах 25,0–50,0 % та включеннями аргілітів, проникність яких на порядок менша, порівняно з першою групою –  $0,28\text{--}0,05 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$ , а верхня границя розмірів пор до 1 мкм. Мінімальна величина залишкового водонасичення сягає понад 58 % (рис. 2а). Порооди вирізняються відносно низьким вмістом уламкового матеріалу (55–75 %) з переважанням у його складі дрібноалевролітових фракцій, а також істотним вмістом цементувальної речовини – карбонатних мінералів (сидерит). Товщина прошарків алевролітів не перевищує 1–4 мм, у зв'язку з цим породи в цілому сірого та темно-сірого кольору. Візуально відкритих пор не спостерігається, втім, у приконтарних ділянках алевроліт-аргіліт наявні відкриті (до 0,02

мм) тріщинки. Ці породи відносяться до групи неколекторів, хоча й у них зустрічаються флюїдопровідні тріщини.

Згідно з проведеними дослідженнями, матриця породи вміщує пустотний простір, різний за типом і генезою. Пористість прошарків піскуватих алевролітів, які є основним нафтонасиченим резервуаром, в межах 23–28 %. За допомогою тріщин вздовж нашарувань всіх інших літологічних різновидів, в т.ч. і глинистих, аргіліти з'єднуються в єдину гідродинамічну систему, розгалужену в породах зі зниженою міцністю, тому дуже чутливу до перерозподілу напружень та пластового тиску.

На основі статистичного аналізу результатів досліджень та їх математичної обробки побудовані петрофізичні моделі (табл. 1) з досить високими кореляційними параметрами.

Таблиця 1

Моделі взаємозв'язків петрофізичних параметрів

№п/п	Модель	Коефіцієнт кореляції	Стандартне відхилення
1	$K_{пр} = 17,19 * K_{п}^{0,059}$	R = 0.579	S = 1.829
	$K_{п} = 3,62 * 10^{13} * K_{пр}^{8,66}$	R = 0.579	S = 1.829
2	$\delta = 2,643 - 0,025 K_{п}$	R = 0.948	S = 0.0256
	$K_{п} = 99,95 - 37,35 \delta$	R = 0.948	S = 0.0256
3	$R_{п} = 1332,92 * K_{п}^{-1,674}$	R = 0.902	S = 0.129
	$K_{п} = 63,24 * R_{п}^{-0,538}$	R = 0.902	S = 0.073
4	$\Delta T = 186,59 + 8,19 K_{п}$	R = 0,869	S = 13,69
	$K_{п} = 0,106 \Delta T - 17,65$	R = 0,869	S = 1,557

**Висновки.** У результаті проведених досліджень зразків порід встановлено літологічний тип колектора й надано його літолого-петрофізичну характеристику. Матриця породи містить пустотний простір, різний за типом і генезою. Пористість прошарків піскуватих алевролітів, які є основним нафтонасиченим резервуаром, може досягати 23–28 % і за допомогою тріщин вздовж нашарувань всіх інших літологічних різновидів, в т.ч. і глинистих, з'єднуються в єдину гідродинамічну систему, розгалужену в породах зі зниженою міцністю, тому дуже чутливу до перерозподілу напружень та пластового тиску.

Встановлені кореляційні зв'язки між геофізичними і ємнісно-фільтраційними параметрами порід-колекторів для пластових умов та виявлені головні фактори, що суттєво впливають на них.

#### Список використаних джерел:

1. Іванюта, М. М. (Ред.). (1998). Атлас родовищ нафти і газу України (Т. 1). Львів: Центр Європи.
2. Зубко А.С., Шеремета О.В. Разработка универсальной установки высокого давления УВД-500 и методика изучения петрофизических свойств горных пород для условий моделирующих пластовые / Фонды ИГГИ АН УССР, 1988. – 74 с.
3. Деклараційний патент України №80551 Пристрій для визначення проникності зразка гірської породи / І. М. Куровець, О. С. Зубко, Н. О. Кіт, О. В. Гвоздевич // Опубл. 10.10.2007. Бюл. № 16.
4. Ігор Куровець, Ігор Грицик, Олександр Зубко, Олександр Приходько, Роман-Даниїл Кучер. Апаратурно-методичний комплекс досліджень петрофізичних властивостей тріщинуватих порід-колекторів вуглеводнів // Геологія і геохімія горючих копалин, №3–4 (191–192), 2023. – С. 37–44. <https://doi.org/10.15407/ggcm2023.191-192>

## **ВИДОБУВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГАЗОНОСНОСТІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ДІЛЯНОК ГАЗОВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ**

*Бучинська І.В., к. геол. н., с. н. с., ibuchynska@ukr.net,  
Матрофайло М.М., к. геол.-мін. н., с. н. с., mmatrofaylo@gmail.com,  
Побережський А.В., к. геол.-мін. н., с. н. с., andriy.poberezhskyu@gmail.com,  
Ступка О.О., к. геол. н., stupkaoksana@gmail.com,  
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Видобуток метану вугільних родовищ міг би дати змогу частково задовольнити потреби України в енергоносіях. Вивчаючи газонасність газовувільних родовищ розрізняють газогенераційний потенціал вугільних родовищ, сучасний вміст метану у вугільних пластах і вуглевмісних породах (теоретично-можливий або теоретичний потенціал) та видобувний (технічно-досяжний потенціал). Виходячи з наявної інформації про прогнозні та перспективні ресурси метану вугільних пластів Південно-Західного району та перспективного пласта  $v_6$  по досліджених ділянках і родовищах басейну Львівсько-Волинського басейну, застосовуючи коефіцієнту вилучення з врахуванням різних способів дегазації, пороховано теоретичний видобувний потенціал метану. Отже, при застосуванні різних способів дегазації вугленосних товщі Південно-Західного району (з врахуванням прогнозних ресурсів для глибоких горизонтів) можна вилучити до 7,5 млрд м<sup>3</sup> газу. Сумарне значення сучасного видобувного потенціалу для прогнозних запасів вугільного пласта  $v_6$  по досліджених ділянках і родовищах басейну становить 2,6 млрд м<sup>3</sup>.

Парктична реалізація проектів із видобутку метану вугільних пластів залежатиме від залучення сучасних технологій, інвестицій та досвіду провідних енергетичних компаній світу. За обсягами вилучення метанових газів газовувільні родовища Львівсько-Волинського басейну можуть бути джерелом місцевого і частково промислового газопостачання. Розроблені технології дозволять досягнути підвищення безпеки праці при видобутку вугілля; поліпшення екології навколишнього середовища; використання додаткового дешевого енергоносія – метану; підвищення ефективності вуглевидобувного виробництва.

## **EXTRACTIVE POTENTIAL OF GAS PRESENCE AT PERSPECTIVE AREAS OF GAS-COAL FIELDS OF THE LVIV-VOLYN COAL BASIN**

*Buchynska I., Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher, ibuchynska@ukr.net,  
Matrofaylo M., Cand. Sci. (Geol. & Min.), Senior Researcher, mmatrofaylo@gmail.com,  
Poberezhskyu A., Cand. Sci. (Geol. & Min.), Senior Researcher, andriy.poberezhskyu@gmail.com,  
Stupka O., Cand. Sci. (Geol.), stupkaoksana@gmail.com,  
Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

Extraction of coalbed methane would enable us to satisfy the needs of Ukraine in energy carriers. While studying gas presence of gas-coal fields one can discern gas-generating potential of coal fields, modern concentration of methane in coal beds and coal-enclosing rocks (theoretically possible or theoretical potential) and extractive (technically attainable potential). Proceeding from available information on predictive and perspective resources in the South-Western region and perspective bed  $v_6$  for studied areas and fields of the Lviv-Volyn Basin with using extraction coefficient and taking different methods of degassing into consideration, it was possible to calculate the theoretical potential of methane. Thus, when using different methods of degassing the coal bearing of the South-Western region (taking predictive resources for deep horizons into consideration) it is possible to extract about 7.5 billion cubic metres of gas. Total value of the modern extractive potential for predictive reserves of coal bed  $V_6$  in the studied areas and fields of the basin comes to 2.6 billion cubic metres.

Practical realization of the projects on methane extraction from coal beds depends upon the employment of modern technologies, investments and the experience of the leading power companies of the world. By volumes of the extraction of the methane gases the fields of the Lviv-Volyn Basin may be the sources of local and partly industrial gas supply. Developed technologies will allow us to achieve the rise in job safety while coal extracting; improvement of environmental ecology; using of additional cheap energy carrier - methane; rise in the effectiveness of coal-extracting production

Підвищена увага до розробки газу метану вугільних родовищ спричинена високим попитом на природний газ, який продовжує збільшуватися як в Україні, такі за її межами. Цьому сприяє підвищення цін на природний газ та спад приросту запасів природного газу [1-3]. Україна може забезпечити себе власним природним газом тільки частково і є залежною від імпорту цієї сировини. На масштаби видобутку і споживання газу вплинула російсько-українська війна. У перший рік повномасштабної війни видобуток газу в Україні знизився –

18,5 млрд кубометрів, 4,3 млрд з яких видобуто приватними компаніями. Споживання газу населенням та промисловістю в 2022-му впало до 19,5 млрд кубометрів: мільйони українців стали біженцями, а багато об'єктів промисловості було втрачено або опинилися на окупованих територіях [4].

Видобуток метану вугільних родовищ міг би дати змогу частково задовольнити потреби країни в енергоносіях. Використання метану вугільних родовищ в Україні є надзвичайно актуальним. Він розглядається як ресурс для забезпечення енергетичних потреб країни. Видобування шахтного газу – важливий фактор створення безпечних умов роботи на шахтах України. Воно є актуальним і з екологічних міркувань: зменшення викидів газу метану в атмосферу [5].

Вивчаючи газоносність газувувільних родовищ розрізняють газогенераційний потенціал вугільних родовищ, сучасний вміст метану у вугільних пластах і вуглевмісних породах (теоретично-можливий потенціал) та видобувний (технічно-досяжний потенціал). Мета нашої роботи розрахунок видобувного технічно-досяжного потенціалу газу перспективних ділянок газувугільних родовищ Львівсько-Волинського басейну.

У роботі [6] зроблена оцінка генерації газів в процесі метаморфічного перетворення вуглефікованої органічної речовини, а також визначено ймовірний об'єм газу, що зберігся на даний час у вугленосних відкладах. В основу підрахунку кількості генерованих газів в різних типах порід басейну покладені закономірності утворення газів при температурній деструкції розсіяної органічної речовини в процесі захоронення осадків. Згідно цієї методики встановлено, що у межах ЛВБ з вуглефікованих рослинних решток утворилось 24 355 887 млн. м<sup>3</sup> метану.

Сучасний вміст метану у вугільних пластах і вуглевмісних породах звичайно інший. Він є результатом протилежно направлених процесів – метаморфогенного газоутворення і природної міграції газів з глибинних горизонтів до поверхні Землі.

При наявності геологічних передумов потенційного джерела газу (метану) вугільних родовищ, геологорозвідувальні роботи з вивчення газоносності проводяться з метою отримання достовірних даних про колекторські та сорбційні властивості, а також величину газоносності вугільних пластів та основних різновидів вуглевмісних порід, що виділяються як об'єкти підрахунку запасів газу (метану) вугільних родовищ; вивчення закономірностей зміни показників газоносності по латералі і на глибину; з встановленням потужності та петрографічного складу кондиційних пластів вугілля та тонких прошарків вугілля; з дослідженням компонентного складу газів, що містяться у вугіллі, вуглевмісних породах у сорбованому, розчиненому та вільному стані. Літолого-фаціальний, структурно-тектонічний аналіз вуглепородного масиву служить для прогнозування пасток вільного газу та встановлення запасів (ресурсів) газу вугільних родовищ [2].

Вивчення газоносності вугленосних відкладів складається з двох етапів: польові дослідження і камеральна обробка матеріалів. До комплексу польових методів дослідження вільного газу (метану) вугільних родовищ належать: відбір проб пластового вільного і розчиненого газу глибинними пробовідбірниками; вивчення колекторських властивостей вугільних проб на визначення сорбційних властивостей; вивчення якісного (компонентного) складу газу вугільних пластів та залишкової газоносності за даними герметичних вакуум-стаканів; випробовування вугільних пластів за допомогою керногазонабірників (КГН) з метою кількісної оцінки метаноносності вугілля; визначення метаноносності вугільних пластів і гірських порід за допомогою газового каротажу та промислової геофізики; визначення дебітів газу та тиску у вугленосних відкладах за допомогою пластовипробувачів; дослідження свердловин відкачками при обладнаному гирлі; термометрія перед та після дослідження свердловини; газогідродинамічні дослідження під час дегазації газових скупчень [5].

Метод вивчення газоносності вугільних пластів у вугільних басейнах – це метод прямого визначення газоносності за допомогою газокерновідбірників. Методика дослідження газоносності у басейні не відрізняється від викладеної у відповідних



інструкціях з визначення природної газоносності [5, 7]. При пошукових та детальних геологорозвідувальних роботах опробування здійснювалось за допомогою кернагазовідбірників КА-61 та комплексного методу МГРІ.

*Встановлення видобувного (технічно-досяжного) газового потенціалу.* Для визначення коефіцієнту можливого видобутку метану необхідно знати запаси його в об'ємі масиву, що підробляється на видобувній ділянці і об'єми метану, каптованого свердловинами за час розробки ділянки в різних гірничо-геологічних умовах при різних схемах дегазації [8]. На основі комп'ютерного моделювання метановидобутку свердловинами, що пробурені з поверхні, а також з виробок попереду і позаду видобувного вибою, були встановлені основні фактори, що впливають на метановидобуток. За цими підрахунками для свердловин, які пробурені з поверхні, фактичний коефіцієнт вилучення змінюється в межах 0,25–0,48 і в середньому складає 0,34, а розрахунковий – від 0,25 до 0,50 при середньому значенні 0,34. Для свердловин, які пробурені з гірничих виробок, фактичний коефіцієнт вилучення в середньому складає 0,32 при коливаннях в межах 0,13–0,6, а розрахунковий – від 0,2 до 0,58, в середньому 0,35. Згідно [6], середнє значення коефіцієнту вилучення з врахуванням різних способів дегазації – 0,47.

В нашій роботі використовувалися дані по підрахунку прогнозних запасів вуглеводневих газів у вугільних пластах і вуглевмісних породах Тяглівського і Любельського родовищ Південно-Західного вугленосного району ЛВБ [9,10,11], для вугільних пластів Любельського родовища, які залягають у метановій газовій зоні [12], для прогнозних запасів вугільного пласта  $v_6$  [13, 14].

Виходячи з наявної інформації про прогнозні та перспективні ресурси і значення коефіцієнту вилучення з врахуванням різних способів дегазації (0,47), ми можемо вирахувати видобувний потенціал метану.

Таблиця 1

**Розрахунок видобувного потенціалу для прогнозних запасів газів Південно-Західного вугленосного району**

Південно-Західний вугленосний район	Прогнозні запаси газів, тис. м <sup>3</sup>	Пласт, товща пісковика	Коефіцієнт вилучення	Видобувний потенціал, тис. м <sup>3</sup>
Тяглівське родовище				
Поле шахти Тяглівська №1	4 978 094	$b_4 n_9 n_8^B n_8 n_7^B n_7^1 n_7$ $b_4 Sn_9, n_8 Sn_9 n_7 Sn_6^0$	0,47	2 339 704
Ділянка Тяглівська Південна	952 790	$b_4 n_9 n_8^B n_8 n_7^B n_7^1 n_7$	0,47	447 811
Любельське родовище				
Північна частина	2 123 300	$n_7^B n_7^1 n_7 n_6^6$	0,47	997 951
Південна частина	197 675	$n_6^6$	0,47	92 907
Всього по району				
Всього по району	8 251 859		0,47	3 878 373

Таблиця 2

**Розрахунок видобувного потенціалу для прогнозних ресурсів газів по вугільних пластах Любельського родовища, які залягають у метановій газовій зоні**

Любельське родовище	Прогнозні запаси газів, тис. м <sup>3</sup>	Пласт	Коефіцієнт вилучення	Видобувний потенціал, тис. м <sup>3</sup>
Любельська 1, 2, 3, 4 і 5	1 043 275	$n_6^6$	0,47	490 339
Любельська 3	4 472 034	$n_7 n_7^1 n_7^B n_8 n_9$	0,47	2 101 856
Любельська 4 і 5	1 278	$n_7 n_7^1 n_7^B$	0,47	601
Всього по родовищу	5 516 587		0,47	2 592 796

Таблиця 3

Розрахунок видобувного потенціалу для прогнозних запасів газів вугільного пласта v<sub>6</sub>

Райони ЛЬВ	Родовище кам'яного вугілля	Поле шахти, ділянка	Запаси вуглеводневих газів, тис. м <sup>3</sup> категорія С2	Сучасний видобувний потенціал, тис. м <sup>3</sup>	Ресурси вуглеводневих газів, тис. м <sup>3</sup> категорії С3 перспективні Д <sub>1</sub> Д <sub>2</sub> прогнозні	Видобувний г потенціал, тис. м <sup>3</sup>
Червоноградський геологопромисловий район	Забузьке	Червоноградська 2	С2 1 773 900	833 733	С <sub>3</sub> 289 700 Д <sub>1</sub> 76 100 Д <sub>2</sub> 278058	136 159 35 767 130 687
		(резервний блок пласта v <sub>6</sub> )				
		Червоноградська 5				
		Червоноградська 6				
Червоноградський геологопромисловий район	Межиріченське	Великомостівська 4	С2 580 500	272 835	С <sub>3</sub> 297500 Д <sub>1</sub> 54784 Д <sub>2</sub> 33180	139 825 25 7481 5 595
		(«Відродження»)				
		Великомостівська 7 (Зарічна), резервний блок пласта v <sub>6</sub>				
По району			С2 2354400	1 106 568	С <sub>3</sub> 587200 Д <sub>1</sub> 121884 Д <sub>2</sub> 311238 Д <sub>1</sub> 355412	275 984 57 285 146 282 167 044
Південно-Західний вугленосний район	Разом родовищах	Тягльська 3			Д <sub>1</sub> 312983 Д <sub>2</sub> 730292	147 102 343 237
		Любельські 2, 3, 4 і 5				
		Ділянка Межиріччя-Західна				
Всього по району					Д <sub>1</sub> 668395 Д <sub>2</sub> 730292 Д <sub>1</sub> 690580 Д <sub>1</sub> 1 358 975 Д <sub>2</sub> 730292	314 146 343 237 324 573 638 718 343 237
Всього по пласта v <sub>6</sub> Львівсько-Волинського басейну			С2 2 354 400	1 106 568	С <sub>3</sub> 587200 Д <sub>1</sub> 1480859 Д <sub>2</sub> 1041530	275 984 696 003 489 519

Отже можна припустити, що при застосуванні різних способів дегазації вугленосних товщі Південно-Західного району (з врахуванням прогнозних ресурсів для глибоких горизонтів) можна вилучити до 7,5 млрд м<sup>3</sup> газу. Сумарне значення сучасного видобувного потенціалу для прогнозних запасів вугільного пласта  $v_6$  по досліджених ділянках і родовищах басейну становить 2,6 млрд м<sup>3</sup>.

Це лише наближений розрахунок, адже практична реалізація проектів із видобутку метану вугільних пластів залежатиме від залучення сучасних технологій, інвестицій та досвіду провідних енергетичних компаній світу. Супутній газ-метан може розглядатися як нетрадиційне джерело вуглеводневих газів.

Розроблені технології дегазації вугленосної товщі дозволять досягнути підвищення безпеки праці при видобутку вугілля; поліпшення екології навколишнього середовища; використання додаткового дешевого енергоносія; підвищення ефективності вуглевидобувного виробництва. Метан при цьому може оцінюватися як основна та самостійна корисна копалина, а її видобуток здійснюється незалежно від розробки вугільних пластів або як супутня корисна копалина, вилучення якої технологічно необхідне для здійснення безпечного видобутку основної корисної копалини – вугілля. Оцінка метану як корисної копалини, підрахунок його запасів та перспективних ресурсів залежать від: геологічної будови вугільного родовища та форм знаходження метану у вугленосних відкладах; масштабу покладів (скупчень); практичної і соціальної (для безпеки видобутку) потреб; технологій вилучення та використання метану; доступності освоєння метану вугільних родовищ; економічної і екологічної доцільності видобутку та використання метану [1]. Вплив цих факторів змінюється з часом. Оцінка метану як корисної копалини у вугільних родовищах повинна здійснюватися як з позицій сьогодення, так і з прогнозних позицій, що враховують можливості і перспективи вдосконалення існуючих технологій видобутку метану з вугленосних відкладів, так і створення нових. Обґрунтування і критерії для підрахунку ресурсів (запасів) газу (метану) на вугільних родовищах залежать від направленості, цільового призначення підрахунку їх запасів та оцінки як супутньої або основної корисної копалини.

За обсягами вилучення метанових газів газовугільні родовища Львівсько-Волинського басейну можуть бути джерелом місцевого і частково промислового газопостачання. Розроблені технології дозволять досягнути підвищення безпеки праці при видобутку вугілля; поліпшення екології навколишнього середовища; використання додаткового дешевого енергоносія – метану; підвищення ефективності вуглевидобувного виробництва.

#### **Список використаних джерел:**

1. Загальнодержавна програма розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 44, ст. 457 [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17#Text> (дата звернення 22.09.2024).

2. Про газ (метан) вугільних родовищ. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2009, № 40, ст. 578 [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-17#Text> (дата звернення 22.09.2024).

3. Бучинська І., Матрофайло М. Перспективи нарощування мінерально-сировинної бази Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Гірнична геологія та геоекологія. 2021. 1 (Сер 2021), 5–23. DOI: <https://doi.org/10.59911/mgg.2786-7994.2020.1.234260>.

4. Скільки природного газу споживає та видобуває Україна [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.slovoidilo.ua/2023/09/27/infografika/ekonomika/skilky-pryrodnoho-hazu-spozhyvaye-ta-vydobuvaye-ukrayina> (дата звернення 22.09.2024).

5. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічної оцінки загальних (емісійних) та видобувних запасів шахтного метану вуглегазових родовищ у зонах супутньої технологічно необхідної дегазації під час розробки вугільних пластів, затверджена наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин від 07.11.2008 № 523, зареєстрована в Міністерстві юстиції

України 12 січня 2009 р. за № 7/16023 [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0007-09#Text> (дата звернення 22.09.2024).

6. Газогенераційний потенціал кам'яновугільних басейнів України. Звіт про НДР. Наукові керівники В. Ю. Забілайло, В. І. Узіюк. Львів. ІГГГК НАН України, Львів. 2001. № держ. реєстрації 0101U005160. 172 с.

7. Методичні вказівки із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до підрахунку запасів і оцінки ресурсів пластового газу (метану) вугільних родовищ на ділянках надр, промислова розробка яких не здійснювалась, затверджені наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин від 30.12.2013 № 569, уведено в дію з 1 лютого 2014 року [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0569339-13#Text> (дата звернення 22.09.2024).

8. Касьянов В. В., Касимов О. И. Метод расчета извлекаемых запасов метана в угольных месторождениях. Уголь Украины. 1986. № 8. С. 42–45.

9. Матрофайло М. М., Бучинська І. В., Побережський А. В. Походження і розподіл вуглеводневих газів у вугленосних відкладах Львівсько-Волинського басейну. Геологія і геохімія горючих копалин. 2017. №3–4 (172-173) С. 87-105

10. Узіюк В. І. Сокоренко С. С., Шайнога І. В. Метано-генераційний потенціал, сучасна газоносність Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського басейну і перспектива видобутку метану. Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов. Днепрпетровск, 2010. Вып. 88. С. 86–99.

11. Бучинська І. В., Явний П. М. Метаноносність вугленосної товщі Львівсько-Волинського басейну. Геологія і геохімія горючих копалин. 2012 № 3–4. С. 17–28.

12. Сокоренко С., Костик І., Матрофайло М. Особливості сучасної природної газоносності вугільних пластів та вуглевмісних порід Любельського родовища кам'яного вугілля Львівсько-Волинського басейну. Геолог України. 2011. № 2, (34). С. 81–89

13. Сокоренко С., Костик І., Узіюк В. Особливості газоносності вугільного пласта  $\mathcal{U}_6$  Львівсько-Волинського басейну і перспективи використання метану. Геологія і геохімія горючих копалин. 2009. № 2 (147). С. 19 – 30.

14. Костик І. О., Матрофайло М. М., Король М. Д. Перспективи сучасної природної газоносності вугільних пластів глибоких горизонтів Львівсько-Волинського басейну. Геолог України. 2013. № 3, (43). С. 50–59.



## ГЕОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА ТЕХНІЧНІ СКЛАДНОЩІ ПРИ РОЗВІДЦІ ВІЗЕЙСЬКИХ КОЛЕКТОРІВ НЕТРАДИЦІЙНОГО ТИПУ У МЕЖАХ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

*Левониук С.М.<sup>1</sup>, доктор філософії, serhii.levoniuk@ugv.com.ua;*

*Оринчак С.М.<sup>2</sup>, serhii.orynchak@ugv.com.ua;*

*Карпун В.М.<sup>2</sup>, vasyi.karpyn@ugv.com.ua;*

*Олексин М.М.<sup>2</sup>, mykhailo.oleksyn@ugv.com.ua;*

*Вергуненко О.П.<sup>2</sup>, oleksii.verhunenko@ugv.com.ua;*

*1 – Український науково-дослідний інститут природних газів,*

*АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна;*

*2 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна*

У рамках геологорозвідувальних робіт під час виконання проєкту з розвідки візейських колекторів нетрадиційного типу у межах Дніпровсько-Донецької западини ідентифіковано ряд геологічних ризиків та технічних складнощів у розкритті й інтенсифікації цих колекторів та охарактеризовано геологічні фактори, з якими вони пов'язані. Надано проміжні рішення по усім виявленим технічним складнощам та геологічним ризикам, рекомендовано вести їх постійний моніторинг в процесі подальших геологорозвідувальних робіт.

## GEOLOGICAL RISKS AND TECHNICAL CHALLENGES IN THE VISEAN UNCONVENTIONAL RESERVOIRS EXPLORATION WITHIN DNIPRO-DONETS DEPRESSION

*Levoniuk S.<sup>1</sup>, Doctor of Philosophy, serhii.levoniuk@ugv.com.ua;*

*Orynchak S.<sup>2</sup>, serhii.orynchak@ugv.com.ua;*

*Karpyn V.<sup>2</sup>, vasyi.karpyn@ugv.com.ua;*

*Oleksyn M.<sup>2</sup>, mykhailo.oleksyn@ugv.com.ua;*

*Verhunencko O.<sup>2</sup>, oleksii.verhunencko@ugv.com.ua;*

*1 – Ukrainian Research Institute of Natural Gases, JSC "Ukrgezvydobuvannya", Kyiv, Ukraine;*

*2 – JSC "Ukrgezvydobuvannya", Kyiv, Ukraine*

A number of geological risks and technical challenges during the intensification of these reservoirs were identified and the geological factors associated with them were characterized as part of exploration during the implementation of the project on Visean unconventional reservoirs exploration within the Dnipro-Donets depression. Intermediate solutions have been provided for all identified technical challenges and geological risks, it is recommended to conduct their constant monitoring in the process of further exploration.

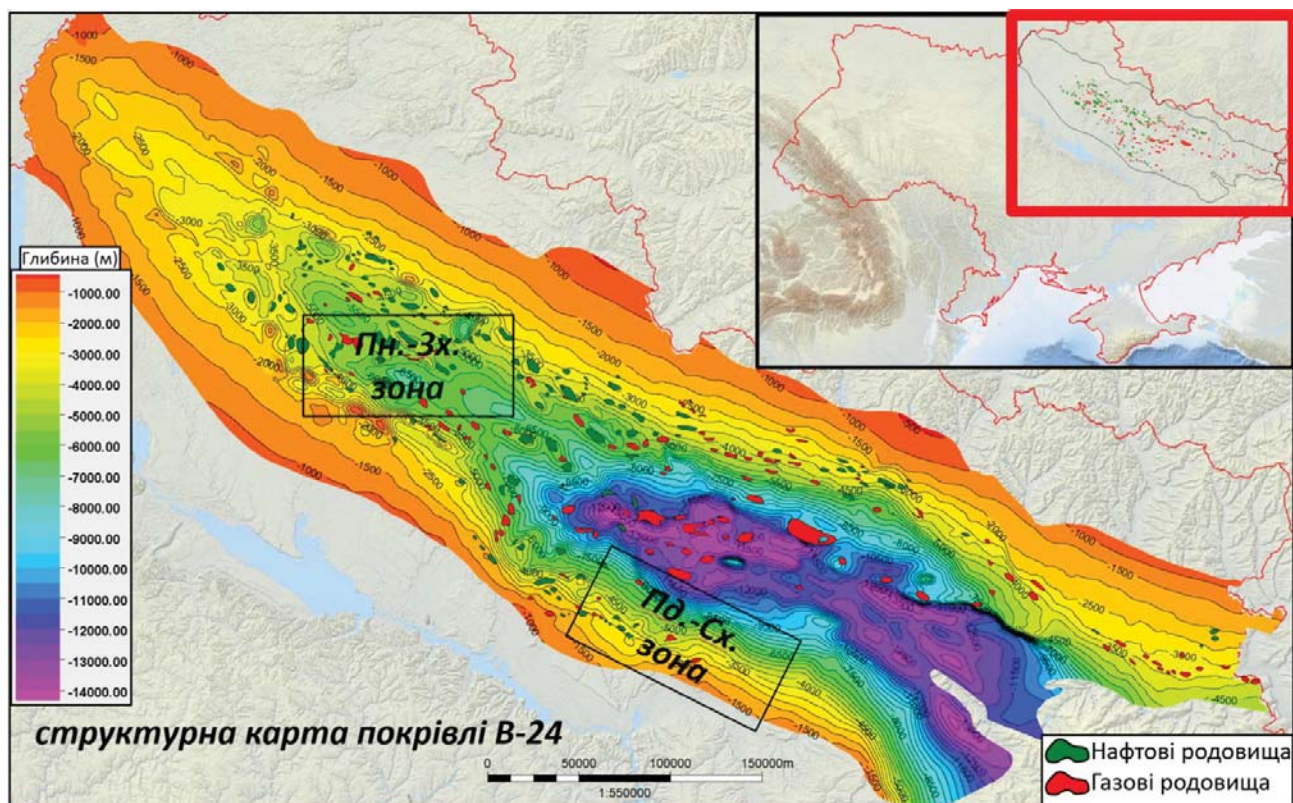
**Вступ.** Наразі в АТ «Укргазвидобування» (АТ УГВ) впроваджується проєкт з розвідки візейських колекторів нетрадиційного типу. Інтеграція петрофізичних даних, спеціальних лабораторних аналізів керну і шламу та історичних даних випробувань свердловин, додатково доповнених регіональними сейсмічними стратиграфічними дослідженнями, у сукупності вказують на багатообіцяючі нетрадиційні перспективні інтервали, приурочені до потужних товщ морських органічно збагачених нафтогазоматеринських порід (НГМП) горизонтів В-23, В-24-25, В-26. Середні оцінки ресурсів у межах усієї виділеної перспективної зони Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) у 1,7 трлн. кубометрів природного газу представляють додаткову ціль для нарощення видобутку вуглеводнів (ВВ) в Україні.

**Виклад основного матеріалу.** Згідно попередніх досліджень, у розрізі Дніпровсько-Донецької западини виділяється ряд основних нафтогазоматеринських формацій, як вугленосних (середньокам'яновугільні, раньосерпуховські та раньовізейські), так і приурочених до сланцевих і щільних карбонатних порід морського генезису (серпухівські, візейські, турнейські, девонські) (Лукін, 2011; Sachsenhofer et al, 2010; Misch et al., 2018).

Встановлено, що девонські відклади є найважливішими материнськими породами у межах Прип'ятського прогину та, скоріш за все, відіграють значну роль у генерації вуглеводнів в ДДЗ (Misch et al., 2016; Вакарчук та ін., 2013). Однак чимало дослідників (В. Гавриш, С. Мачуліна, В. Михайлов, І. Бабко, О. Лукін, В. Макогон, В. Огар,

R. Sachsenhofer, Я. Лазарук, І. Карпенко, С. Юрас, С. Левонюк та ін.) все ж таки вважають товщу порід у верхньому-нижньому візі з високим вмістом органічної речовини (В-23 рудівські верстви, карбонатні відклади В-24-25) найбільш продуктивною в Дніпровсько-Донецькому басейні в плані генерації вуглеводнів.

Об'єктом даних досліджень є нафтогазоматеринські породи горизонтів В-23 (кремністі або кальцитизовані органічно збагачені сланці), В-24-25 (щільні органічно збагачені карбонати), В-26 (кремністі органічно збагачені сланці) у межах виділених (Levoniuk et al., 2023) пн.-зх. та пд.-сх. перспективних зон Дніпровсько-Донецької западини (рис. 1).



**Рис. 1. Розміщення перспективних зон ДДЗ для розвідки візейських колекторів нетрадиційного типу**

Типові середні значення сучасного загального вмісту органічного вуглецю (ТОС) у В-23 рудівських верствах коливаються від 6–10 % ваг. (пн.-зх. зона) до 4–8 % ваг. (пд.-сх. зона), в загальному збільшуючись у напрямку від бортів до центральної частини басейну. Згідно досліджень за даними піролізу Rock-Eval, рентгенофлуоресцентного аналізу та спектрального гамма-каротажу, органічна речовина сланцевих відкладів горизонту В-23 представлена переважно керогеном II типу, з початковим водневим індексом (HI), що перевищує 400-450 мгВВ/гТОС. Також в деяких взірцях спостерігається значна домішка керогену типу III, пов'язана з привносом наземної рослинності в басейн, та керогену типу I, головним чином пов'язаного з водоростями, які складають карбонат-домінуючі відклади даних порід. Глибина цих відкладів у межах перспективних зон становить переважно 4–5 км зі зменшенням у південно-східній частині ДДЗ до 2,0–3,5 км. Товщини порід збільшуються у напрямку занурення в басейн та коливаються у межах зон у середньому в інтервалі 20–40 м. При цьому зрілість порід за відбивною здатністю вітриніту на одній і тій же глибині 4,5 км збільшується з  $R_o=0,8-1,0$  % (головне нафтове вікно) у пн.-зх. зоні до  $R_o=1,3-1,6$  % (вікно вологого газу) у крайній східній частині пд.-сх. зони. Вміст глинистих мінералів в основному складає менше 40 %. Пористість зменшується від середніх значень 6-11 % у межах пн.-зх. зони до 4-7,5 % у пд.-сх. зоні за рахунок більшого вмісту карбонатних мінералів у межах останньої.

Відклади горизонтів В-24-25 переважно складені вапняками від ясно- до темно-сірих, які перешаровуються з аргілітовими прошарками. Характерна низька пористість (від 1 % до 6 %, в основному 1-3 %), що створює додаткові складнощі при розробці тих товщ. Особливу увагу для розробки нетрадиційних колекторів привертають відклади глибокої шельфової фації, складені в основному темно-сірими біокластовими пелоїдними уламковими вакстоунами / пакстоунами (~50-90 % карбонатних мінералів), а у верхній частині під рудівськими верствами – чорними карбонат-домінуючими мадстоунами, високорадіоактивними, збагаченими на органічні речовини (типові середні значення ТОС коливаються від 1 до 4 % ваг.) (Levoniuk et al., 2023). У межах глибокого шельфу та в приосьовій частині басейну товщина нижньовізейських карбонатів досягає понад 300 м, зменшуючись до менш ніж 50 м на мілководному шельфі поблизу південно-західного борту западини. Більша глибина моря на глибоководному шельфі та в басейні сприяла безкисневим умовам, дозволяючи значному збереженню органічної речовини.

У рамках проєкту з розвідки цих колекторів нетрадиційного типу, наразі завершено регіональний етап геологічного та технічного вивчення колекторів, використавши усі наявні дані по ключових глибоких свердловинах ДДЗ та провівши більше 20 технічних операцій по інтенсифікації припливу вуглеводнів на деяких із них. Було розпочато етап вертикального пілотного буріння.

У процесі геологорозвідувальних робіт нами ідентифіковано ряд технічних складнощів та геологічних ризиків, усі вони пов'язані із різними геологічними факторами, що притаманні цим відкладам.

1. Перша та найголовніша складність – це питання технічно правильного та ефективного вилучення вуглеводнів із низькопроникних нетрадиційних відкладів. Для нетрадиційних інтервалів В-23, В-24-25 (у межах пн.-зх. та пд.-сх. перспективних зон), В-26 (лише пн.-зх. перспективна зона) нами проведено близько 15 діагностичних ін'єкційних випробувань (DFIT) та 10 гідравлічних розривів порід (ГРП) на близько 10 старих свердловинах. 2 об'єкти на 2 свердловинах після інтенсифікації працюють в режимі набору тиску та з періодичною роботою з дебітом до 4 тис. м<sup>3</sup>/добу газу з виносом рідини; ще з одного об'єкта було отримано приплив вуглеводнів з максимально встановленим дебітом до 60 тис. м<sup>3</sup>/добу; два об'єкти наразі очікують на ГРП, на одному з яких вже після перфорації отримано притік газу з дебітом до 17 тис. м<sup>3</sup>/добу. По інших об'єктах припливів ВВ не зафіксовано. Найбільш суттєві результати отримані по свердловинам пд.-сх. перспективної зони ДДЗ.

Ключові геологічні параметри цих відкладів на основі результатів вищезазначених технічних операцій:

- позитивні: нормальний стрес режим (умови розтягування), від середньої до високої горизонтальна стрес анізотропія порід, добра провідність колектору та здатність до акумуляції вуглеводнів, для пд.-сх. зони – висока імовірність для релаксації порід (з причини більшого впливу значної після-Кам'яновугільної тектонічної інверсії басейну);

- негативні: високий градієнт тріщинуватості (fracture gradient) – для невдалих операцій це значення вище 1.0 psi/ft, причиною якого, ми вважаємо, є ділянки з несприятливою високою анізотропією горизонтальних напруг порід та, найголовніше, високі напруги у присвердловинній зоні (process zone stress, PZS) в результаті складності цієї зони (near wellbore complexity). Тиски під час виконання робіт з ГРП перевищували 15000 psi. У свердловинах з меншим впливом вищезазначених негативних факторів було отримано притоки вуглеводнів.

Рішенням для даної проблеми є випробування більшої кількості свердловин, передусім нових, методом DFIT у різних геологічних умовах. Де буде отримано значення градієнту тріщинуватості нижче 1.0 psi/ft та будуть сприятливі стрес умови – необхідно проводити ГРП та випробування.

2. Проблема дуже високого (значно понаднормового) вмісту сірководню (H<sub>2</sub>S) після ГРП та випробування інтервалів горизонтів В-23, В-24-25 однієї зі свердловин пд.-сх.



перспективної зони. У процесі буріння у 2018 р. при первинному розкритті цих пластів та одразу після проведення ГРП у 2023 р. жодних ознак сірководню не визначено. Сірководень визначено через 2 місяці після проведення інтенсифікації, при цьому частина рідини ГРП ще не вийшла зі свердловини на той час.

Ми вважаємо, що цей сірководень має техногенне походження, механізм процесу його утворення наступний. Відклади горизонтів В-23, В-24-25 утворювалися в відновлювальних умовах басейну осадо накопичення і мають велику кількість органічних решток. В таких умовах, сірка також широко проявлена як безпосередня складова органіки, оскільки не була окиснена і винесена при діагенезі. У свердловині, вірогідно, внаслідок робіт з інтенсифікації та розчинення породи, вивільнилась частина сірководню через іонний обмін хімічно розбалансованого середовища. Згідно мінералогічного складу порід (по даним ГДС та аналізам керну/шламу), встановлена наявність достатньо значного об'єму піриту ( $\text{FeS}_2$ ) до 5%; таким чином, наявність безпосередньо сірки можна вважати обґрунтованою. Біогенна сульфат редукція менш ймовірна, оскільки вона характерна для нафтових пластів; також відкритим питанням є існування на глибинах близько 4500 м сприятливих умов для сульфатредуючих бактерій. В даному випадку, більше значення має пояснення хімічних процесів в свердловині на контакті технологічної рідини, пластового флюїду, рідин інтенсифікації та порід. При контакті та взаємодії рідини для ГРП (особливо це стосується агентів для пониження тертя *anionic friction reducer*) із значно піритизованими породами горизонтів В-23, В-24-25 відбувається хімічна реакція, в результаті якої утворюється сірководень.

Дану проблему поки зафіксовано лише на одній свердловині, для її неповторення вирішено при наступних операціях ГРП замінити вищенаведені агенти на інші, які згідно попередніх досліджень в рамках аналогічних проєктів не повинні при взаємодії з піритизованими породами бути причиною утворення сірководню.

3. Питання можливої недостатньої термальної зрілості нафтогазоматеринських порід горизонтів В-23, В-24-25 для генерування вуглеводнів в комерційних об'ємах на невеликих глибинах пд.-сх. перспективної зони.

Встановлено, що у межах пн.-зх. зони надзвичайно великі середні глибини вертикального буріння (понад 4,0-4,5 км) необхідні для доступу до значної частини перспективних площ в оптимальному вікні термальної зрілості порід ( $R_o > 1,0\%$ ). Питання зрілості візейських НГМП для цієї зони досліджувалося багатьма науковцями (Лукін, 2011; Sachsenhofer et al, 2010; Misch et al., 2016; Misch et al., 2018). А ось зрілість цих порід у межах пд.-сх. перспективної зони була досліджена не комплексно, були лише окремі виміри по декільком свердловинам. Нами проаналізовано увесь доступний у межах цієї території керновий матеріал, також було відібрано додатково взірці керну та шламу в нових свердловинах. По цим взірцям (близько 20 свердловин) проведено мікроскопічне визначення відбивної здатності вітриніту, а також піролітичні дослідження на Rock-Eval. На основі проінтерпретованих даних, було побудовано геохімічну модель та карту термальної зрілості пд.-сх. зони. Встановлено, що зрілість порід у межах даної зони на однаковій глибині суттєво збільшується з заходу на схід. Наприклад, на глибині 3000 м ці значення збільшуються від  $R_o = 0,6-0,7\%$  до близько 1,3%. Тобто, на цих ділянках є змога розкрити нафтогазоматеринські породи горизонтів В-23, В-24-25 зі зрілістю, достатньою для генерування вуглеводнів в комерційних об'ємах, на відносно невеликих глибинах.

Причина цього в значній після-Кам'яновугільній (скоріш за все, пізньопермській) тектонічній інверсії басейну. Протягом інверсії було припіднято та еродовано значну частину розрізу, особливо це чітко простежується в крайній південно-східній частині басейну, яка безпосередньо примикає до Західного Донбасу, де ця тектонічна подія набула ще більшої інтенсивності. У крайній східній частині пд.-сх. перспективної зони, згідно розрахунків, було припіднято відклади на більше 3 км.



4. Зменшення вмісту ТОС, пористості, проникності порід з північного заходу в південно-східному напрямку. Основна причина: збільшення відносного вмісту карбонатних мінералів в мінералогічному складі порід нетрадиційних колекторів.

Поки що значних технічних проблем у зв'язку з цим не очікується, так як для даних інтервалів і так необхідно бурити протяжні субгоризонтальні свердловини з багатостадійними ГРП, що показало свою дієвість на родовищах Пн.-Америци, Аргентини, Китаю навіть в умовах дуже низької пористості, проникності та невеликої крихкості порід. Дане питання планується додатково досліджувати в декількох лабораторіях за допомогою спеціального аналізу кернового та шламового матеріалу.

5. Питання можливої низької крихкості досліджуваних порід та їх податливості до ефективного ГРП (rock brittleness & fracability). Мінералогічний склад порід має важливе значення для ефективно розробки колекторів нетрадиційного типу. Традиційно ці породи складаються із кремнезему, глинистих мінералів, карбонатних мінералів (кальцит, доломіт), піриту та керогену. Залежно від співвідношень цих ключових компонентів породи, можна зробити припущення щодо якості виконання ГРП для цих товщ. Міжнародний досвід розробки даних колекторів продемонстрував, що здійснити якісний багатостадійний ГРП і отримати позитивні економічно обґрунтовані результати можна при вмісті глинистих мінералів у відкладах менше 40 %. Це пов'язано із геомеханічними властивостями порід, а саме показником крихкості (Brittleness Index) (Jarvie et al., 2007). Зазвичай високий вміст кальциту не дуже позитивно впливає на вуглеводневий потенціал резервуарів нафтогазоматеринської породи, оскільки він зменшує пористість, але для крихкості порід є позитивним мінералом, так як не робить породу пластичнішою. Кремнезем позитивно впливає на механічну якість пласта. Пірит і кероген також впливають, але неістотно, оскільки їх відносний вміст від загального мінералогічного складу нетрадиційного колектора не є вагомим.

Згідно проведених спеціалізованих досліджень керну та шламу із цільових горизонтів методами рентгено-дифракційного (XRD) та рентгенофлуоресцентного (XRF) аналізів, а також проведених сучасних методів ГДС на ключових свердловинах, у мінералогічному складі цих порід вміст глинистих мінералів, в основному, не перевищує 30-40 % (В-23) і 10-15 % (В-24-25).

У той же час, дане питання потребує подальших досліджень. По-перше, наразі нами більш ширше залучаються до спеціалізованих досліджень керну та шламу крім вітчизняних лабораторій також закордонні, які мають значний досвід роботи саме з нетрадиційними колекторами. По-друге, для нових свердловин залучається сервіс рентгенофлуоресцентного (XRF) аналізу шламового матеріалу в процесі буріння з мінімальним кроком відбору шламу, чого не робилось в АТ УГВ раніше. По-третє, зі збільшенням бази даних мінерального складу порід горизонтів В-23, В-24-25, нами поступово вираховується оптимальне рівняння відносного індексу крихкості цих порід, що зрештою повинно дозволити як встановити вертикальну та латеральну мінливість цього показника, так і провести ранжування перспективних зон ДДЗ зі встановленням ділянок, найбільш сприятливих для проведення інтенсифікації в цих відкладах.

6. Проблема можливої додаткової міграції летючих вуглеводнів (передусім, газу) з нафтогазоматеринських порід горизонтів В-23, В-24-25 під час значної після-Кам'яновугільної (скоріш за все, пізньопермської) тектонічної інверсії басейну у межах пд.-сх. зони, описаної в п.3.

Чи була наявна дана проблема та які об'єми видобувних вуглеводнів лишились у цих нетрадиційних колекторах – покажуть лише результати спеціальних досліджень керну, шламу та пластового газу під час та після буріння свердловин-вертикальних пілотів та субгоризонтальних ділянок, а також, звичайно, результати інтенсифікації та випробування.

**Висновки.** Наразі в АТ «Укргазвидобування» впроваджується проєкт з розвідки колекторів нетрадиційного типу горизонтів В-23 (сланці), В-24-25 (щільні карбонати), В-26 (сланці) у межах двох перспективних зон Дніпровсько-Донецької западини.

У процесі геологорозвідувальних робіт нами ідентифіковано ряд геологічних ризиків та технічних складнощів у розкритті й інтенсифікації цих колекторів, усі вони пов'язані із різними геологічними факторами, що притаманні цим відкладам. Серед технічних складнощів ключовими є: правильна та ефективна інтенсифікація та вилучення вуглеводнів із цих низькопроникних відкладів; значно понаднормовий вміст сірководню після ГРП та випробування нетрадиційних інтервалів однієї зі свердловин; можлива низька крихкість досліджуваних порід та їх податливість до ефективного ГРП. Основні геологічні ризики: можлива недостатня термальна зрілість досліджуваних нафтогазоматеринських порід для генерування вуглеводнів в комерційних об'ємах, особливо, на невеликих глибинах пд.-сх. перспективної зони; зменшення вмісту ТОС, пористості, проникності порід з північного заходу в південно-східному напрямку; можлива додаткова міграція летючих вуглеводнів (передусім, газу) з нафтогазоматеринських порід під час значної після-Кам'яновугільної (скоріш за все, пізньопермської) тектонічної інверсії басейну у межах пд.-сх. зони.

По усім виявленим технічним складнощам та геологічним ризикам знайдено проміжні рішення, моніторинг даних питань буде продовжуватися в процесі подальших геологорозвідувальних робіт.

**Подяки.** Автори щиро вдячні АТ «Укргазвидобування» за дозвіл опублікувати дані результати.

#### **Список використаних джерел:**

1. Лукин, А. Е. (2011). О природе и перспективах газоносности низкопроницаемых пород осадочной оболочки Земли. Доповіді НАН України.
2. Мачуліна С. О., & Бабко І. М. (2004) До геології візейської доманікоїдної товщі Дніпровсько-Донецької западини. Нафтова і газова промисловість, 5, 3–8.
3. Михайлов, В. А., Вакарчук, С. Г., Зейкан, О. Ю., Касянчук, С. В., Куровець, І. М., Вижва, С. А., ... & Кульчицька, Г. О. (2014). Нетрадиційні джерела вуглеводнів України.
4. Gavrish, V. K., Machulina, S. A., & Kurilenko, V. S. (1994). Visean oil-source formation of the Dnieper-Donets basin. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, 7, 92-95.
5. Iuras, S., Orlyuk, M., Drukarenko, V., levoniuk, S., Karpyn, V., & Popadynets, T. (2024). New workflow for petrophysical evaluation of Visean unconventional organic rich reservoirs within Dnipro-Donets Depression. Geofizicheskiy Zhurnal, 46(4).<https://doi.org/10.24028/gj.v46i4.304092>
6. Jarvie, D. M., Hill, R. J., Ruble, T. E., & Pollastro, R. M. (2007). Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment. AAPG bulletin, 91(4), 475-499. <https://doi.org/10.1306/12190606068>
7. Levoniuk, S., Iuras, S., Csizmeg, J., Vertiukh, A., Karpyn, V., Verhunencko, O., Khrapach, T., Kruhlov, B., Karpenko, I., & Sralla, B. (2023) Geological Settings and Depositional Model of Visean Unconventional Plays Within Dnipro-Donets Basin. AAPG 2023 International Conference and Exhibition (ICE).
8. Levoniuk, S., Csizmeg, J., Orynychak, S., Ostafiichuk, A., Verhunencko, O., Karpyn, V., Vertiukh, A., Khrapach, T., Iuras, S., Kruhlov, B., & Sralla, B. (2024) Visean Unconventional Plays at Dnieper-Donets Basin, Ukraine: Geological Settings and Exploration Challenges. AAPG 2024 Europe Regional Conference (ERC).
9. Misch, D, Gross, D., Mahlstedt, N., Makogon, V., & Sachsenhofer, R. (2016), Shale Gas/shale oil potential of Upper Visean Black Shales in the Dniepr-Donets Basin (Ukraine). Marine and Petroleum Geology, 75, 203-219. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.04.017>
10. Misch, D., Wegerer, E., Gross, D., Sachsenhofer, R. F., Rachetti, A., & Gratzer, R. (2018). Mineralogy and facies variations of Devonian and Carboniferous shales in the Ukrainian Dniepr-Donets Basin. Austrian Journal of Earth Sciences, 111(1), 15-25. <https://doi.org/10.17738/ajes.2018.0002>
11. Sachsenhofer, R. F., Shymanovskyy, V. A., Bechtel, A., Gratzer, R., Horsfield, B., & Reischenbacher, D. (2010). Paleozoic Source Rocks in the Dniepr-Donets Basin (Ukraine). Petroleum Geoscience, 16, 377-399. <https://doi.org/10.1144/1354-079309-032>

## НОВА ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАЦІЯ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЗОНИ КРОСНО В КОНТЕКСТІ ПЕРСПЕКТИВ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ

*Михалевич І.Л.<sup>1</sup>, к. геол. н., ihor.mykhalevych@ugv.com.ua,*

*Заклинський І.М.<sup>2</sup>, ihor.zaklynskyi@ugv.com.ua,*

*Бодлак В.П.<sup>3</sup>, vasyi.bodlak@ugv.com.ua,*

*Тиркус П.Б.<sup>3</sup>, peter.tyrkus@ugv.com.ua,*

*Граб О.І.<sup>3</sup>, grab.oleh@ugv.com.ua,*

*Малетич Ю.І.<sup>3</sup>, с. н. с., jurii.maletych@ugv.com.ua,*

*1 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна,*

*2 – Стрийське відділення бурових робіт БУ «Укрбургаз»,*

*3 – Львівське відділення УкрНДІгазу, Львів, Україна*

Оновлено дані щодо потенціалу виявлення покладів газу в ущільнених породах-колекторах палеогену з використанням нових даних щодо дослідження ядерного матеріалу та гравірозувідки.

## NEW GEOLOGICAL INFORMATION OF THE NORTHWESTERN PART OF THE KROSNO AREA IN THE CONTEXT OF OIL AND GAS POTENTIAL PROSPECTS

*Mykhalevych I.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), ihor.mykhalevych@ugv.com.ua,*

*Zaklynskyi I.<sup>2</sup>, ihor.zaklynskyi@ugv.com.ua,*

*Bodlak V.<sup>3</sup>, vasyi.bodlak@ugv.com.ua,*

*Tyrkus P.<sup>3</sup>, peter.tyrkus@ugv.com.ua,*

*Hrab O.<sup>3</sup>, grab.oleh@ugv.com.ua,*

*Maletych Y.<sup>3</sup>, jurii.maletych@ugv.com.ua,*

*1 – JSC «Ukrigasvydobuvannya», Kyiv, Ukraine,*

*2 – Stryi branch of drilling operations of branch drilling division Ukrburgaz,*

*3 – LB UkrNDIgas, Lviv, Ukraine*

The data on the potential of searching for tight gas reservoir of the Paleogene have been updated using new data on the study of core material and gravity survey data.

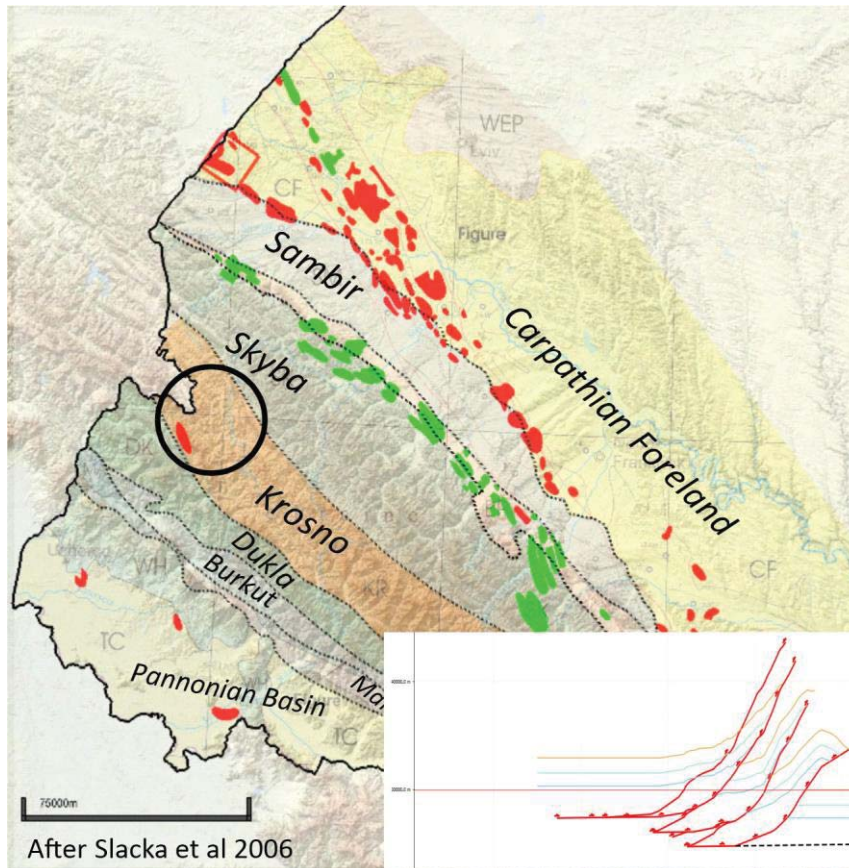
Відповідно до матеріалів геологічної зйомки, Кросненська (Сілезька) зона вважається єдиною тектонічною одиницею Зовнішніх Карпат площею близько 5500 км<sup>2</sup>. Загальна структура зони складчастко-лускувата, ширина лусок від 0,5 до 5 км, вони простягаються в північно-західному напрямку. Залягання лусок досить круте на поверхні (до 80<sup>0</sup>), але на глибинах 3-5 км виположується до майже горизонтальних. Таке бачення геологічної будови співзвучне з результатами палінспатичних реконструкцій, результати яких було наведено у тезах минулорічної доповіді (рис. 1). Також нами опрацьовувалось питання щодо потенціалу виявлення покладів вуглеводнів у цій зоні нетрадиційного типу. Було визначено основні питання, відповідь на які дозволить підтвердити чи навпаки заперечити такий потенціал, а саме:

- об'єм ресурсного потенціалу повинен перевищувати об'єми традиційних покладів;
- достатня проникність;
- надлишковий тиск.
- наявність природньої тріщинуватості;
- вміст органічної речовини;
- чи досягли відклади термічної зрілості для утворення ВВ;
- геомеханічні характеристики.

Також необхідно зазначити, що ця територія має погане двовимірне сейсмічне покриття відносно Більче-Волицької (БВ) зони (переважно газова) та Бориславсько-Покутської (БП) зони (переважно нафтова). Є лише ~500 кілометрів 2D-даних, значна частина яких має низьку якість. Контроль свердловин також незначний – лише 20



свердловин мають глибину понад 1000 м, і більшість із них знаходяться в північно-західній частині зони. Лише одна свердловина (Тухолька-1) пробурена стратиграфічно глибше олігоцену. Для порівняння, БВ має 2500 свердловин на площі 5000 км<sup>2</sup>, а БП має близько 5000 свердловин на площі 2000 км<sup>2</sup>.



**Рис. 1. Зона Кросно та результати балансування розрізу**

Обмеження як сейсмозв'язки, так і свердловинних даних доповнюється складністю стратифікації зони Кросно та відсутністю чітких маркуючих рефlectorів, тому вибір правильної структурної та тектонічної моделі є складним завданням. Першим кроком у нашому підході була спроба створити як регіональний (у межах усього Карпатського регіону), так і локальний (у межах лише Кросненської зони) збалансовані розрізи. Найкращим алгоритмом балансування для нашої зони є розлом-вигин-складка з крутими кутами складок і перетином північної області. У регіональному масштабі типове скорочення становить близько 44% з денудацією близько 34%. Враховуючи ці параметри, майбутня програма сейсмозв'язки 2D повинна включати велику довжину лінії (>60 км), з потужним джерелом і великими віддаленнями, з особливою увагою до обробки.

Іншим важливим аспектом вивчення цієї зони є пошук найкращих методів буріння, розробки та інтенсифікації. Хоча пісковики та алевроліти Кросненської зони загалом мають низьку пористість і проникність, більшість із них є газонасиченими та мають надлишковий тиск, без видимих газоводяних контактів. Кросненська зона також сильно тріщинувата, багато тріщин заповнені кальцитом та частково глинистим матеріалом. Основними критеріями для розгляду зони Кросно як потенційного нетрадиційного колектора є ТОС (total organic carbon) >2%, Ro (ступінь термальної зрілості) > 0,8-1,3%, вміст глини <40%, пористість понад 2% і тиск >125% від гідростатичного. Відповідно, детальні польові та основні дослідження можуть оцінити ці параметри. Перші два критерії (ТОС і Ro) є особливо критичними, а інші параметри знаходяться в діапазоні бажаних значень. Згідно з попередніми розрахунками, для орієнтовної площі близько 100 км<sup>2</sup> (Боринська ділянка, як



приклад), враховуючи породи-колектори з пористістю більше 2% пористості обризована ресурсна база Р-01 може складати приблизно 2 трлн м<sup>3</sup>.

Результати дослідження керна з свердловин північно-західної частини Кросненської зони (в зоні діяльності АТ «Укргазвидобування») не дають однозначних підстав для виділення потенційної ущільнено-газонасиченої частини розрізу, проте із використанням даних гравірозвідки, можна спрогнозувати ділянки, де має сенс оцінка ресурсного потенціалу як традиційних так і ущільнених порід-колекторів.

Для підтвердження вищенаведеного припущення необхідно буріння свердловини у зонах від'ємних аномалій гравітаційного поля із параметричними завданнями (значним відсотком відбору керна, якісними геофізичними дослідженнями у стовбурі свердловини, в тому числі ФМІ та літощільнісними).

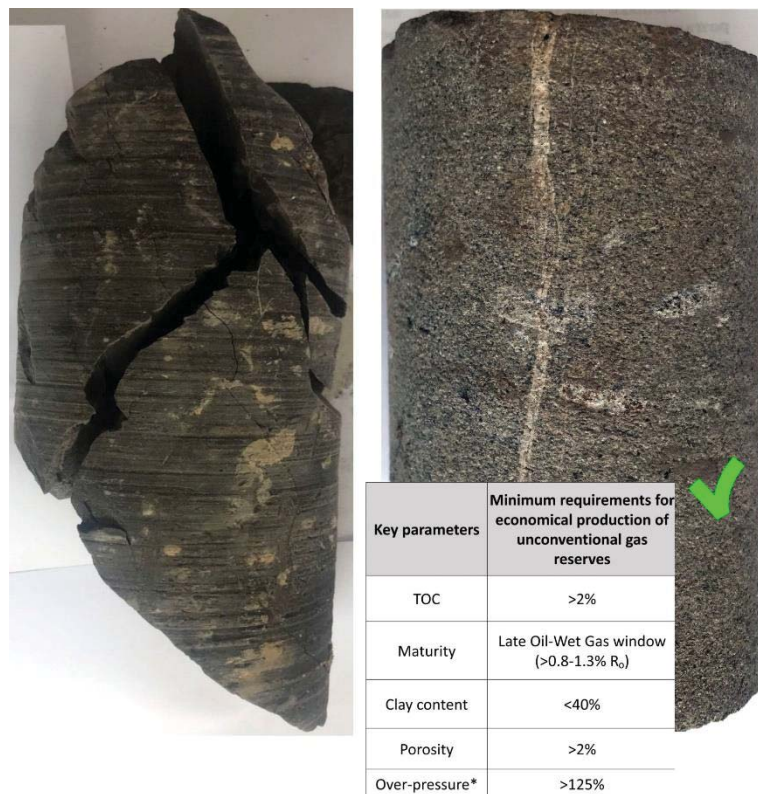


Рис. 2. Зразки керна, які аналізувалися в 2024 р.

## КІЛЬКІСНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ СЕЙСМІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОЛОГІЧНОГО РОЗРІЗУ

*Кузьменко П.М.<sup>1</sup>, доктор філософії, pavlo.kuzmenko@ugv.com.ua,*

*Маляр В.О.<sup>1</sup>, доктор філософії, viktor.maliar@ugv.com.ua,*

*Краснікова О. О.<sup>2</sup>, olena.krasnikova@ugv.com.ua,*

*Антониук В.В.<sup>1</sup>, доктор філософії, vitalii.antoniuk@ugv.com.ua,*

*Білоус Ю.В.<sup>2</sup>, yurii.bilous@ugv.com.ua,*

*Кашуба Г.О.<sup>1</sup>, доктор філософії, hryhorii.kashuba@ugv.com.ua,*

*1 – АТ «УкрГазвидобування», Київ, Україна,*

*2 – УкрНДІГаз, Харків, Україна*

В роботі представлений аналіз деяких методів кількісної інтерпретації, особливості застосування та їх обмеження. Дані методи мають перспективи застосування під час пошуку і розвідки покладів вуглеводнів в межах Дніпрово-Донецької западини та західного регіону України. Вони дозволяють при використанні якісних сейсмічних, та свердловинних даних спрогнозувати літологію порід, їхні колекторські властивості та в окремих випадках насичення (в залежності від фізичних особливостей розрізу та наявних матеріалів).

## QUANTITATIVE INTERPRETATION OF SEISMIC DATA FOR SOLVING PROBLEMS OF PREDICTION THE CHARACTERISTICS OF A GEOLOGICAL SECTION

*Kuzmenko P., PhD, pavlo.kuzmenko@ugv.com.ua,*

*Maliar V., PhD, viktor.maliar@ugv.com.ua,*

*Krasnikova O., olena.krasnikova@ugv.com.ua,*

*Antoniuk V., PhD, vitalii.antoniuk@ugv.com.ua,*

*Bilous Y., yurii.bilous@ugv.com.ua,*

*Kashuba G., PhD, hryhorii.kashuba@ugv.com.ua,*

*1 – JSC UkrGasVydobuvannya, Kyiv, Ukraine,*

*2 – UkrNDIGas, Harkiv, Ukraine*

The paper presents an analysis of some methods of quantitative interpretation, features of application and their limitations. These methods have prospects for application during exploration of hydrocarbon deposits within the Dnipro-Donetsk basin and the western region of Ukraine. When high-quality seismic and well data are used, methods of quantitative interpretation allow to predict the lithology, reservoir properties and, in some cases, saturation (depending on the physical features of the section and available materials).

**Вступ.** Під терміном «кількісна інтерпретація сейсмічних даних» зазвичай мають на увазі трансформацію сейсмічних атрибутів, як правило амплітуд в певні фізичні параметри, що пов'язані із властивостями гірських порід. Завдяки цим фізичним параметрам вдається спрогнозувати літологію, покращенні колекторські властивості при оптимальних умовах – насичення. На практиці під кількісною інтерпретацією сейсмічних даних мають на увазі перш за все різноманітні сейсмічні інверсії та подальшу класифікацію/прогноз властивостей та AVO аналіз. Кожен із них очікувано має переваги, недоліки і, звісно, фізичні та технологічні обмеження до застосування. Сформовані основні обмеження та фактори, що базуються на досвіді авторів під час роботи на деяких об'єктах Дніпрово-Донецької западини та західного регіону України. Критично проаналізовані підходи до кількісної інтерпретації сейсмічних даних для вирішення задач прогнозування характеристик геологічного розрізу та обмеження застосованих методів.

**Методика досліджень.** Методика досліджень кількісної сейсмічної інтерпретації складається з двох частин: перша зводиться до встановлення зв'язку між петрофізичними властивостями та літологією порід з їхніми пружними властивостями при використанні каротажних даних та використанні теоретичних залежностей між даними параметрами (Mavko, Mukerji, & Dvorkin, 2020). В другій частині встановлюються зв'язки між пружними

властивостями та сейсмічними атрибутами, що в сукупності дозволяє переходити від сейсмічного розрізу до прогнозу літології та насичення.

**Результати досліджень.** У даній роботі авторами наведено приклади успішного застосування кількісної інтерпретації для прогнозування літології та насичення, визначено обмеження методу та оптимальні умови.

Як правило першим, що використовується для прогнозування характеристик геологічного розрізу – AVO аналіз (amplitude versus offset). Цей метод зародився ще в минулому столітті, проте не втрачає своєї актуальності із часом, оскільки володіє такими перевагами як оперативність та простота у використанні та, що найбільш актуально для «грінфілдів», не потребує додаткової свердловинної інформації. В основі даного підходу лежить залежність амплітуди від кута падіння пружної хвилі особливо якісні результати цей метод демонструє для газонасичених порід. Як правило при роботі із AVO аналізом використовують основні атрибути Intercept/Gradient та серію другорядних таких як, Fluid Factor та інші, а також оцінюють магнітуди амплітуд при різних кутах падіннях.

Щодо фізичних обмежень методу, зокрема в межах ДДЗ та західного регіону, то одним із найбільш поширених проблем є наявність в геологічному середовищі залишкового, не комерційного газу, адже навіть не значна присутність газу >10% спричиняє схожий ефект як і 90% насичення газом. Наслідком є помилка першого роду, коли прогнозована наявність промислового газу виявляється помилковою. Іншим серйозним викликом при використанні AVO аналізу є регулярність системи спостережень, збереження істинних амплітуд на етапі обробки сейсмічних даних.

Досить проблематичним є практична ідентифікація AVO аномалій I-класу згідно класифікації AVO, що досить поширені в більш глибоких відкладах, де значення акустичного імпедансу пластів колекторів вищі за вмщуючі породи. В цьому випадку амплітуди змінюються не так динамічно із зміною кута падіння і більшість AVO-атрибутів є не контрастними.

Одним із шляхів зниження ризиків при використанні AVO – аналізу для прогнозування геологічного розрізу це використання моделювання AVO-ефекту із заміщенням флюїду, це надає змогу відкалібрувати значення амплітуд, які були б при певному насиченні. Такий підхід авторами застосовується фактично на кожному об'єкті.

Технічно досконалішим і надійнішим способом прогнозування геологічного розрізу є виконання еластичної інверсії (Avseth, Mukerji, & Mavko, 2010). Даний підхід дозволяє із амплітуд та низкочастотної моделі відновити деякі еластичні параметри геологічного середовища, такі як AI,  $V_p/V_s$  та густину. Це і є найбільшою перевагою цього методу, робота власне із фізичними властивостями порід. Використовуючи кросплоти та моделі фізики порід можливо класифікувати гірські породи за різними параметрами (Odegaard & Avseth, 2004), за сприятливих умов (якісна польова сейсміка і обробка даних, достатній комплекс ГДС, пласти достатньої товщини, які можуть бути ідентифіковані роздільною здатністю сейсміки) отримати класифікацію за літологією (пісковик, глинисті породи, вапняк, вугілля, тощо) та насиченням. В разі наявності обмежень в фізичних властивостях розрізу чи вхідних даних можливий розділ на колектор/не колектор і відповідно подальший просторовий прогноз.

Обмеження еластичної інверсії мають деякі спільні риси із обмеженнями AVO-аналізу, важливий вплив спричиняє залишковий газ (збільшення інтенсивності амплітуд при великих кутах падіння призводить до понижених значень  $V_p/V_s$ , що в кінцевому результаті призводить до хибно позитивних газонасичених аномалій. Також критичне значення має обробка сейсмічних даних із збереженням істинних амплітуд та регулярність системи спостереження.

Серйозним викликом являється досягнення абсолютних значень фізичних параметрів, що інвертуються, тобто досягнення тих значень після інверсії сейсмічного хвильового поля, що демонструють каротажні криві. Для максимально наближених результатів необхідно приділяти багато уваги прив'язці свердловинних і сейсмічних даних і розрахунку

сейсмічного імпульсу. Ще одним критично важливим моментом є роздільна здатність сейсміки і потужність пластів. В результаті інверсії можна досягнути кращої роздільної здатності за рахунок свердловинної інформації і низькочастотної моделі, проте недостатньо потужні пласти, які знаходяться поза межами роздільності сейсмічного методу є великою проблемою і в більшості випадків формують складну інтерференційну картину на сейсмічному хвильовому полі.

**Висновки.** На даному етапі технологічного розвитку сейсмічних та свердловинних методів досліджень еластична інверсія є сучасним інструментом, що дозволяє прогнозувати літологію та насичення. Завдяки AVO аналізу можливо виділяти потенційно газонасичені ділянки як на об'єктах ДДЗ так і західного регіону України. Фізичними обмеженнями є залишковий газ, малопотужні пласти, недостатня якість даних (як свердловинних так і сейсмічних). Додаткові труднощі виникають в ущільнених малопористих пластах колекторах, які майже не реагують на зміну флюїду.

#### **Список використаних джерел:**

Avseth, P., Mukerji, T., & Mavko, G. (2010). Quantitative seismic interpretation: Applying rock physics tools to reduce interpretation risk. Cambridge university press.

Mavko, G., Mukerji, T., & Dvorkin, J. (2020). The rock physics handbook. Cambridge university press.

Odegaard, E., & Avseth, P. (2004). Well log and seismic data analysis using rock physics templates. First break, 22, 37-44.



## КОНВЕРСІЯ НЕКОНДИЦІЙНОГО ВУГІЛЛЯ ТА ВІДХОДІВ В КОНТЕКСТІ НАРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНИ

*Побережський А.В., к. геол.-мін. н., с. н. с., andriy.poberezhskyy@gmail.com;*

*Подольський М.Р., к. тех. н., с. н. с., mpodolsky@yahoo.com;*

*Гвоздевич О.В., м. н. с., senslviv@ukr.net;*

*Кульчицька-Жигайло Л.З., м. н. с., lkulchytska@ukr.net,*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Окреслено проблему використання некондиційного вугілля і відходів для нарощування енергетичного потенціалу України. Показано, що обсяги наявних запасів вугілля, зокрема некондиційного, багатократно перевищують видобуток і можуть бути задіяні в енергетичному забезпеченні країни. Наведено еволюцію методів газифікації некондиційного вугілля та відходів вуглевидобутку і вуглезбагачення з отриманням твердих, рідких та газоподібних палив. Відмічено доцільність доповнення інтегрованих енергетичних систем розподіленими мережами виробництва теплової та електричної енергії з використанням локальних енергетичних ресурсів, а також визначено засади впровадження конверсії некондиційних паливно-енергетичних ресурсів в Україні.

## CONVERSION OF UNCONDITIONED COAL AND WASTES IN THE CONTEXT OF INCREASING THE ENERGY POTENTIAL OF UKRAINE

*Poberezhskyy A., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), senior researcher, andriy.poberezhskyy@gmail.com;*

*Podolsky M., Cand. Sci. (Eng.), senior researcher, mpodolsky@yahoo.com;*

*Gvozdevych O., junior researcher, senslviv@ukr.net;*

*Kulchytska-Zhyhaylo L., junior researcher, lkulchytska@ukr.net,*

*Institute of geology and geochemistry of combustible minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

The problem of using unconditioned coal and wastes for increasing the energy potential of Ukraine is outlined. It is shown that the volumes of available coal reserves, in particular unconditioned coal, many times exceed mining and can be used in the energy supply of the country. The evolution of methods of gasification of substandard coal and coal mining wastes and coal beneficiation with obtaining solid, liquid and gaseous fuels is given. The expediency of supplementing integrated energy systems with distributed heat and electricity production networks using local energy resources is noted, and the principles of implementing the conversion of non-standard fuel and energy resources in Ukraine are also determined.

**Вступ.** На території України розташовані всі види горючих корисних копалин – нафта, природний газ, газовий конденсат, вугілля, торф, горючі сланці, однак обсяги їх видобування та способи використання не забезпечують необхідний рівень енергетичної безпеки держави. Додаткові труднощі в енергетичній сфері створили довготривалі воєнні дії на сході та півдні країни. Недоступність більшості джерел первинних енергетичних ресурсів та суттєве зменшення теплової електрогенерації негативно вплинули на можливості соціально-економічного розвитку. На цьому фоні підвищення ефективності використання некондиційних паливно-енергетичних ресурсів України, з врахуванням світової тенденції відновлення зацікавленості у екологічному використанні викопного палива, є актуальним і своєчасним.

У загальному випадку до некондиційних горючих копалин можна віднести частину балансових та позабалансових запасів первинних видів енергетичних матеріалів та обсяги техногенних відходів вуглевидобутку, вуглезбагачення, нафтопереробки тощо, які на сьогодні за фізико-хімічними, енергетичними чи геолого-просторовими умовами не відповідають економічним критеріям видобування та використання традиційними способами.

**Основна частина.** З порівняння даних про запаси і видобуток горючих копалин в Україні, табл. 1 [1], видно, що запаси багатократно перевищують річний видобуток, за окремими видами енергетичної сировини – в тисячі разів. Аналіз запасів і видобутку горючих копалин в Україні показує, що енергетична сировина розподілена за територіями дуже нерівномірно. Аналогічно нерівномірно розміщені і вуглецевмісні відходи

вуглевидобутку та вуглезбагачення. Що стосується некондиційної енергетичної сировини, то її відсоток в залежності від виду коливається від 50% до 90%. Такі значні відсотки некондиційного первинного палива зумовлені тим, що у попередні десятиліття виробники першочергово видобували паливо з найкращими характеристиками за найсприятливіших умов розробки покладів і родовищ, оминаючи паливо з гіршими показниками і складнішими геологічними умовами та нехтуючи екологією. Тому розвиток методів екологічної конверсії для залучення до енергетичного обігу некондиційних паливно-енергетичних ресурсів є актуальним.

Таблиця 1

Запаси і видобуток горючих копалин в Україні [1]

Корисна копалина (енергетична сировина)	Одиниця виміру	Балансові запаси	Видобуток	
		Кількість	Кількість	% на рік від балансових запасів
Природний газ	млн м <sup>3</sup>	804 369	20 949	2,6044000%
Газовий конденсат	тис. т	39 795	679	1,7062400%
Нафта	тис. т	99 986	1 622	1,6222300%
Вугілля буре	тис. т	2 892 551	10	0,0000035%
Вугілля кам'яне	тис. т	52 636 158	20 019	0,0003800%
Торф	тис. т	767 974	646	0,0008412%

Еволюція конверсії некондиційного палива охоплює більше двох сотень років від часу промислової революції в Англії з другої половини XVIII століття. На той час основним енергетичним ресурсом було дерево і вугілля, з яких на початках отримували освітлювальний газ, а згодом і енергію для парових машин. Методи конверсії вугілля та вуглецевмісної сировини ґрунтуються на трьох основних технологічних підходах, зокрема:

*Піроліз та коксування.* До початку XX ст. піролізом та коксуванням кам'яного вугілля отримували паливо для металургії та більшість хімічних продуктів. Ці процеси базуються на нагріванні вугілля без доступу кисню (повітря). Піроліз здійснюють при різних температурах залежно від призначення кінцевих продуктів – низькотемпературний піроліз (або напівкоксування) проводять при температурах 500–600 °С з отриманням напівкоксу та рідких і газових продуктів, високотемпературний (або коксування) – при 900–1100 °С з отриманням коксу. Сучасні процеси напівкоксування бурого вугілля зорієнтовані переважно на отримання напівкоксу та синтетичного рідкого палива. Всього з газів коксування виробляють кілька десятків хімічних продуктів. Кокс піролізу використовують в металургії, а напівкокс (переважно після брикетування) – для отримання теплової енергії.

*Гідрогенізація.* Іншим процесом, який можна використовувати для отримання газових та рідких вуглеводнів є гідрогенізація вугілля. Принципова різниця в хімічному складі вугілля та нафти полягає у різному мольному співвідношенні водень/вуглець (0,7 – для вугілля і близько 1,2 для нафти). Взаємодією вугілля з воднем в присутності каталізатора при відповідних значеннях тиску і температури можна отримати “синтетичну нафту”. У різних країнах зараз працює кілька десятків (близько 80-ти) дослідних установок прямої гідрогенізації вугілля, проте в промисловому масштабі такі технології ще не використовуються. Основні недоліки цих технологій пояснюються низькою продуктивністю процесу, використанням водню високого тиску, необхідністю регенерації каталізаторів для повторного використання тощо.

*Газифікація.* При високотемпературному обробленні твердого палива його органічні складники розпадаються на газові та рідкі продукти. Перші процеси газифікації ґрунтувалися на термічному розкладі вугілля в автоклавах з отриманням висококалорійного світільного газу та коксу. Потім був запропонований спосіб отримання “водяного газу” з коксу. На

початку 1900-х років спостерігалось значне зацікавлення у використанні генераторного газу в газових двигунах. Для отримання генераторного газу використовували антрацит, завдяки чому уникали виділення смол, які негативно впливали на роботу двигунів.

Перші газогенератори були періодичної дії. Вибір конкретного типу реактора залежить від багатьох факторів, зокрема від способу використання кінцевого продукту, хімічних і фізичних властивостей вугілля, потрібної продуктивності газогенератора, методики утилізації побічних продуктів тощо. Згодом були запропоновані процеси і газогенератори неперервної дії, що значно підвищило продуктивність установок.

Потужний поштовх розвитку теорії і технологій використання вичопного вугілля (і вуглецевмісної сировини загалом) відбувся у 1926 році в Німеччині після відкриття процесу синтезу суміші алканів з домішками олефінів з оксиду вуглецю і водню ( $\text{CO}$  і  $\text{H}_2$  – синтез-газ) в присутності металів VIII групи при температурі 200-400°C та тиску 0,1-1,0 МПа. Ця суміш з успіхом застосовувалася замість бензину, а тому отримала назву синтетичне рідке паливо (СРП) або синтин. З того часу цей процес та його модифікації називаються синтезом Фішера-Тропша (ФТ-синтезом). В 1930 роках у Європі з'являються розробки газогенераторних двигунів на вантажному транспорті та тракторах. Вже в 1936 р. були побудовані 4 заводи потужністю 200 тис т на рік, а до 1943 р. в світі працювало 15 заводів потужністю 1 млн. т на рік, на яких вироблялося 700 тис. т бензину. У 1942-44 р.р. загальне виробництво СРП на базі твердих горючих копалин (бурого та кам'яного вугілля) в Німеччині склало близько 5 млн т на рік.

В середині 1960-х років розвиток технологій газифікації твердих палив (і вуглецевмісних відходів) був спочатку пригальмований, а згодом призупинений через появу на ринку палива дешевої нафти і природного газу, продукти з якого спочатку майже повністю витіснили вичопні горючі копалини. Єдиною країною, яка не припинила випуск СРП була Південно-Африканська Республіка (ПАР). З 1955 р. в ПАР завод "Sasol-1" виробляв понад 230 тис т СРП на рік, а в 1980 р. довів його випуск до 350 тис т на рік. В 1981 р. був введений в експлуатацію комплекс "Sasol-2" з потужністю 1,9-2,1 млн т на рік, а в 1984 – комплекс "Sasol-3" такої ж потужності. В 1987 р. в ПАР виробляли на рік 4,5 млн т синтетичних вуглеводнів (бензин, газойль, парафіни тощо). В 1994 р. річний прибуток ПАР від продажу СРП, за одними джерелами, склав 767 млн. доларів США, а за іншими – чистий прибуток після сплати податків – 474 млн доларів США. Загальний вклад вугільної промисловості в доходи ПАР від міжнародної торгівлі склав в 1994 р. 11,75%, причому тільки завдяки виробництву синтетичного рідкого палива. Слід відзначити, що в ПАР експортні надходження від СРП займають четверте місце після алмазів, золота та платинових металів, хоча країна має значні запаси залізної руди, міді, марганцю та нікелю.

Згодом, уже в наш час на початку XXI століття, багатократне зростання цін на нафту і природний газ та необхідність покращення екології, спричинили зростання інтересу до технологій екологічного використання вичопного палива. Основні дослідження та практичні розробки стосувалися модернізації потужних теплових електростанцій на основі комплексного впровадження високоефективних технологій газифікації твердого вичопного палива та вуглецевмісних відходів, з яких одержували очищені енергетичні гази для безпосереднього використання в інтегрованих системах виробництва електроенергії, до прикладу [2] – Integrated gasification combined cycle (IGCC) technologies / Технології комбінованого циклу інтегрованої газифікації.

Найвагоміші результати з впровадження технологій екологічної газифікації твердих вуглецевмісних палив (переважно бурого і кам'яного вугілля) в електроенергетику (теплові електростанції потужністю 250 – 950 МВт) мають американські компанії Chevron Texaco і Shell. У світі нараховується близько 85 діючих газифікаторів, з яких в Азії - 36 реакторів, в Європі – 28, 21 – в Північній та Південній Америці.

Основні складові технологій конверсії некондиційного твердого палива. У загальному випадку усі технології конверсії некондиційного твердого палива (та вуглецевмісних відходів, до прикладу [3]) мають три основні складові [4], зокрема:

1. Відбір і підготовка палива – регламентується технологічним процесом газифікації.

За фракційним складом розрізняють паливо пилоподібне (фракція < 0,5 мм), дрібнозернисте (фракція 0,5 мм ÷ 2 мм), дрібний горошок (фракція 2 мм ÷ 5 мм), горошок (фракція 5 мм ÷ 10 мм), крупний горошок (фракція 10 мм ÷ 25 мм), кускове (фракція 25 мм ÷ 75 мм), крупне (фракція > 75 мм), пульпа (водо-вугільна/паливна суспензія).

2. Технологічний процес газифікації – фізико-хімічні показники отримання газових та рідких продуктів з твердого палива.

За термобаричними умовами здійснення розрізняють низькотемпературну (до 450 °С), середньотемпературну (до 750 °С) та високотемпературну (понад 750 °С) конверсію, при атмосферному тиску та під тиском; за способом обробки сировини – процеси зі стаціонарним шаром, в кип'ячому шарі, в псевдозрідженому стані, в розплаві; за газифікуючими реагентами – повітряне, кисневе, пароводяне дуття; за видаленням шлаку – твердий залишок, розплав; за характером процесу – однопрохідні та циклічні, одноетапні та багатоетапні, комбіновані (використання різних процесів в одній технології), окремі та інтегровані у виробничі цикли; за рівнем емісії супутніх забруднюючих речовин та екологічної безпеки.

3. Види та використання отримуваних продуктів.

За видами отримуваних продуктів розрізняють кондиційне тверде паливо (напівкокс і кокс – використовуються в металургії і тепловій електроенергетиці); синтез-газ (CO і H<sub>2</sub>) для отримання енергетичного газового палива, використовується в інтегрованих системах теплової електроенергетики, ФТ-синтезу рідкого палива та виробництва інших хімічних речовин.

Описані вище складові відображають різноманіття сучасних методів екологічної конверсії некондиційних паливно-енергетичних ресурсів та можливості їхньої адаптації до вирішення практичних завдань сталого розвитку енергетичної та хімічної галузей.

Відмітимо, що інтегровані системи, в яких поєднано високотемпературну газифікацію пилоподібного палива в кип'ячому шарі з кисневим дуттям під тиском, рідким шлаковидаленням, очисткою отриманих енергетичних газів та їх пряме використання у парогазових електроустановках, призначені для модернізації потужних теплових електростанцій, що потребує значних фінансових та матеріальних затрат і часу. Тому на сьогодні впровадження в Україні інтегрованих систем газифікації твердих горючих копалин та вуглецевмісних відходів можливе лише за окремими цільовими інвестиційними проектами.

Незважаючи на деяку ейфорію на початку 2000-х щодо тотальної заміни викопного палива відновлювальними джерелами енергії, в світі та в Україні продовжуються дослідження та розробка нових способів використання вугілля, зокрема для виробництва моторного палива [5].

Досвід роботи енергетичної системи України у 2022 – 2024 р.р. в умовах воєнного стану показав, що її доцільно доповнити розподіленою генерацією електричної та теплової енергії (засобами так званої “малої енергетики”), зокрема на основі використання локальних паливно-енергетичних ресурсів. Такий підхід дозволяє підвищити стійкість енергетичної системи та надійність забезпечення споживачів.

Однак виявилось, що мають місце недостатня вивченість проблеми впровадження малої енергетики та брак технологічних рішень для ефективного використання запасів локальних некондиційних паливно-енергетичних ресурсів. Розвиток методів екологічної конверсії локальних горючих копалин є актуальним і заслуговує всебічної уваги.

Оскільки проблеми підвищення ефективності паливно-енергетичного комплексу та збереження природного середовища набули національного значення, то для їхнього вирішення слід застосовувати відповідні інструменти впливу національного та регіонального рівня.

На національному рівні можна рекомендувати прийняття законодавчих актів, державних стандартів, регламентів та інших нормативних документів щодо використання



методів екологічної конверсії некондиційних паливних ресурсів. Важливим є також і провадження державної політики сприяння розвитку методів екологічної конверсії та популяризації їхнього впровадження в Україні.

На регіональному рівні такими інструментами могли би бути проведення локальних виставок, конференцій, семінарів, зокрема міжнародних, та інших публічних заходів для ознайомлення органів місцевого самоврядування, господарських структур та громадськості з характеристиками і можливостями сучасних методів та технологій екологічної конверсії паливних ресурсів.

Позитивний вплив на вирішення проблеми могли би мати розроблення і реалізація державних і/або регіональних програм впровадження методів екологічної конверсії некондиційних паливних ресурсів, в яких були би окреслені можливі джерела, обсяги і механізми залучення відповідних фінансових та матеріальних засобів, зокрема і з іноземних джерел.

#### **Висновки.**

1. Доведено, що зважаючи на запаси бурого та кам'яного вугілля в обсязі понад 55 млрд т, конверсія некондиційного вугілля та відходів є найбільш ваговою складовою для нарощування енергетичного потенціалу України.

2. Показано, що серед відомих основних способів перероблення некондиційного палива, зокрема піролізу, гідрогенізації та газифікації, за типами перероблюваної сировини, показниками технологічних процесів та характеристиками отримуваних продуктів найбільш придатними для екологічної конверсії некондиційного палива та вуглецевмісних відходів є методи газифікації, які можуть ефективно використовуватися, як у складі потужних інтегрованих енергетичних систем, так і для розподіленої генерації електричної та теплової енергії.

3. Обґрунтовано, що для підвищення стійкості та надійності забезпечення споживачів, необхідно підсилювати інтегровані енергетичні системи засобами та мережами розподіленої генерації електричної та теплової енергії, зокрема на основі використання локальних некондиційних паливно-енергетичних ресурсів та вуглецевмісних відходів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Брик Д., Подольський М., Хоха Ю., Любчак О., Кульчицька-Жигайло Л., Гвоздевич О. (2021). Некондиційні вуглецевмісні горючі копалини та способи їхнього термохімічного перероблення. Геологія і геохімія горючих копалин. 2021. №1-2 (183-184). С. 89-108. <https://doi.org/10.15407/ggcm2021.01-02.089>

2. Ting Wang, Gary J. Stiegel (2016). Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) Technologies. Elsevier Ltd. 2016. - 929 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100167-7.00001-9>

3. Брик Д., Гвоздевич О., Кульчицька-Жигайло Л., Подольський М. (2019). Техногенні вугільні об'єкти Червоноградського гірничопромислового району та деякі технічні рішення їхнього використання. Геологія і геохімія горючих копалин, 4 (181), С. 45-65. <https://doi.org/10.15407/ggcm2019/04/045>

4. Подольський М., Брик Д., Кульчицька-Жигайло л., Гвоздевич О. (2021). Використання горючих копалин в контексті цілей сталого розвитку України та глобальних змін навколишнього середовища. Геологія і геохімія горючих копалин. 2021. №3-4 (185-186). С. 109-125. <https://doi.org/10.15407/ggcm2021.03-04.109>

5. Котляров Є. І., Шульга І. В., Кизим М. О., Хаустова В. Є. (2024). Техніко-економічна оцінка різних способів газифікації бурого вугілля для виробництва синтетичного моторного палива. Бізнес Інформ. 2024. №2. С. 128–138. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-2-128-138>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТОРФУ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕНТГЕН-ФЛУОРЕСЦЕНТНОЇ СПЕКТРОМЕТРІЇ В ПОЄДНАНІ З СПЕКТРОМЕТРІЄЮ В БЛИЖНЬОМУ ІНФРАЧЕРВОНОМУ ДІАПАЗОНІ

*Хоха Ю.В., д. геол. н., ст. досл., khoha\_yury@ukr.net,  
Яковенко М.Б., к. геол. н., ст. досл., myroslavakoshil@ukr.net,  
Павлюк М.І., академік НАН України, д. геол.-мін. н., професор, igggk1951@ukr.net,  
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Розглянуто проблематику дослідження торфу за допомогою рентген-флуоресцентного аналізу та спектроскопії в ближньому інфрачервоному діапазоні з метою вивчення його якісного та кількісного складу. Розподіл хімічних елементів та сполук є індикатором різноманітних процесів в геохімічних та біологічних системах, за допомогою яких можливе відтворення палеоумов нагромадження. Тому ці аналізи є важливою складовою комплексного вивчення геохімії торфонагромадження, екологічності торфовидобутку, а також для визначення придатності торфу для промислового використання. За результатами спектроскопії ближнього інфрачервоного діапазону зразків торфу, відібраних з вертикальної колонки/розрізу (0-140 см) родовища Гончари (Львівська область) ідентифіковано спектри хімічних сполук, серед яких у найбільшій кількості представлені: гідроксильні групи, у тому числі ароматичні, метиленові, метильні та ароматичні групи. Встановлено, що портативний рентген-флуоресцентний аналіз є потужним інструментом для швидкого та якісного елементного аналізу торфу, а спектр його застосування залежить від конкретних дослідницьких цілей і завдань. Виявлено, що методи NIR можуть бути використані у комплексі з іншими методами як аналітичний інструмент для моніторингу якості торфу.

## INVESTIGATION OF PEAT USING X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETRY COMBINED WITH SPECTROMETRY IN THE NEAR INFRARED RANGE

*Khokha Yu., Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher, khoha\_yury@ukr.net,  
Yakovenko M., Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher, myroslavakoshil@ukr.net,  
Pavlyuk M., Academician of the NASU, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof., igggk1951@ukr.net,  
Institute of geology and geochemistry of combustible minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

The problems of peat analysis using X-ray fluorescence analysis and spectroscopy in the near-infrared range are considered in order to study its qualitative and quantitative composition. The distribution of chemical elements and individual components is an indicator of various processes in geochemical and biological systems, with the help of which it is possible to reproduce the paleo-conditions of accumulation. Therefore, these analyzes are an important component of a comprehensive study of the geochemistry of peat accumulation, environmental sustainability of peat production, as well as for determining the suitability of peat for industrial use. Based on the results of near-infrared spectroscopy of peat samples taken from a vertical column/section (0-140 cm) of the Gonchary deposit (Lviv region), spectra of chemical compounds were identified, among which the following are represented in the largest amount: hydroxyl groups, including aromatic, methylene, methyl and aromatic groups. It has been established that portable X-ray fluorescence analysis is a powerful tool for fast and high-quality elemental analysis of peat, and the range of its application depends on specific research goals and tasks. It was found that NIR methods can be used in combination with other methods as an analytical tool for peat quality monitoring.

**Вступ.** Оцінка хіміко-технологічних характеристик горючих копалин (нафта, вугілля, торф тощо), у тому числі концентрації хімічних елементів здебільшого виконується за допомогою традиційних аналітичних методів. В Україні найчастіше використовується атомно-абсорбційна спекторметрія (ААС), популярними є фотометричні методи, засновані на реакціях утворення забарвлених сполук різних аналітів – катіонів, аніонів та органічних речовин, та аналізу поглинання нами випромінювання певної частоти. В останні роки окремі лабораторії виконують дослідження з використанням високочутливих апаратних методів із застосуванням індукційно-пов'язаної плазми; це атомно-емісійна спекторметрія (ІСР-АЕС) та мас-спекторметрія (ІСР-МС).

Всі зазначені вище методи можуть бути застосовані виключно у лабораторних умовах. Більша частина приладів має дуже високу вартість і вимагають спеціальних умов для функціонування. Наші дослідження зосереджені на впровадженні високоточних польових

методів дослідження зазначених вище копалин із застосуванням доступних інструментів з помірною вартістю.

Ми вважаємо, що рентгенівська флуоресцентна спектроскопія (X-ray fluorescence, XRF, РФА) у комплексі з спектроскопією у ближньому інфрачервоному діапазоні (near infrared spectrometry, NIR, FT-NIR), є цінною альтернативою переліченим вище методам лабораторного аналізу, оскільки вони скорочують час і вартість аналізу. Деякі моделі XRF та NIR сканерів є портативними, живляться від батареї, невибагливі до умов проведення дослідження і успішно використовуються в польових умовах.

Наші дослідження торфу за допомогою рентген-флуоресцентного аналізу та аналізу ближнього інфрачервоного спектру дозволяє швидко отримувати інформацію про окремі характеристики торфу, наприклад рН, зольність, вологість, якісний та кількісний елементний склад, зокрема вміст важких металів. Такий аналіз може використовуватися для оцінки якості торфу та визначення основних напрямів його використання (визначення придатності торфу для конкретних застосувань, (для оцінки екологічної якості торфу та його впливу на навколишнє середовище) чи в аграрно-сільськогосподарських секторах, таких як виробництво добрив, вирощування рослин, а також для визначення вмісту поживних речовин та інших параметрів, важливих для сільськогосподарських цілей.

**Мета** роботи полягає у проведенні XRF та FT-NIR досліджень зразків торфу у вертикальному розрізі (глибина 0-140 см) родовища Гончари Львівської області із використання портативних спектрометрів для встановлення особливостей хімічного групового складу, органічної складової торфу та вивчення його якісного та кількісного елементного складу, в т.ч. і важких металів та закономірностей їхньої зміни у вертикальному розрізі.

**Методи.** Проведені дослідження торфу здійснювалось за такою схемою:

1. Відбір проб: kern торфу відібрано з глибини 0-140 см (родовище Гончари, Львівська область) з інтервалами в см: 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120 та 120-140.

2. Підготовка зразків: аналітичні проби торфу з кожного інтервалу були висушені при кімнатній температурі (досягли повітряної сухості), приготовлені та очищені від будь-яких забруднень або сторонніх матеріалів, подрібнені до розміру часток, що проходять крізь сито з отворами діаметром 5 мм і розтерті в агатовій ступці з метою отримання репрезентативних зразків.

3. Проведення вимірювання. Для виконання досліджень використано рентген-флуоресцентний аналізатор Innov-X-Systems Alfa 2000 (кремнієвий твердотільний детектор) та FT-NIR спектрометр NeoSpectra з MEMS-детектором.

Інтерпретацію/розшифрування спектрів XRF здійснено за допомогою програмної платформи Peakaboо з використанням фільтра Савицького-Голея (Savitsky-Golay) для зменшення шуму та математичного фільтру Брукнер (Brukner) для зменшення фону. Peakaboо може розшифрувати піки з низькою інтенсивністю та спектри, що накладаються, для багатьох елементів [1]. Розшифрування спектрів елементів проведено для діапазону вимірювання енергії 0,92-34 кеВ. Обробка спектрів FT-NIR проводилась на пропріетарному ПЗ Eigenvector™, доступ до якого був наданий компанією Alpinus Chemia LTD. Отримані результати оброблялись математико-статистичними методами аналізу.

**Результати.** Досліджувані зразки торфу характеризуються помірною вологістю, яка коливається в межах від 17% до 19,66 % при середньому 18,22%. Більш вологим є торф з інтервалу 20-40 см ( $W^a = 19,66 \%$ ) та 40-60 см ( $W^a = 19,02 \%$ ). Невисока дисперсія та невелика варіабельність в значеннях вологості зразків торфу з глибиною пояснюється структурою його мікропор та мезопор.

Зольність торфу низька, у середньому 9,2 % (від 8,40% до 10,21%), що зумовлено і пояснюється незначною кількістю неорганічного компоненту, який надійшов разом із рослинним матеріалом, та незначним впливом зовнішніх процесів на торф'яний пласт. Найбільші значення зольності спостерігаються в інтервалах 40-60 см ( $A^a = 10,21\%$ ) та 20-40 см ( $A^a = 9,82\%$ ).

В цілому в вертикальному розподілі мікроелементів вниз по профілю розрізу досліджуваного торф'яного родовища виявлено наступні закономірності [1]:

- збільшується концентрація Fe, Mo;
- поступово зменшується концентрація елементів Ca, Zr, Cu, Ti, Ni, Co.

Для інших елементів певних закономірностей не виявлено або концентрація елементів носить випадковий характер: Sr, Cd, P, Sn, Y, Mn, Sc, Zn, Ga, V, Zn, Cr.

За допомогою використаного варимакс-факторного методу аналізу, при якому досягається максимізація дисперсії навантажень на фактори, була визначена типоморфна асоціація прямих ознак і вага кожної з них у встановлених варимакс-факторах. Факторний аналіз дозволив представити геохімічні дані у вигляді переважаючих асоціацій хімічних елементів та виділити два типи факторів, які є визначальними та впливають на нагромадження хімічних елементів у досліджуваних торфах: «органогенний» та «природний» (літологічний) - визначальні та можливий антропогенний - другорядний.

NIR дослідження в ближньому інфрачервоному діапазоні охопили частоти від 3900 до 7400  $\text{cm}^{-1}$ . Інфрачервоні спектри усіх досліджуваних зразків подібні за інтенсивністю спектральних ліній.

На ІЧ-спектрограмі усередненого спектру ближньої інфрачервоної області досліджуваних зразків торфів виявлено 5 піків органічних структур з наступними довжинами хвиль (усереднені,  $\text{cm}^{-1}$ ): 3958, 4679, 5201, 6391, 6886 [2]. Проте, найбільш інтенсивні спектральні максимуми відповідають довжині хвилі 5201  $\text{cm}^{-1}$ . Джерелом її є вода, також свій внесок дає гідроксильна група. Спектральні максимуми на цій довжині хвилі розміщені в такій послідовності з глибиною відбору торфу (від більшої до меншої інтенсивності), в см: 20-40, 0-20, 80-100, 40-60, 60-80, 100-120, 120-140. При цьому спектральні максимуми, що відповідають глибинам 20-40 та 0-20 см, суттєво більші за інтенсивністю від досліджуваних зразків торфу з глибини 100-120, 120-140 см. З цього можна зробити висновок, що вологість у торфі з глибиною зменшується, що підтверджується верифікаційним аналізом.

### **Висновки.**

1. XRF та FT-NIR спектроскопія є ефективним інструментом для дослідження торфу, та надає інформацію про його хімічний склад і структуру органічної речовини на рівні функціональних груп. Застосовані методи генерують узгоджені моделі PLS з хорошими прогнозними можливостями.

2. Встановлено, що з глибиною збільшуються концентрації Fe, Mo; поступово зменшуються концентрації елементів Ca, Zr, Cu, Ti, Ni, Co. За медіанною оцінкою концентраційний ряд хімічних елементів досліджуваних торфів має вигляд:  $\text{Ca} > \text{Sr} > \text{Fe} > \text{Cd} > \text{Mo} > \text{Zr} > \text{P}, \text{Sn} > \text{Cu} > \text{Y} > \text{Ti}, \text{Zn} > \text{Mn}, \text{Ni}, \text{Sc} > \text{V}, \text{Cr}, \text{Ga} > \text{Co}$ .

3. За результатами інфрачервоної спектроскопії ідентифіковано спектри хімічних структур, серед яких у найбільшій кількості представлені: органічні сполуки гідроксильних груп, метиленових і метильних та ароматичних груп.

4. Перевагою використаних нами методів в порівнянні з іншими інструментальними методами дослідження є також його швидкість та експресність - загальний час, необхідний для підготовки та аналізу зразків торфу, становив менше 5 хвилин у порівнянні з 10-16 годинами, необхідними для визначення вмісту вологи, білків, ліпідів і золи еталонними методами.

5. Враховуючи результати, методи XRF та FT-NIR можуть бути використані та ефективно застосовані у комплексі з іншими методами як аналітичний інструмент для моніторингу якості торфу, одночасного вимірювання кількох параметрів якості та його подальшої експлуатації в різних галузях промисловості та розробки екологічно чистих технологій. Порівняно зі звичайним лабораторним аналізом, аналіз торфу за допомогою цих методів є набагато швидшим, менш дорогим і неруйнівним.



### Список використаних джерел:

1. Van Loon, L. L., McIntyre, N. S., Bauer, M., Sherry, N. S., & Banerjee, N. R. (2019). Peakaboo: Advanced software for the interpretation of X-ray fluorescence spectra from synchrotrons and other intense X-ray sources. *Software Impacts*, 2, 100010. <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2019.100010>
2. Яковенко М., Хоха Ю. (2023). Характеристика розподілу хімічних елементів у вертикальному розрізі торфів за допомогою рентген-флуоресцентного аналізу. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 3–4 (191–192), 45–60. <https://doi.org/10.15407/ggcm2023.191-192.045>
3. Яковенко, М., Хоха, Ю. (2024). Використання методів інфрачервоної спектроскопії для дослідження торфу (родовище Гончари, Львівська область). *Геологія і геохімія горючих копалин*, 1–2 (193–194), 113–129. <https://doi.org/10.15407/ggcm2024.193-194.113>

## ПЕРСПЕКТИВИ ПОШУКУ НАФТОГАЗОНАСИЧЕНИХ СТРУКТУР З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, МЕТОДИК І ТЕХНОЛОГІЙ

*Дучук С. В.<sup>1</sup>, duchuk@ukr.net;*

*Максимум С. В.<sup>2</sup>, danaarsen@ukr.net;*

*Галамай А. Р.<sup>2</sup>, к. геол. н., с. н. с., galamaytolik@ukr.net;*

*1 – Західно-Українська геофізична розвідувальна експедиція, Львів, Україна;*

*2 – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Проведено переобробку та переінтерпретацію геолого-геофізичної інформації, отриманої в минулі роки на Глухівській площі Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину, з використанням сучасних програмно-технічних засобів, методик і технологій. Уточнена структурно-тектонічна модель Глухівської площі по відкладах нижньодашавської підсвіти сарматського ярусу (горизонти НД-9, НД-15) та горизонту відбиття  $N_{1b_2}^{tr}$  (тираська світа середнього бадену). Виявлений прогнозно-перспективний об'єкт в товщі нижньосарматських відкладів по горизонту НД-15 та в зоні прилягання горизонтів до площини Краковецького та Судово-Вишнянського регіональних розломів, рекомендується постановка розвідувального буріння з метою виявлення газоносних відкладів.

## PROSPECTS FOR THE SEARCH OF OIL AND GAS-SATURATED STRUCTURES USING MODERN SOFTWARE AND TECHNICAL TOOLS, METHODS AND TECHNOLOGIES

*Duchuk S.<sup>1</sup>, duchuk@ukr.net;*

*Maksymuk S.<sup>2</sup>, danaarsen@ukr.net;*

*Galamay A.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), senior researcher, galamaytolik@ukr.net;*

*1 – Western-Ukrainian geophysical reconnaissance expedition, Lviv, Ukraine;*

*2 – Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU, Lviv, Ukraine*

Reprocessing and reinterpretation of geological-geophysical information obtained in past years at the Glukhivska Area of the Bilche-Volytska zone of the Forecarpathian was carried out, using modern software and technical tools, methods and technologies. The structural-tectonic model of the Glukhivska Area was refined based on the deposits of the Lower Dashava subsuite of the Sarmatian tier (ND-9, ND-15 horizons) and the reflection horizon  $N_{1b_2}^{tr}$  (Middle Badenian, Tyrasian suite). Prognostic-prospective object was identified in the layer of Lower Sarmatian deposits along the ND-15 horizon and in the zone of adjacency of the horizons to the plane of the Krakovetsky and Sudovo-Vyshnyansky regional faults, it is recommended to conduct exploratory drilling in order to detect gas-bearing deposits.

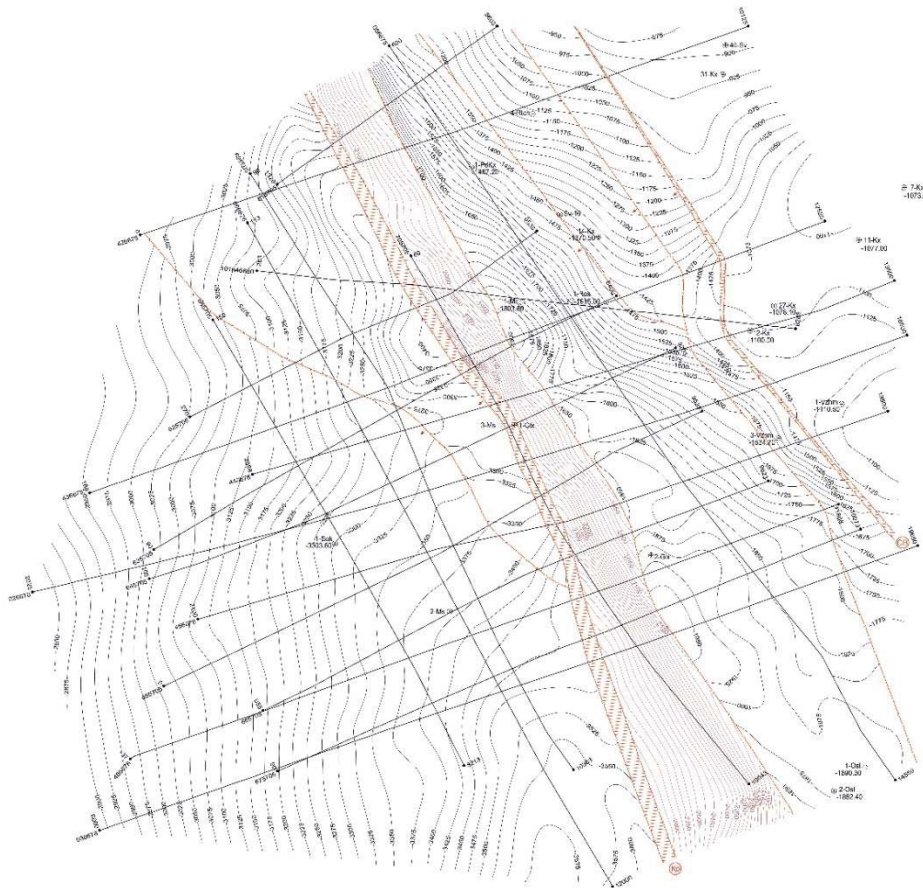
Нарощування паливно-енергетичної бази України в суворих реаліях сьогодення – одне з головних задач геологічної галузі, виконання якого залежить від відкриття нових родовищ вуглеводнів, виявлення нафтогазоперспективних структур, а також від обробки та інтерпретації існуючого сейсмічного матеріалу минулих років новими методами обробки та інтерпретаційними програмними комплексами. Особливо важливе значення мають такі роботи в добре вивчених геолого-геофізичними дослідженнями районах, що відкриває нові можливості знаходження там вуглеводневих скупчень. Саме такого виду роботи проведено у 2019 році на Глухівській площі Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину – переобробка та переінтерпретація геолого-геофізичної інформації, отриманої в минулі роки з використанням сучасних програмно-технічних засобів, методик і технологій, з метою уточнення геологічної будови площі та рекомендацій на проведення подальших геологорозвідувальних робіт.

**Методи досліджень.** Обробка сейсмічної інформації проводилась на робочій станції ULTRA SUN 60 в обробляючому комплексі ProMAX під управлінням операційної системи SOLARIS. Структурно-тектонічні побудови виконані в інтерпретаційній системі ПЗ Petrel.

Зібрано та оброблено геолого-геофізичні дані по площі досліджень, отримано проміжні та кінцеві результати їх інтерпретації (свердловинна база даних, результати переобробки даних сейсморозвідки, кореляція горизонтів відбиття, трасування тектонічних порушень, швидкісні моделі досліджуваних стратиграфічних рівнів, фінальні мігровані часові розрізи, фінальна структурно-тектонічна модель площі).

**Результати досліджень.** Виконано структурні побудови по прогнозно-продуктивних горизонтах у відкладах нижньодашавської підсвіти сарматського ярусу (горизонти НД-2, НД-9, НД-13, НД-15) та тираської світи середнього бадену ( $N_1b_2^{tr}$ ) неогену.

Загальний характер тектоніки площі найбільш повно відображений на структурно-тектонічній моделі горизонту  $N_1b_2^{tr}$  (гіпсоангідритовий горизонт тираської світи середнього бадену) (рис. 1).



**Рис. 1. Структурно-тектонічна модель горизонту  $N_1b_2^{tr}$  (гіпсоангідритовий горизонт тираської світи середнього бадену)**

Головним структурним елементом, який мав домінуюче значення у формуванні сучасного структурного плану неогенових відкладів, є регіональний Краковецький розлом. Він слідкується на площі дослідження з північного заходу на південний схід і розділяє площу на Крукеницьку і Косівсько-Угерську підзони. Ширина зони розлому складає 0,7–1,5 км і вона представляє собою площину розмиву гіпсоангідритового горизонту до відкладів юри. Амплітуда розлому по горизонту  $N_1b_2^{tr}$  складає 1500–1700 м.

В межах Крукеницької западини на скинутому крилі Краковецького розлому розкривається природломна синкліналь з зануренням, при деякій ондуляції, з північного заходу на південний схід від мінус 3000 м до мінус 3575 м. На південний захід спостерігається здимання горизонту.

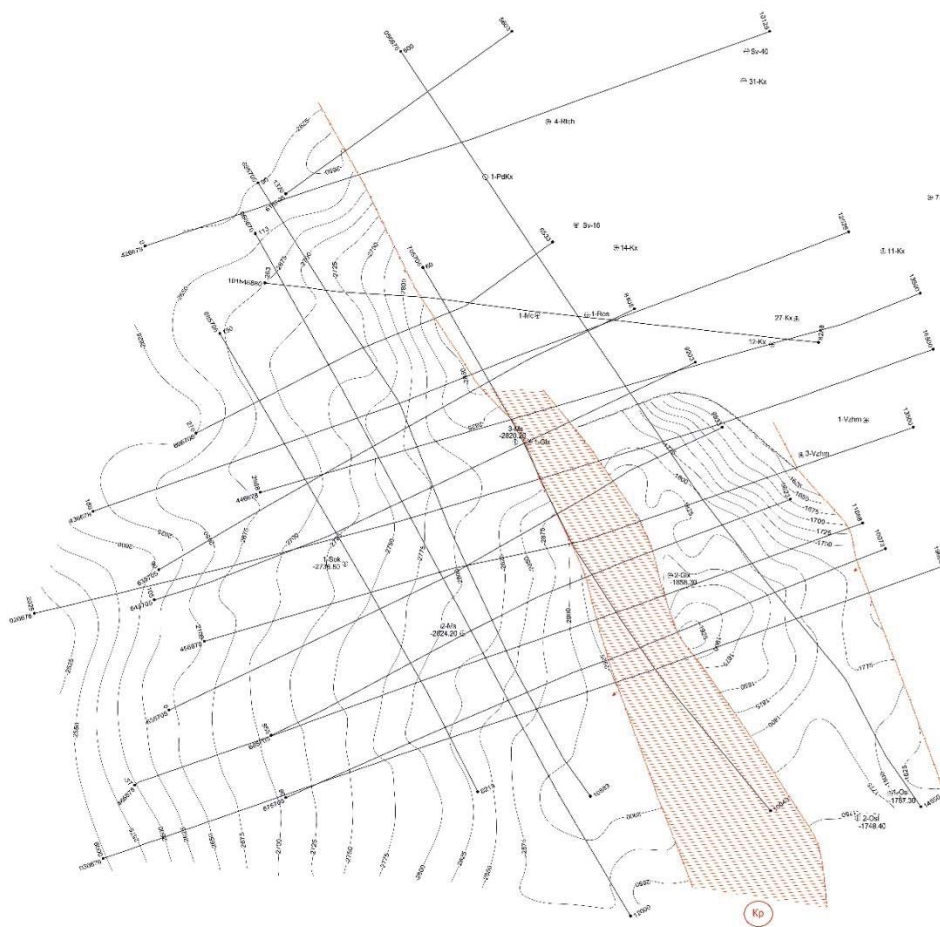
В центральній частині площі досліджень простежується діагональне порушення, яке примикає до Краковецького розлому. Амплітуда порушення порядку 50 м.

Площина розмиву гіпсоангідритового горизонту в зоні Краковецького розлому представляє собою круту монокліналь південно-західного падіння від мінус 1925–1950 м до мінус 2575–2600 м.

В межах Бунівського блоку (між Краковецьким і Судово-Вишнянським розломами) спостерігається здимання горизонту в північно-східному напрямку від мінус 1700–1950 м (в зоні Краковецького розлому) до мінус 1100–1800 м (в зоні Судово-Вишнянського розлому).

Тут, як і в Крукеницькій западині, проходить загальне занурення горизонту  $N_1b_2^{tr}$  з північного заходу на південний схід.

Будова комплексу сарматських відкладів представлена структурними побудовами горизонтів відбиття НД-15, 9 нижньодашавської підсвіти нижнього сармату. В структурному плані їх будова в загальному узгоджується з морфологією донеогенового розмиву в Крукеницькій підзоні, а в Бунівському блоці горизонти НД-15, 9, входячи в контакт налягання на гіпсоангідритовий горизонт, утворюють клиноформи стратиграфічного виклинювання, що мають пошуковий інтерес. По горизонту НД-15 в межах Крукеницької западини спостерігається підняття відкладів на південний захід від мінус 2900–2850 м до мінус 2550–2525 м при загальному зануренні з північного заходу на південний схід від мінус 2625 м до 2900 м (рис. 2).



**Рис. 2. Структурно-тектонічна модель горизонту НД-15 (нижньодашавська підсвіта нижнього сармату)**

Північно-східніше Краковецького розлому, в Бунівському блоці, відклади горизонту НД-15 розвинуті тільки в південно-східній частині площі досліджень, де вони розкриті свердловинами Оселя-1,2, Глухів-2, північно-західніше ці відклади в розрізі свердловин відсутні. Тут відклади горизонту НД-15 виклинюються на гіпсоангідритовий горизонт і по ньому спостерігається здимання в північно-східному напрямку від мінус 1925 м (в зоні Краковецького розлому) до мінус 1625 м. Амплітуда Краковецького розлому по горизонту НД-15 складає 1000–1050 м (рис. 3).





загальне підняття горизонту у північно-східному напрямку до Судово-Вишнянського розлому. По горизонту НД-9 значення відміток складають мінус 1300–1275 м в зоні Краковецького розлому, мінус 1150–875 м – в зоні Судово-Вишнянського розлому. Амплітуда Краковецького розлому по горизонту НД-9 складає 350–450 м.

Заслуговує на увагу і антиклінальний перегин по горизонту відбиття НД-15 на профілі 69 (рис. 5), де спостерігається нашарування горизонтів відбиття, що може свідчити про збільшення піщанистості горизонту.

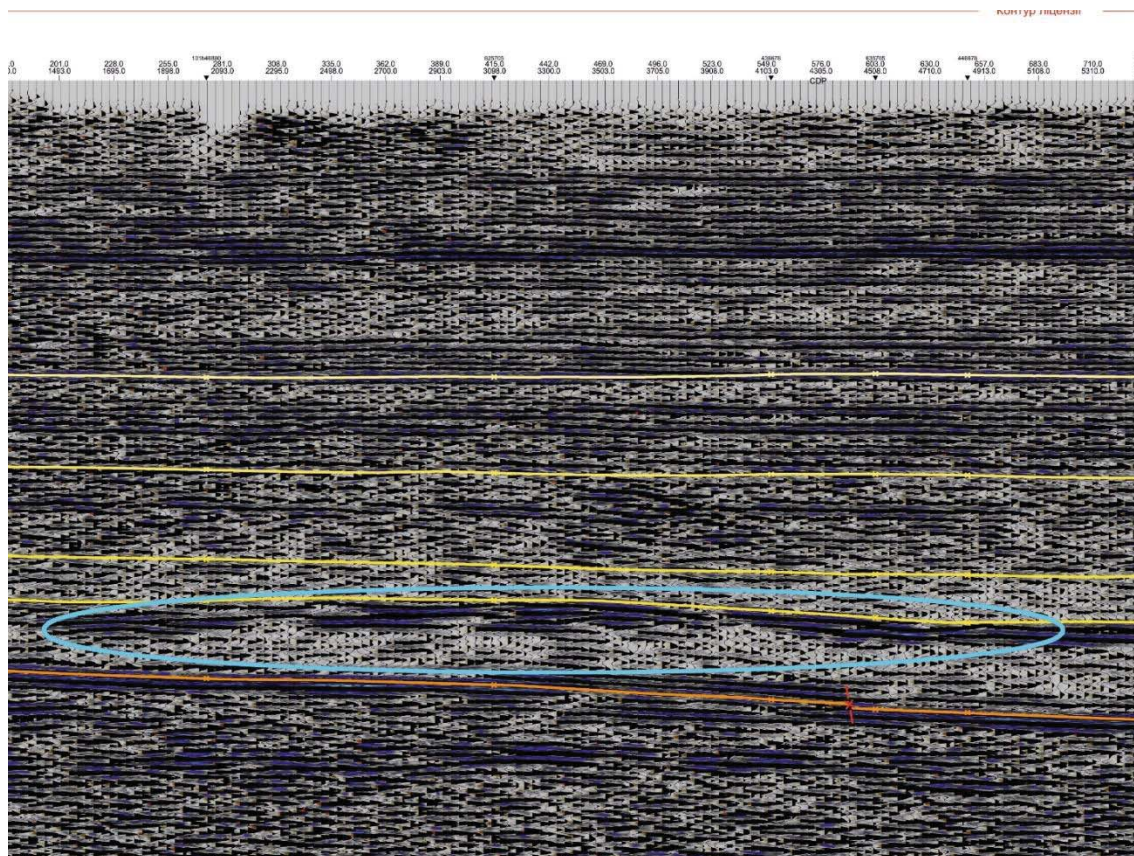


Рис. 5. Фрагмент часового розрізу по профілю 69

В результаті виконаних досліджень по проведенню та узагальненню наявної геолого-геофізичної інформації, переобробки та переінтерпретації даних сейсморозвідувальних досліджень з використанням сучасного забезпечення уточнена структурно-тектонічна модель Глухівської площі по відкладах нижньодашавської підсвіти сарматського ярусу (горизонти НД-9, НД-15) та горизонту відбиття  $N_1b_2^{tr}$  (тираська світа середнього бадену).

**Висновки.** За виконаними дослідженнями уточнене місцезоположення Краковецького і Судово-Вишнянського розломів, встановлене загальне занурення всіх горизонтів в межах площі досліджень в південно-східному напрямку.

Виявлений прогнозно-перспективний об'єкт в газоносному відношенні в товщі нижньосарматських відкладів по горизонту НД-15 та в зоні прилягання горизонтів до площини Краковецького та Судово-Вишнянського регіональних розломів, рекомендується постановка розвідувального буріння з метою виявлення газоносних відкладів.



## СТАН ОБВОДНЕННЯ НАЙБІЛЬШОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА УКРАЇНИ

*Німець Д.К.<sup>1</sup>, к. геол. н., dmitro.nimets@ugv.com.ua,*

*Кривуля С.В.<sup>2</sup>, к. геол. н., serhiikrivyliya@ugv.com.ua,*

*Пуц Д.В.<sup>2</sup>, denysputs@ugv.com.ua,*

*1 – УкрНДІгаз, Харків, Україна,*

*2 – ГПУ «Шебелинкагазвидобування», Донець, Україна*

У доповіді розглядається стан обводнення найбільшого газового родовища України. Розглядаються особливості геологічної та гідрогеологічної будови усіх трьох продуктивних горизонтів – нижньоангідритовий продуктивний горизонт, свити мідистих пісковиків, араукарітової свити карбону. Зроблений аналіз водного режиму родовища за допомогою методу індексу гетерогенності. Зроблені висновки по особливостям обводнення усіх трьох продуктивних горизонтів та родовища у цілому.

## STATE OF FLOODING OF THE LARGEST GAS FIELD OF UKRAINE

*Nimets D.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), dmitronimets@ugv.com.ua,*

*Krivyliya S.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), serhiikrivyliya@ugv.com.ua,*

*Puts D.<sup>2</sup>, denysputs@ugv.com.ua,*

*1 – UkrNDIGas, Kharkiv, Ukraine,*

*2 – Shebelinkagazvydobuvannya GPU, Donetsk, Ukraine*

The report examines the slate of irrigation of Ukraine's largest gas field. The peculiarities of the geological and hydrogeological structure of all three productive horizons are considered – the lower anhydrite horizon, the copper sandstone suites and the Araukarite Carboniferous suite. An analysis of the water regime of the deposit was made using the heterogeneity index method. Conclusions have been drawn on the features of irrigation of all three horizons and the deposit as a whole.

**Вступ.** У рамках уточнених проектів розробки 2016, 2022рр. року нами був зроблений аналіз водного режиму найбільшого в Україні газового родовища.

Родовище вже протягом багатьох років перебуває на кінцевому етапі розробки. Станом на вересень 2022 року пластовий тиск у продуктивному розрізі знизився до 2,12 МПа. За термобаричними умовами на той час у покладі вологість газу дорівнювала 5,0-6,0 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

**Мета досліджень.** Враховуючи перебування родовища на кінцевому етапі розробки, важливим у практичному відношенні і цікавим у науковому плані є встановлення стану обводнення продуктивних горизонтів, усього родовища в цілому, механізмів його обводнення.

Пластові води родовища зустрінуті у всіх розкритих продуктивних комплексах і являють собою хлоридні натрієві, хлоридні кальцієво-натрієві розсоли з середньою мінералізацією до 285,0 г/дм<sup>3</sup>. Серед виділених водоносних комплексів головна роль у обводненні продуктивного розрізу, експлуатаційних свердловин належить підсольовому водоносному комплексу (водоносний горизонт картамишської та араукарітової свит). Слід вказати, що буріння експлуатаційних свердловин, проведення різноманітних ремонтних робіт, боротьба з сольовими пробками – все це призвело до того, що за час розробки продуктивний розріз родовища поглинув величезний об'єм технічної рідини, що додало певних коректив у його гідрогеологічну обстановку.

### НАГ (нижньоангідритовий продуктивний горизонт)

НАГ за геологічною будовою є обмеженим у літологічному відношенні, і як слід – не має активного зв'язку з контурними пластовими водами. Це обумовлює певні особливості обводнення горизонту, які знаходять вираження у тому, що навіть на кінцевому етапі розробки родовища, переважна кількість експлуатаційних свердловин горизонту працюють з водними факторам, що відповідають теоретичній вологості газу. Результати визначення компонентного складу по горизонту НАГ за останні 2020-2022рр. показали, що мінералізація супутніх вод по більшості свердловин НАГ не перевищувала 5,0 г/дм<sup>3</sup>. І тільки по св.124, 206, 249, 424, 427, 471, 535 мінералізація становила 14,2-99,2 г/дм<sup>3</sup>.

За відсутністю активної водонапірної системи у НАГ, фіксація у продукції свердловин високомінералізованих вод, заповненість стовбурів рідиною може мати різноманітні причини. Ця вода може мати техногенний генезис – тобто напряму пов'язана з бурінням свердловин, проведенням різноманітних ремонтних робіт, промиванням сольових пробок та ін., з численними поглинаннями технічної рідини за весь час розробки родовища. За умов значного падіння пластового тиску може спостерігатися довготривалий процес повернення поглиненої технічної рідини з колекторів до стовбурів свердловин. Вірогідним уявляється підключення до дренавання раніше не охоплених ним слабопроникних флюїдонасичених пластів. На користь останнього говорить той факт, що як свідчать графіки залежності  $R_{пл}/Z$  від видобутку газу по свердловинах спостерігається деяка стабілізація падіння пластових тисків..

Режим розробки НАГ – газовий.

#### СМП (свита мідистих пісковиків)

Експлуатаційні свердловини СМП сумісно розкривають горизонти  $M_{1-5}$ , часто – з іншими об'єктами (НАГ та араукарітової свити карбону), що певної мірою ускладнює розуміння стану обводнення кожного горизонту окремо.

Продуктивні горизонти свити мідистих пісковиків є невтриманими за площею, спостерігаються переходи колекторів у неколектори, встановлені окремі, часто непов'язані одне з одним флюїдонасичені лінзи і включення. Колекторські та фільтраційні властивості погіршуються у напрямку до периферії. Водонапірна система є обмеженою. Передумови для обводнення гор.  $M_3$ ,  $M_4$  є у південно-східній частині структури, де вказані горизонти витримані за площею та мають відносно непогані колекторські та фільтраційно-ємнісні властивості.

У проекті розробки родовища 2016 року, на підставі вивчення великого обсягу фактичного матеріалу, з урахуванням розташування свердловин, були встановлені головні особливості обводнення покладу СМП. Виявилось, що переважна кількість свердловин, які працювали з надвисокими водними факторами, у гіпсометричному відношенні розташовані у приконтурних частинах півдня та південного заходу родовища. Аналіз розташування свердловин, що працювали у 2016 році з підвищеними та великими водними факторами, дозволяє зробити висновок, що найбільш активною водонапірна система покладу є саме в південній, південно-східній та південно-західній частинах структури, і малоактивною – на північному крилі. Разом з тим, у великій групі свердловин, які знаходяться або у склепінній частині структури, або наближені до неї, також були зафіксовані підвищені та високі водні фактори. Це може бути пов'язаним з утворенням в присклепінній зоні депресійної воронки і вибіркоким вторгненням пластових вод найбільш проникними прошарками.

У 2020-2022рр. велика група свердловин СМП виносила конденсаційні води, або води з невисокою мінералізацією (до  $10,0 \text{ г/дм}^3$ ). Супутні води з підвищеною та високою мінералізацією ( $24,6 \text{ г/дм}^3$  та вище) виносили св.40, 45, 94, 4,6, 226, 287, 292, 308, 378, 385, 393, 414, 556, 604, 626, 195, 230, 253, 306, 349.

У проекті розробки родовища 2016 року було встановлено активність водонапірної системи горизонтів  $M_{2-4}$  на південно-західному та західному крилі структури, що знайшло відображення у підвищених та високих водних факторах свердловин, величині мінералізації та компонентному складі супутньо-промислових вод, що ними виносилися. Але, великий масив даних по ГДС-К виявив одиничні обводнені прошарки в горизонтах СМП.

Було також встановлено випадки локального підйому ГВК по горизонтах у різних частинах структури – приконтурній і склепінній, що, пояснюються, головним чином, вибіркоким та випереджуючим типом обводнення, утворення «язиків» вторгнення пластових вод, чому сприяє багато причин. Це і зв'язок продуктивних горизонтів з водонапірною системою приконтурної зони, мінливість ФЄВ та колекторських властивостей відкладів у різних частинах структури, нерівномірний видобуток вуглеводнів по площі, і як слід – утворення виснажених зон і окремих ділянок з вкрай низькими пластовими тисками та ін.

Розробка продуктивних горизонтів СМП відбувається за умов газового режиму, але слід вказати, що як свідчать залежності  $R_{пл}/Z$  від видобутку газу по значній групі свердловин, відбувається деяка стабілізація динаміки пластових тисків. Скоріше за все, за



умов суттєвого падіння пластового тиску, до розробки залучаються малопроникні флюїдонасичені прошарки, що раніше були не охоплені дренаванням.

#### АСК (араукарітова свита карбону)

Об'єкт складається з сімох окремих горизонтів – А<sub>0-6</sub>. Водонапірна система араукарітової свити карбону характеризується поліпшеним у порівнянні з СМП гідродинамічним зв'язком з продуктивними горизонтами. У напрямку до периферії складки спостерігається погіршення фільтраційно-ємнісних характеристик колекторів.

Нами у проекті розробки родовища 2016 року було встановлено, що обводнення АСК встановлено по всіх продуктивних горизонтах – А<sub>0-6</sub>. На обводнення кожного окремого горизонту АСК впливають геологічна будова, літологічний склад, фільтраційно-ємнісні властивості, їх зміна за площею та розрізом, наявність гідродинамічного зв'язку з водонапірною системою та деякі інші фактори.

Найбільш динамічно водонапірна система веде себе у гор.А<sub>1-4</sub>, причому в південній, склепінній та північній частинах структури. На східних та західних перикліналях процеси обводнення виражені менш динамічно. Характерним є те, що локальний підйом ГВК у різних частинах структури може значно відрізнитися (наприклад – у гор.А<sub>4</sub>), причому у склепінних свердловинах у гіпсометричному відношенні рівень ГВК знаходиться вище, аніж у приконтурних. Причиною цього, скоріше за все, є вплив депресійної воронки у склепінній структури, що сприяє вибіркового та випереджуючого обводненню експлуатаційних свердловин. Поведінку водонапірної системи АСК неможливо характеризувати, як активну, але за умов значного падіння пластових тисків у покладі це призводить до негативних явищ. Так, за даними геофізичних досліджень стовбури експлуатаційних свердловин знизу заповнені рідиною, у деяких свердловинах продуктивні пласти задавлені водою з боку свердловини. Отже, продуктивні пласти або працюють шляхом барботажу, або спроможні працювати тільки після проведення продувки.

У період 2020-2022рр. велика група свердловин 248, 292, 308, 348, 414, 434, 464, 514, 582, 584, 588, 604, 646 виносила супутні води, мінералізація яких не перевищувала 6,8 г/дм<sup>3</sup>, і тільки по свердловині 464 вона склала 30,1 г/дм<sup>3</sup>. До речі, ця свердловина сумісно розкриває ще і горизонт М<sub>5</sub>, і відібрана вода могла надійти з покладу СМП.

Залежності Rпл/Z від видобутку газу показують, що поклад АСК розробляється за умов газового режиму з проявами елементів водонапірного режиму, що знайшло відображення у деякій стабілізації падіння пластових тисків.

**Метод досліджень.** Розглядаючи продуктивний розріз родовища, як величезний масивно-пластовий поклад, можна застосувати один з двох графоаналітичних методів, а саме – метод індексів гетерогенності.

Метод індексів гетерогенності HI-Index – це швидкий скринінговий метод визначення стану обводнення свердловин [1, 2].

HI-index визначається за формулами:

$$HI_{\text{газ}} = \frac{q_{\text{газу}}}{q_{\text{газу сер.}}} - 1,$$

де q газу – дебіт газу на визначену дату, тис.м<sup>3</sup>/добу,

q газу сер. – середній дебіт газу по об'єкту розробки на визначену дату, тис.м<sup>3</sup>/добу .

$$HI_{\text{вода}} = \frac{q_{\text{води}}}{q_{\text{води сер.}}} - 1,$$

де q води – дебіт води на визначену дату, м<sup>3</sup>/добу,

q води сер. – середній дебіт води по об'єкту розробки на визначену дату, м<sup>3</sup>/добу.

У залежності від розташування точок HI<sub>газ</sub>/HI<sub>вода</sub> на графіку (рис. 1), можна ідентифікувати свердловини, в яких починається процес обводнення.

Перша чверть (I) характеризується нижчими за середні показники, видобувними параметрами свердловин. Свердловини, які потрапляють до цієї зони за умов нестабільної роботи в попередній період, потребують проведення заходів з підтримання продуктивності.

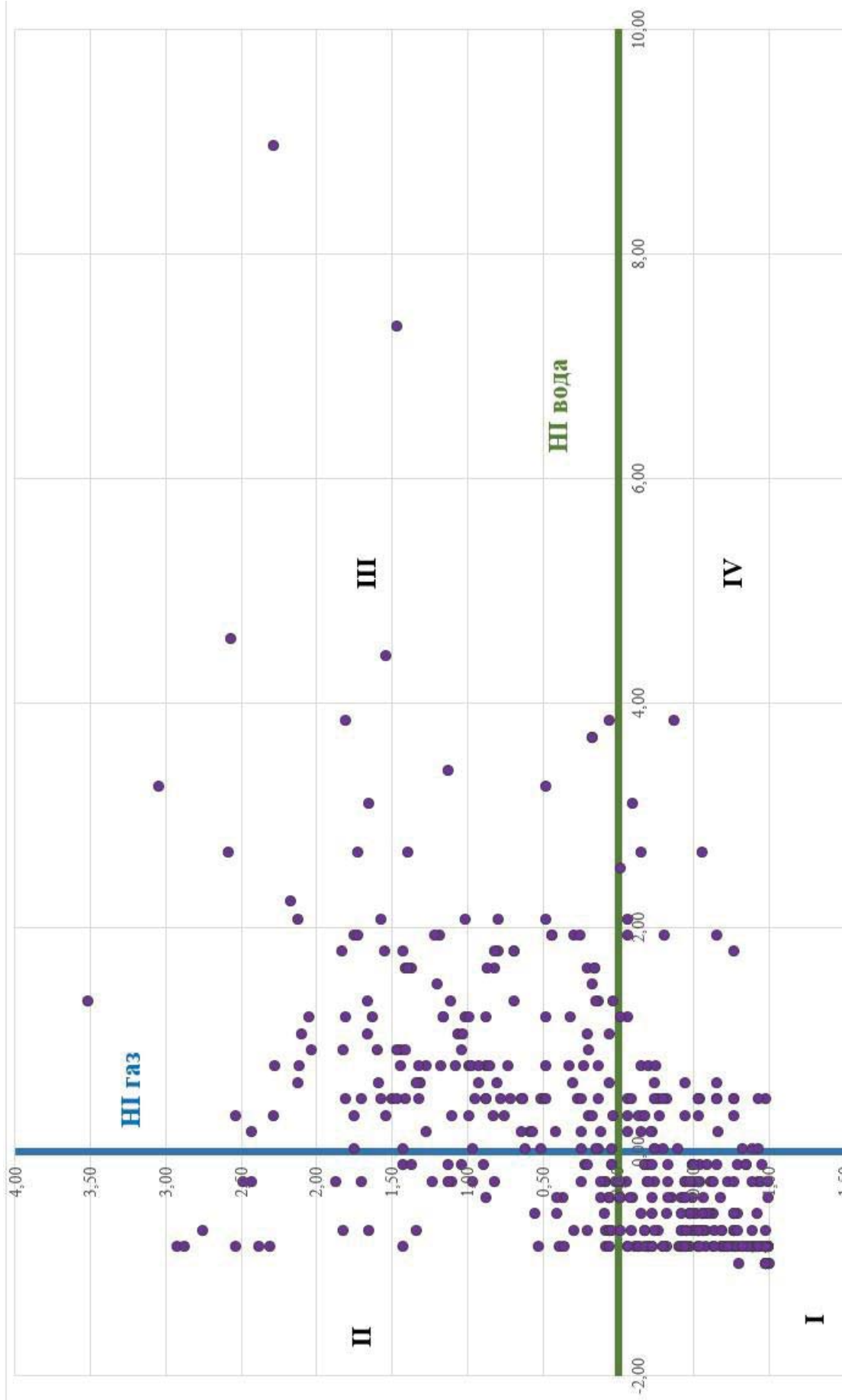


Рис. 1. Аналіз водного режиму експлуатації свердловин методом індексу гетерогенності

Друга чверть (II) характеризує умови експлуатації свердловин, коли енергії пласта достатньо для виносу рідини з вибою. Свердловини, які потрапляють до цієї частини графіку, зазвичай експлуатуються без ознак обводнення.

Третя чверть (III) на графіку характеризує умови експлуатації свердловин, коли енергії пласта достатньо для виносу рідини з вибою. Свердловини, які потрапляють до третьої чверті – це свердловини, які експлуатуються в режимі фонтанування. Водночас, свердловини, які знаходяться в цій частині графіку потребують контролю, оскільки, продукуючи великий об'єм води, вони знаходяться в зоні ризику обводнення.

Четверта чверть (IV) характерна для свердловин з низькими видобувними можливостями. Свердловини, які потрапляють до четвертої чверті експлуатуються з очевидними ознаками обводнення.

Враховуючи велику кількість свердловин, що були залучені до графоаналітичних побудов, не уявляється можливим відобразити їх номери на представленому графіку та привести перелік свердловин, які потрапили до всіх чотирьох чвертей.

За результатами графічних побудов виявилось, що найбільш численними виявилися маловодна та малодобітна (I) та багатоводна та високодобітна (III) чверті. До складу I чверті потрапили, головним чином, свердловини НАГ та СМП. Деякі з свердловин цієї групи сумісно розкривають араукарітові горизонти, але свердловин, що розкривають тільки араукарітові горизонти тут пораховані одиниці.

У складі III чверті експлуатаційних свердловин НАГ значно менше, головуюча роль належить свердловинам СМП. Враховуючи, що ця чверть є «багатоводною», значною мірою тут впливає активність водонапірної системи СМП, і навпаки – відсутність такого явища для НАГ.

**Результати досліджень.** Навіть на кінцевому етапі розробки родовища переважна більшість експлуатаційних свердловин працюють з водними факторами, що не перевищують вологість газу при поточних термобаричних умовах у покладах. Значне падіння пластового тиску, невисока швидкість потоку газу біля башмаку НКТ – все це призводить до того, що супутньо-промислові води не виносяться на поверхню і накопчуються у нижній частині стовбуру свердловин. Загальним є і те, що у продукції багатьох, охоплених дослідженнями свердловин трьох експлуатаційних об'єктів, відмічається високомінералізована вода хлоридного натрієвого, кальцієво-натрієвого складу. Значна кількість свердловин виносять супутньо-промислові води з мінералізацією від перших одиниць/десятків до 100,0 г/дм<sup>3</sup>. За компонентним складом та величиною мінералізації ці води можна віднести до категорії пластових розбавлених.

В кінці ми хочемо підкреслити, що геологічна будова НАГ унеможливілює обводнення цього об'єкту активними контурними водами. Обводнення СМП поширилося на західну та південно-західну частини структури. Майже не проявляє себе водонапірна система у північній частині структури. Для АСК характерним є обводнення південної, північної, склепінної частин структури, у меншому масштабі – на східній та західній перикліналях.

Обводнення приконтурних експлуатаційних свердловин СМП та АСК обумовлено природними причинами – близькістю до водонапірної системи. Обводнення склепінних свердловин вказаних експлуатаційних об'єктів, вірогідно, пов'язане з утворенням депресійної воронки у склепінній частині структури.

Згідно з графіками залежності  $R_{пл}/Z$  від видобутку газу по свердловинах НАГ, СМП, АСК показує, що на заключному етапі розробки родовища по всіх трьох експлуатаційних об'єктах почали проявлятися елементи водонапірного режиму, що знайшло відображення у деякій стабілізації динаміки пластових тисків. Режим розробки НАГ, СМП, АСК – газовий.

Обводнення родовища не носить активний характер, це, скоріше – закономірний підсумок виснаження продуктивного розрізу та значного падіння пластового тиску.

#### **Список використаних джерел:**

1. SPE 167350 Heterogeneity Index and fast screening processes used in a large mature field designer for quick production gains.
2. Методика контролю за експлуатацією проблемних свердловин родовищ АТ «Укргазвидобування». – АТ «Укргазвидобування». – К., 2018. – 25 с.

## **ВІДКРИТТЯ НОВОГО ПОКЛАДУ В СЕРПУХОВСЬКИХ ВІДКЛАДАХ НА ВОДЯНІВСЬКОМУ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМУ РОДОВИЩІ ЯК ПРИКЛАД РОЗШИРЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ НИЖНЬОКАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ ВІДКЛАДІВ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ**

*Куровець С.С., професор, sergiy.kurovets@nung.edu.ua;  
Злочевська К.М., karina.zlochevska-a103z21@nung.edu.ua,*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Збільшення видобутку вуглеводнів та їх розвіданих є першочерговим завданням нафтогазової галузі України. Дана робота спрямована на вивчення нових шляхів розширення перспектив нафтогазоносності в нижньокам'яновугільних відкладів Дніпровсько-Донецької западини.

## **DISCOVERY OF A NEW DEPOSIT IN THE SERPUHOVSKY DEPOSITS AT THE VODIANIVSKY GAS CONDENSATE FIELD AS AN EXAMPLE OF EXPANDING THE PROSPECTS OF THE OIL AND GAS CAPACITY OF THE LOWER COAL DEPOSITS OF THE DNIPROV-DNETSK BASIN**

*Kurovets S., professor, sergiy.kurovets@nung.edu.ua;  
Zlochevska K., karina.zlochevska-a103z21@nung.edu.ua,*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Increasing the production of hydrocarbons and their explorations is the primary task of the oil and gas industry of Ukraine. This work is aimed at studying new ways of expanding oil and gas prospects in the lower coal deposits of the Dnipro-Donetsk Basin.

Адміністративно Водянівське родовище розташоване в Богодухівському районі (Валківська міська, Коломацька та Краснокутська селищні територіальні громади) Харківської області.

В тектонічному відношенні воно розташоване в межах північної прибортової зони центральної частини Дніпровсько-Донецької западини, на схилі Богодухівського виступу фундаменту.

Загалом Водянівське підняття є типовою структурою облягання. За даними сейсмічних робіт у хвильовому полі впевнено виділяється сейсмічний образ (сейсмофація) біостромної споруди. Вона розташована на виступі частково розмитой поверхні девонських відкладів, в умовах, досить сприятливих для накопичення органогенних вапняків – уступ палеорельєфу з інтенсивним зануренням в південному напрямі. Можливо, що ця біостромна споруда є успадкованою, і залягає на такій же, але суттєво розмитій споруді девонського віку.

Пробурені пошукові свердловини №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 та 8 загалом підтвердили сейсмічні побудови в межах Водянівського підняття. Родовище розробляється з 2015 року. Промислова газоносність Водянівського родовища пов'язана з теригенними породами нижнього карбону (верхньовізейський під'ярус) та з карбонатними породами нижнього карбону (турнейський ярус) та верхнього девону (фаменський ярус).

Керном в різних об'ємах охарактеризовані всі продуктивні горизонти. Кількість та якість геофізичних матеріалів дозволяє визначати параметри продуктивних горизонтів.

Геофізичні властивості піщано-алевролітових та карбонатних порід змінюються в широких межах в залежності від пористості, глинистості, характеру та величини насиченості і т.п.

Інтервальний час для неколекторів і колекторів теригенних відкладів змінюється відповідно в межах: для серпуховських відкладів – 182-225 і 223-230 мкс/м, для візейських відкладів – 187-208 і 210-244 мкс/м і для девонських відкладів – 195 (один ущільнений пласт) і 205-230 мкс/м. Для карбонатних турнейських відкладів він змінюється в межах 166-



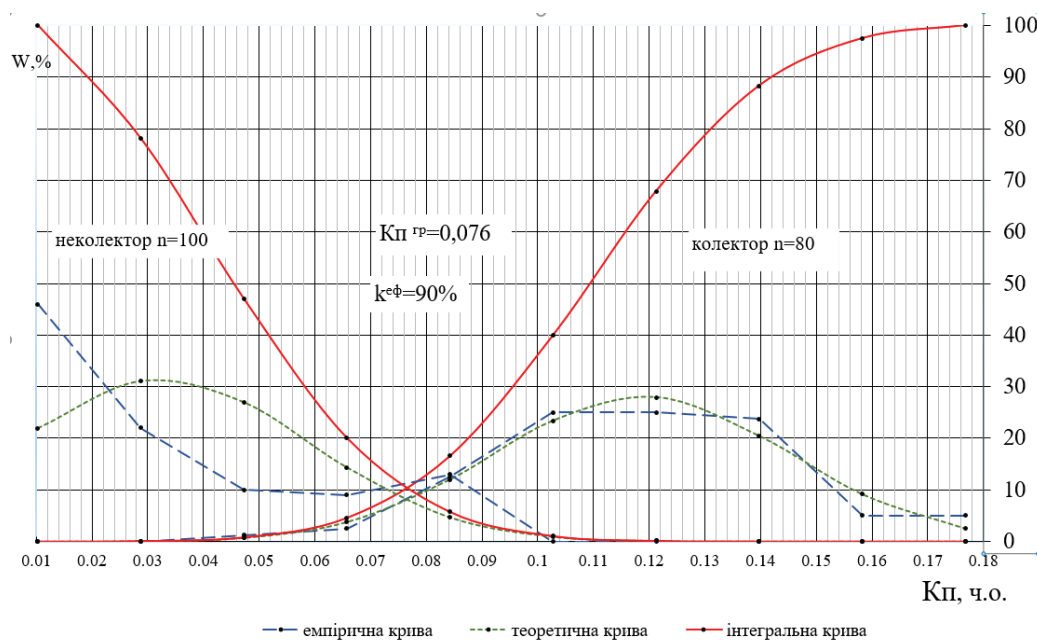
185 і 181-207 мкс/м.

Величина природної радіоактивності для піщано-алевролітових колекторів та неколекторів змінюється в межах: для серпуховських відкладів – 3,0-10,4 і 8,5-9,0 мкР/год (середні значення 5,3 і 7,6 мкР/год), для візейських відкладів – 3,3-12,1 і 5,3-6,9 мкР/год (середні значення 5,6 і 6,4 мкР/год) і для девонських відкладів – 3,0-5,0 і 3,0 мкР/год (один ущільнений пласт) (середні значення 4,0 і 3,0 мкР/год).

Для колекторів та неколекторів карбонатних турнейських відкладів величина природної радіоактивності змінюється в межах 2,2-4,0 і 1,8-5,1 мкР/год (середні значення 3,0 і 3,0 мкР/год).

Колектори турнейського і фаменського ярусів характеризуються середніми значеннями пористості та глинистості – відповідно 9,5% та 11,4%; візейського – 11,9% та 10,8%; серпуховського – 11,5% та 5,6%.

На рис. 1 наведено кросплет накопичувальних гістограм для визначення граничного значення пористості і інтервального часу повздовжньої акустичної хвилі для теригенних колекторів продуктивних горизонтів серпуховського ярусу.



**Рис. 1. Кросплет гістограм для визначення критичного значення пористості для колекторів продуктивних горизонтів серпуховського ярусу за даними ГДС**

Питомий електричний опір для піщано-алевролітових відкладів серпуховських відкладів водонасичених колекторів складає 1,0-11,5 Ом (середнє значення – 3,1 Ом).

В межах візейських та девонських відкладів водонасичені пласти відсутні. Питомий електричний опір для газонасичених колекторів відповідно складає 12,0-60,0 та 8,0-25,0 Ом (середні значення – 36,1 та 15,0 Ом).

Питомий електричний опір для газонасичених карбонатних турнейських відкладів складає 25,0-250,0 Ом (середнє значення – 83,8 Ом). Водонасичені пласти відсутні.

Загалом з моменту виявлення Водянівської структури основні поклади вуглеводнів пов'язували саме з візейськими та турнейськими відкладами нижнього карбону. Щодо серпуховських відкладів, то тут не було виявлено ознак промислових скупчень вуглеводнів.

При випробуванні горизонту В-15 у свердловині № 1 в інтервалі 5135-5230 м отримано приплив газу дебітом 10,6 тис м<sup>3</sup>/добу. У свердловині № 2 при його випробуванні в інтервалі 5120,4-5172,8м (вибірково) отримано промисловий приплив газу – дебіт змінювався від 365 тис м<sup>3</sup>/добу на штуцері 7 мм до 460 тис м<sup>3</sup>/добу на штуцері 8 мм.

На основі рекомендацій за результатами виконаних ГДС у свердловині № 2 було виконано перфорацію турнейських відкладів (горизонт Т-1) у інтервалі 5403-5450 м, 5457-5460 м, 5467-5488 м, 5493-5530 м та отримано промисловий приплив газу дебітом

276 тис. м<sup>3</sup>/добу.

В свердловині № 3 з інтервалу 5923-5930 м також отримано промисловий приплив газу дебітом, що коливався від 250 до 372,5 тис. м<sup>3</sup>/добу. В свердловині № 4 з інтервалу 5559,2-5586,8 м отримано 93 тис. м<sup>3</sup>/добу.

Фаменські відклади девону (горизонт ФМ-1) було випробувано в інтервалах 5624-5650 м та 5659-5673 м у свердловині №6. Дебіт свердловини змінювався в межах від  $Q_{г}=24,48$  до 65,6 тис м<sup>3</sup>/добу (на штуцерах 4 та 6 мм). Після долучення перфорацією горизонту Т (5514-5524 м та 5529-5547 м) дебіт газу зріс до 550 тис м<sup>3</sup>/добу.

Наприклад, за результатами буріння і інтерпретації матеріалів ГДС пошукової свердловини № 1, безпосередньо в межах горизонтів С-4, С-5, С-6 виявлені піщані пласти з відкритою пористістю 10-17,5 % та опором 9-3 Омм за характером насичення інтерпретувалися як водоносні. А в інтервалі 4871,6-4874,4м горизонт С-16-23 за даними ГДС був виділений газонасичений пісковик, товщиною 2,4 з пористістю 9%. При випробуванні горизонту пластовипробувачем КВІ-146 отриманий слабкий приток рідини з розрахунковим дебітом 19,5 м<sup>3</sup>/д. Характер насичення пласта точно не визначений – в пробовідбірнику розгазований буровий розчин, питомою вагою 1,62 г/см<sup>3</sup> (буріння здійснювалось на буровому розчині, питомою вагою 1,72 г/см<sup>3</sup>). В пробі газу визначався підвищений вміст метану – 93,77%.

При розкритті нижньосерпуховських відкладів у свердловині №2 в інтервалі 4847,0–4871,5м (продуктивний горизонт С-16-23) відзначено розгазування бурового розчину. В межах горизонтів С-5-6 можна виділити пласти пісковиків, що мають граничну пористість (7-9%), однак їх опір (13-20 Омм) вище вміщуючих глин.

В свердловині № 3 з горизонту С-5 (4493-4498 м, 4440-4460 м) припливу газу не отримано. Пласти характеризувались значеннями пористості від 6 до 13,5 % та питомим опором 10,5 – 5 Омм.

За даними ГДС у свердловині № 6 в межах горизонтів С-6-7 було виділено два пласти пісковиків з пористістю 15,5 і 9% та опорами 20,5 та 14,7 Омм відповідно. Збільшення опору при збільшенні пористості (на відміну від їх значень у свердловині № 1 вказує на якісну характеристику колектора, як нафтогазоносного.

В листопаді 2022 року пласти розкрито перфорацією та отримано промисловий приплив вуглеводнів. Через три дні свердловина стабільно працювала при тисках  $P_{тр} = 265$  та  $P_{зтр} = 290$  кг/см<sup>2</sup>, а дебіт газу становив 250 тис м<sup>3</sup>/добу, конденсату – 120 м<sup>3</sup>/добу. Пропонується здійснювати відбір газу з дебітами 240-250 тис м<sup>3</sup>/добу та 100-120 м<sup>3</sup>/добу конденсату. За попередніми розрахунками свердловиною очікується вилучити близько 170 млн м<sup>3</sup> газу з даного об'єкту.

Під час пробної експлуатації покладів горизонтів С-6-7 свердловини № 6 Водянівського ГКР, будуть отримані вихідні дані для підрахунку запасів вуглеводнів та обґрунтовані вихідні дані для складання проекту дослідно-промислової експлуатації покладу.

Попередньо проведено підрахунок загальних запасів вуглеводнів об'ємним методом. Для горизонту С-6 Водянівського родовища вони складають 163 млн м<sup>3</sup> газу та 10 тис т конденсату, для горизонту С-7 – 230 млн м<sup>3</sup> газу та 14 тис т конденсату.

З метою ефективної розробки серпуховських відкладів рекомендується в подальшому після відпрацювання нижніх горизонтів, провести перфорацію горизонтів С-6-7 у свердловинах № 4 (пористість 8-9%, опір 16-40 Омм), № 5 (відповідно 11% та 16 Омм), № 7 (8,5-10% та 32-18 Омм) та № 8 (9,5-14% та 23-36 Омм).

Також варто розглянути можливість буріння свердловини в східній частині структури в межах блоку свердловин №№ 4 і 5 у разі підтвердження їх газонасиченості за результатами випробувань.

## **МЕТОДИКА ПРИРОСТУ РОЗВІДАНИХ ЗАПАСІВ ВУГЛЕВОДНІВ У ВІДКЛАДАХ НИЖНЬОЇ ПЕРМІ, ВЕРХНЬОГО ТА НИЖНЬОГО КАРБОНУ В МЕЖАХ ПЕРСПЕКТИВНИХ СТРУКТУР, ПРИЛЕГЛИХ ДО ОКТЯБРСЬКОГО ТА КОБЗІВСЬКОГО РОДОВИЩ**

*Куровець С.С.<sup>1</sup>, професор, sergiy.kurovets@nung.edu.ua;*

*Бурдейний Т.О.<sup>2</sup>, info@esco-pivnich.com,*

*1 – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,*

*Івано-Франківськ, Україна,*

*2 – ТОВ "ЕСКО-ПІВНІЧ"*

Збільшення видобутку вуглеводнів та їх розвіданих запасів у Дніпровсько-Донецькому басейні є першочерговим завданням нафтогазової галузі України. Дана робота спрямована на вивчення нових шляхів збільшення запасів нафти і газу в нижньопермських відкладах верхнього і середнього карбону.

## **METHODS OF INCREASING THE EXPLORED HYDROCARBON RESERVES IN THE LOWER PERMIAN DEPOSITS, UPPER AND LOWER CARBONIFEROUS WITHIN THE PROMISING STRUCTURES ADJACENT TO THE OKTYABRSKE AND KOBZIVSKE FIELDS**

*Kurovets S.<sup>1</sup>, professor, sergiy.kurovets@nung.edu.ua;*

*Burdeinyi T.<sup>2</sup>, info@esco-pivnich.com,*

*1 – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine,*

*2 – TOV "ESKO-PIVNICH"*

Increasing the production of hydrocarbons and their proven reserves in the Dnieper-Donets basin is a top priority for the oil and gas industry of Ukraine. This work is aimed at studying new ways of increasing oil and gas reserves in the Lower Permian deposits, Upper and Middle Carboniferous.

Для дослідження були обрані перспективні структури, прилеглі до Октябрського та Кобзівського родовищ. Вони характеризуються великим потенціалом для дорозвідки та приросту запасів вуглеводнів. Ці ділянки є перспективними для вивчення нафтогазоносності відкладів нижньої пермі, верхнього та середнього карбону. Кобзівське родовище стало першим відкриттям зі значними запасами газу за останні 30 років і введеним у видобуток на родовищах Р<sub>1</sub>-С<sub>3</sub> з літологічно екранованими покладами [1].

Жовтнева площа є перспективною для виявлення літологічних пасток вуглеводнів на моноклінальному схилі як у пермських, так і в кам'яновугільних відкладах. Сучасні технології в галузі пошуку нафти і газу дозволяють відслідковувати розподіл колекторів, а також оцінювати їх властивості пористості і проникності. Не останню роль у цьому зіграло використання сейсмічних досліджень у поєднанні з геофізичними дослідженнями свердловин. На прикладі Кобзівського та Октябрського родовищ можливе використання геофізичних даних для пошуку та розвідки неструктурних пасток.

В тектонічному відношенні Кобзівська площа розташована в межах центральної частини Дніпровсько-Донецького грабена. На поверхні докембрійського фундаменту це чітко виражений моноклінальний схил, ускладнений поздовжніми розломами, що утворюють часто занурені блоки з глибиною покрівлі фундаменту від 5 км у його південній частині до 12-14 км у північній частині. Утворення осадового чохла - монокліналь, що занурюється на північний захід у напрямку розширеного Григорівського прогину. Цей прогин відокремлює Октябрсько-Сахновщинську монокліналь від структур осьової частини Дніпровського грабену, що включає Кобзівське підняття та структури Соснівсько-Біляївської антиклінальної зони. У межах моноклінального схилу простежується виямка хемогенних відкладів нижньої пермі. Лінія защемлення проходить на південь від межі розвідувального району. За особливостями осадконакопичення ця територія поєднує риси, характерні для

південної окраїнної зони та центрального грабена басейну, які відрізняються відносно помірними умовами для прояву блокової тектоніки та галокінезу.

В тектонічному відношенні Октябрська площа розташована в межах південного краю Дніпровського грабена, північна її частина наближається до найбільш зануреної центральної частини. В осадовому чохлі основною тектонічною структурою Октябрської стоянки є високоамплітудне прогинання флексурних шарів палеозойської частини розрізу, що мігрує з глибиною з півночі на південь. У межах замикаючої частини флексури спостерігається різке опускання пластів і інтенсивне збільшення потужності відкладень, починаючи з башкирського ярусу. Характерною особливістю сучасної будови Октябрсько-Сахновщинської монокліналі є відсутність замкнутих антикліналей. Поздовжні прикрайні девонські грабени та горсти поховані під сучасною Октябрсько-Сахновщинською монокліналлю, утворюючи протяжні пасма малоамплітудних піднять, що слугували північними схилами системи дочірніх прогинів, що простягалися вздовж південної зони крайових розломів ДДЗ.

Для виявлення перспективних пасток для розвідувального буріння були використані всі геолого-геофізичні дані, в тому числі дані геофізичних досліджень свердловини та сейсмічних досліджень. У цій роботі з використанням сейсмічних даних уточнено існуючі структурно-тектонічні моделі та на їх основі виділено нові перспективні вуглеводневі пастки. Для виявлення прогнозних зон розповсюдження пластів-колекторів детально вивчено хвильове поле тимчасових мігрованих січних профілів у кожному з перспективних цільових сейсмогеологічних комплексів, а також «Висновок про геофізичні дослідження свердловини» в свердловинах глибокого буріння до визначити колекторські властивості та характер насиченості пісковиків кожного комплексу. На структурних картах, що характеризують структуру родовищ кожного з цільових комплексів, відповідними позначеннями позначають виділені прогнозні райони та окремі об'єкти, з якими можна пов'язати нафтогазоносність родовищ кожного з комплексів.

Загалом на Південно-Кобзівській площі в межах моноклінального схилу виявлено та прогнозовано низку нафтогазоносних об'єктів у відкладах верхнього карбону, московського та башкирського ярусів середнього карбону та серпуховського ярусів нижнього карбону.

Перспективний нафтогазоносний об'єкт, який може бути пов'язаний із зоною поширення літологічних вуглеводневих пасток у верхній частині верхньокам'яновугільних відкладів, можна розглядати як пріоритетні об'єкти для подальших досліджень. Пошуковий інтерес представляє виділення за допомогою аналізу картини сейсмічного запису хвильового поля п'яти зон сейсмічних фаціалів у відкладеннях башкирського і московського ярусів середнього карбону, з якими можна пов'язати прогнозні літологічні об'єкти.

Той факт, що за даними сейсмічного палеогеоморфологічного аналізу (Карпенко І.В. та ін.) просторово збігається розміщення вищезазначених сейсмічних фаціальних зон із протяжними прогнозними зонами літологічних пасток (Карпенко І.В. та ін.) [2], свідчить про перевагу підвищення ймовірності існування цих прогнозних об'єктів. Більше того, для їх ідентифікації використовувалися методологічно різні підходи.

Позитивним моментом є певний збіг в термінах прогнозованої зони можливого розвитку літологічних об'єктів середньої частини відкладів московського ярусу середнього карбону і верхньої частини верхнього карбону, виділених за результатами дослідження. навчання. Це розширює діапазон можливої продуктивності і позитивно впливає на економічну доцільність проведення геологорозвідувальних робіт у межах даної ділянки та ліцензійної ділянки в цілому.

На сьогоднішній день проводяться сейсмозвідувальні роботи 3D для уточнення геологічної моделі Октябрського родовища та визначення місця розташування проєктованих пошукових свердловин. Загальна площа сейсмозвідки на Октябрському родовищі планується 213 км<sup>2</sup>, з них проєктна площа повного дослідження 96 км<sup>2</sup>.

Характеризується складними умовами поверхні через наявність поселень і річкової системи. Як правило, детальні 3D-сейсмічні дослідження слід проводити з достатньо



високою кратністю, щоб ідентифікувати нові глибокі структурно-тектонічні пастки та правильно застосувати прямі вуглеводневі індикатори. Однак через складні умови поверхні фактична кратність може змінитися. У цьому випадку відхилення фактичної кратності від проектної будуть компенсовані на етапі обробки даних за допомогою унікальних процедур корекції розподілу кратності.

**Список використаних джерел:**

1. Кривуля С.В. Критерії дорозвідки великих покладів вуглеводнів нижньопермсько-верхньокам'яновугільних відкладів Дніпровсько-Донецької западини: Монографія / С.В. Кривуля - Харків, 2014. -174с.

2. Характеристика рекомендації «Проведення сейсмічних досліджень з подальшим розміщенням розвідувального буріння на відклади верхнього карбону та нижньої пермі в межах Бердянсько-Октябрського об'єкта». Карпенко І.В., Радул Р.К., Український державний геологорозвідувальний інститут, Київ, 2008.

## ПРОГНОЗ АНТИКЛІНАЛЬНИХ ТА СОЛЯНОКУПОЛЬНИХ СТРУКТУР ЗАКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ ЗА ГРАВІМЕТРИЧНИМИ ДАНИМИ

*Анікеєв С.Г., к. геол. н., доц., anikayevsergiy@gmail.com;*

*Максимчук В.Ю., д. ф-м. н., проф., valmaksymchuk@gmail.com;*

*Кудеравець Р.С., к. геол. н., с. н. с., romankuderavets@gmail.com,*

*Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Львів, Україна*

Приведені результати аналізу просторової структури аномального гравітаційного поля Закарпатського прогину з метою прогнозу локальних структур, перспективних для пошуків родовищ нафти і газу, а також соляно-купольних структур. Для виокремлення локальних аномалій застосовано процедуру трансформації осереднення. Показано, що для умов Закарпатського прогину оптимальним є осереднення з радіусом 10 км, що дозволяє виділяти локальні аномалії, обумовлені рельєфом фундаменту та неоднорідностями осадового чохла. Структурно-тектонічна будова неогенового поверху, складеного осадовими породами, як правило, підпорядкована структурі палеозойського та мезозой-кайнозойського фундаменту. У цих умовах гравітаційні локальні аномалії з високою ймовірністю відображають підняття донеогенового фундаменту та антиклінальні структури, сформовані над ними. Солянодіапірові структури зумовлюють інтенсивні від'ємні гравітаційні аномалії. На основі проведеного аналізу аномального гравітаційного поля у зіставленні з геолого-тектонічними та структурними картами регіону, іншими геолого-геофізичними даними у Закарпатському прогині прогнозовано перспективні на газ та солянокупольні структури, які можна рекомендувати в якості першочергових об'єктів для постановки детальних пошуково-розвідувальних робіт.

## FORECAST OF ANTICLINAL AND SALT-DOME STRUCTURES OF THE TRANSCARPATHIAN TROUGH BY GRAVITY DATA

*Anikayev S., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., anikayevsergiy@gmail.com;*

*Maksymchuk V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., valmaksymchuk@gmail.com;*

*Kuderavets R., Cand. Sci. (Geol.), senior researcher, romankuderavets@gmail.com,*

*Carpathian Branch of S. Subbotin Institute of Geophysics of the NASU, Lviv, Ukraine*

The results of the analysis of the spatial structure of the anomalous gravity field of the Transcarpathian Trough with the aim of forecasting local structures promising for the search for oil and gas deposits, as well as salt-dome structures, are presented. To isolate local anomalies, the averaging transformation procedure was applied. It is shown that averaging with a radius of 10 km is optimal for the conditions of the Transcarpathian Trough, which allows for the select of local anomalies caused by the topography of the foundation and the inhomogeneities of the sedimentary cover. The structural and tectonic structure of the Neogene floor composed of sedimentary rocks, as a rule, is subordinate to the structure of the Paleozoic and Mesozoic-Cenozoic basement. Under these conditions, gravity local anomalies with a high probability reflect the uplift of the pre-Neogene basement and the anticlinal structures formed above them. Salt-diapir structures cause intense negative gravity anomalies. Based on the analysis of the anomalous gravity field in comparison with the geological-tectonic and structural maps of the region, other geological-geophysical data, promising gas and salt-dome structures are predicted in the Transcarpathian Trough, which can be recommended as priority objects for planning up detailed prospecting and exploration works.

**Вступ.** Геолого-тектонічна будова Закарпатського прогину геологічними та геофізичними методами вивчалась на протязі тривалого часу, але, як вважає, наприклад, Ю. З. Крупський [1], не достатньо для об'єктивного оцінювання нерозвіданих видобувних ресурсів цього газоносного регіону. У цій ситуації зростає актуальність застосування несейсмічних методів прогнозу перспективних структур, особливо гравірозвідки. За останні роки розвиваються методи дослідження особливостей тектонічної будови фундаменту та осадового чохла, перспективних структур та соляних штоків за аномаліями гравітаційних і магнітних полів [2, 3] з використанням методів моделювання [4-6] та різних трансформацій [5-13].

У Закарпатському прогині неогеновий комплекс загальною товщиною у западинах від 2 км до 5 км представлений переважно перешаруванням піщано-глинистих товщ з відносно низькою густиною; донеогеновий палеозойський та мезозой-кайнозойський комплекс – більш ущільнені карбонатно-теригенні породи. В таких геологічних умовах гравітаційні аномалії, спостережені на денній поверхні, в основному відображають будову фундаменту. Зокрема припідняті блоки фундаменту добре корелюють з додатними аномаліями гравітаційного поля. Подібний зв'язок аномального гравітаційного поля з будовою

фундаменту з його мезозойським покриттям спостерігається у Передкарпатському прогині [6-8, 11-13]. Структура неогенового поверху Закарпатського прогину в основному визначається будовою фундаменту, у першу чергу системою тектонічних порушень [14]. Тому детальні структурні побудови по поверхні донеогенової основи [15, 16] допомагають визначити площі, перспективні на газ. Додатні гравітаційні аномалії не тільки можуть відображати положення піднять, а й підкреслювати їхню геометрію та локальні більш підняті поверхні блоків фундаменту, а також антиклінальні структури над ними, тобто окреслюють найбільш перспективні ділянки. Інтенсивні негативні локальні аномалії у зоні розвитку соляно-купольної тектоніки з високою ймовірністю відображають соляні куполоподібні тіла [9-10], в околі яких також можуть бути літологічно-екрановані поклади газу.

**Методика досліджень.** Гравіметричний прогноз структурно-тектонічних елементів у межах перспективних площ виконують за аналізом розподілу та вірогідної природи гравітаційних локальних аномалій. Для виокремлення аномалій застосовують трансформації вихідного (спостереженого) гравітаційного поля. Поділ полів на регіональні та локальні аномалії нами виконується переважно за допомогою трансформації осереднення. З досвіду прогнозу піднять фундаменту та антиклінальних структур за гравіметричними матеріалами [7-13] оптимальним радіусом осереднення є 10 км. Вилучення результату осереднення, який приймається за регіональний фон, з вихідного поля дозволяє виділяти локальні аномалії. Аналіз розподілу локальних аномалій, їхньої морфології, розмірів та інтенсивності, виконується з використанням низки ознак, за якими елементи будови фундаменту та осадового чохла проявляються у аномаліях гравітаційного поля [6].

**Прогноз антиклінальних структур.** Для вивчення характеру відображення в локальних аномаліях гравітаційного поля антиклінальних структур використано карту нафтогазогеологічного районування Західного регіону України [17], де наведено газові родовища та перспективні структури (рис. 1). Нами виконано зіставлення їх з додатними локальними гравітаційними аномаліями. Як бачимо (рис. 2) майже всі відомі газові родовища та перспективні структури розташовані у межах додатних локальних аномалій.



**Рис. 1.** Газові родовища і перспективні структури [17] на тектонічній основі Закарпатського прогину [18]. Тектонічні одиниці: I – Чоп-Мукачівська западина, II – Солотвинська западина, III – Березівське горбогір'я, IV – Панонська міжгірська западина, V – Мармароський кристалічний масив.



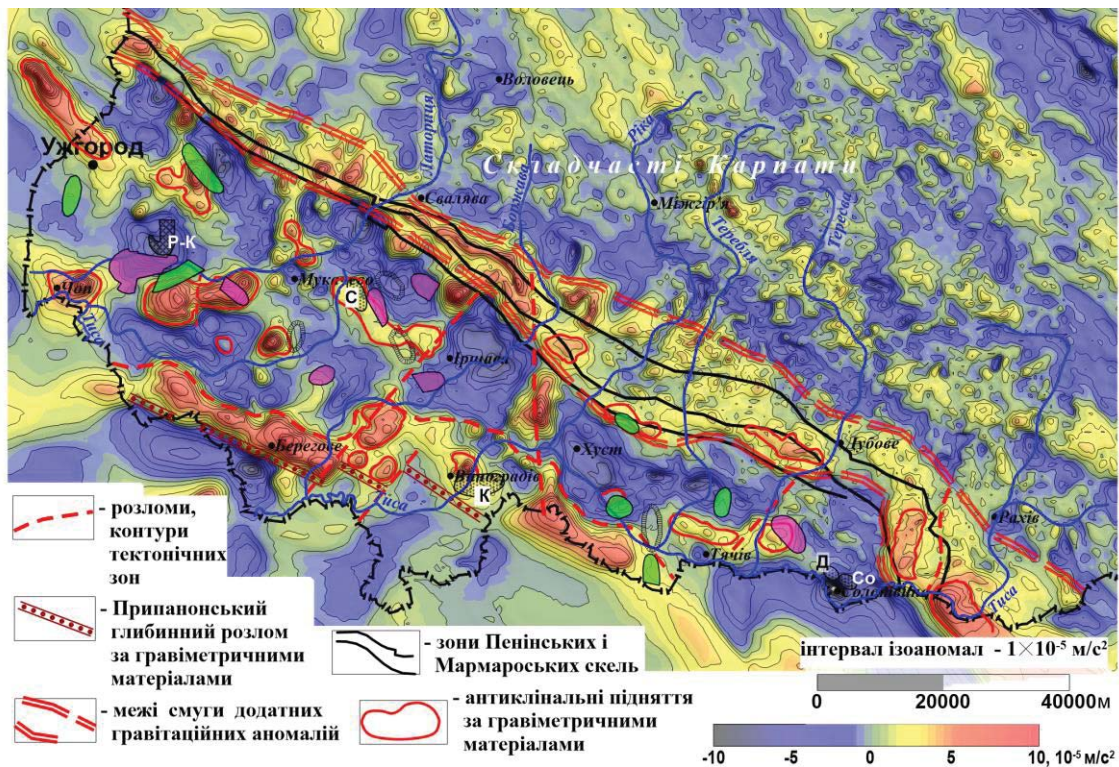


Рис. 2. Антиклінальні підняття та газові родовища і перспективні структури на фоні локальних аномалій поля сили тяжіння Закарпатського прогину. Інші умовні позначення на рис. 1.

Чоп-Мукачівська западина. Королівське газове родовище збігається з антиклінальним підняттям. Родовище прилягає до розлому, який відділяє його від більш припіднятого (відповідно до зростання інтенсивності додатної аномалії) центрального блоку. Західніше розташоване інше більш амплітудне підняття. Станівське газове родовище розташоване біля м. Мукачево у межах північно-західної частини антиклінального підняття, витягнутого у південно-східному напрямку. Біля родовища структури з негативними результатами буріння розташовані за межами додатних аномалій (рис. 2). Русько-Комарівське газове родовище, на відміну від попередніх, знаходиться в зоні розвитку інтенсивної від'ємної аномалії в пригнічених умовах. Родовище є пасткою антиклінального типу, яка розбита розломами на окремі блоки. На півдні та на півночі від нього розташовані виявлені раніше структури та прогнозовані нами підняття.

На перетині західного кордону України зі Словаччиною виділяється інтенсивна додатна локальна аномалія значного північно-західного простягання (рис. 2), яка зумовлена Ужгородським підняттям. Це високоперспективне підняття є продовженням Словацької ділянки, на якій у 2007 р. відкрите родовище газу.

У Чоп-Мукачівській та Солотвинській западинах на фоні загального від'ємного рівня, що зумовлений збільшенням товщини осадового покриву, проявляються додатні аномалії (інтенсивністю  $1.0 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$  і більше). Однією з таких є південна ділянка біля м. Хуст (рис. 2).

У Солотвинській западині газові родовища переважно прилягають до солянокупольних утворень. Декілька інтенсивних гравітаційних аномалій вказують на підняття фундаменту.

Перспективи певних структур та піднять можуть бути пов'язані з їхніми схилами, де пастки формуються як зони вклинювання пластів-колекторів. Прикладом прогнозу таких пасток є оконтурення смуг розвитку продуктивних пачок піскуватих лінз над пологими схилами Слобідколіснянського та Коломийського палеовиступів на південному сході Передкарпатського прогину за сейсмо-гравіметричними матеріалами [19, 7-8].

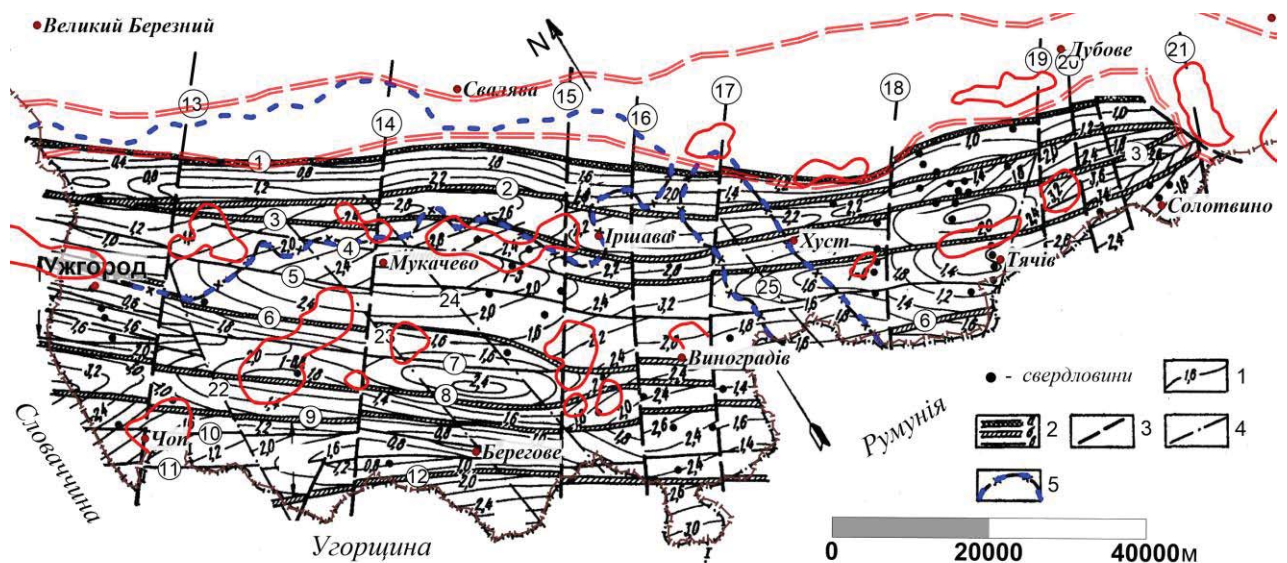
У контурі Вигорлат-Гутинського пасма локальні гравітаційні аномалії переважно зумовлені виверженими вулканогенними породами та інтрузіями, а виділена нами смуга



додатних гравітаційних аномалій [10] (рис. 2) пов'язана із зонами Пенінських і Мармароських скель, а також із зоною розвитку глибинного Закарпатського розлому.

Ступінь достовірності прогнозу локальних структур за гравіметричними матеріалами можна оцінити зіставленням виокремлених додатних аномалій з картами донеогенової поверхні. За аналізом карти В. М. Щерби (1976) [15] (рис. 3) більшість виокремлених аномалій укладаються у зони над припіднятими блоками фундаменту. Деякі аномалії виходять за межі блоків, перекриваючи глибинні і регіональні розломи. У цьому випадку згини їхніх контурів часто відображають вплив розломів. Аномалії з такими характерними рисами розташовані довкола м. Мукачево. Низка аномалії має простягання уздовж поздовжніх розломів, зокрема аномалія, що на півночі від м. Тячів, покриває припіднятий блок фундаменту, а основна її частина витягнута за глибинним розломом. Лише аномалія, яка північніше м. Виноградів, розташована у межах південно-східної країни відносно опущеного блоку.

Висока кореляція між локальними аномаліями та підняттями поверхні донеогенової основи спостерігається і у зіставленні розташування аномалій зі структурною картою П. Ю. Лозиняка (2010) [16]. Але є деякі відмінності. Так, у порівнянні цієї карти з розломною тектонікою [15] помітно, що перспективна Грушівська структура (див. рис. 1) розташована над значним заглибленням поверхні донеогенової основи, що на карті [16], але локальна додатна аномалія (рис. 2), дещо зміщена на захід, чітко відображає припіднятий блок фундаменту (рис. 3). Зазначимо, що аналіз можливої природи локальних аномалій у зоні простягання Закарпатського розлому та Мармароського масиву неоднозначний, що зумовлено як складною тектонікою, так й меншою інформативністю зазначених структурно-тектонічних карт у межах цих зон.

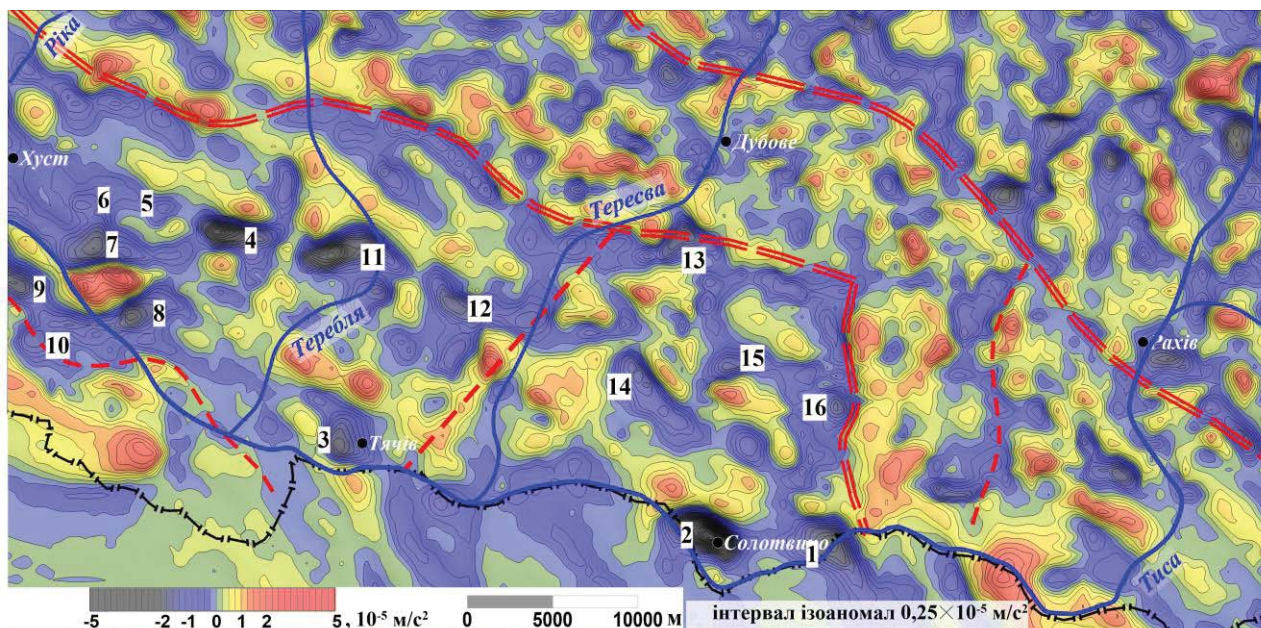


**Рис. 3. Локальні аномалії поля сили тяжіння на фоні карти розломної тектоніки Закарпатського прогину (В. М. Щерба, 1976 [15]): 1 – ізогіпси донеогенової поверхні (км); розломи (нумерація розломів за В. М. Щербою): 2 – поздовжні (а – глибинні, б, в – регіональні); 3 – поперечні; 4 – меридіанні; 5 – межі Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма.**

Інші умовні позначення на рис. 2

**Відображення солянокупольних структур у гравітаційних аномаліях.** У Солотвинській западині Закарпатського прогину найбільш відомими є три соляні штоки (рис. 4): Солотвинський, що зумовлює інтенсивну від'ємну гравітаційну аномалію ( $-6.2 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ ), Терелянський ( $-3.3 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ ) та Олександрівцівський ( $-3.5 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ ). Отже, від'ємні аномалії високої інтенсивності ( $< -1.0 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ ) пов'язані з солянокупольними структурами. Біля м. Солотвино чітко простежуються дві аномалії, які відображають соляні штоки: Східносолотвинський, розмірами  $2000 \cdot 1300 \text{ м}^2$  (відмічений номером 1 на рис. 4);

власне Солотвинський (2), розмірами  $4000 \cdot 2500 \text{ м}^2$ . На північ від Солотвинської структури розташовано декілька соляних куполів різних розмірів. Біля м. Тячів за локальною аномалією виділяється Західнотячевський купол (3) розмірами приблизно  $1000 \cdot 1000 \text{ м}^2$ . Подібним чином простежуються інші солянокупольні об'єкти.



**Рис. 4.** Локальні аномалії поля сили тяжіння (радіус осереднення 2500 м) Солотвинської западини. Солянокупольні підняття, виявлені за локальними від'ємними аномаліями, вказані номерами. Інші умовні позначення на рис. 2.

**Висновки.** Результати якісного аналізу гравітаційного поля Закарпатського прогину засвідчують, що антиклінальні структури та солянокупольні тіла впевнено відображаються у локальних аномаліях. Гравітаційні аномалії, локалізовані за допомогою трансформації осереднення, у зіставленні з геолого-тектонічними та структурними картами Закарпатського прогину, лягли в основу прогнозу перспективних на газ та солянокупольних структур. Виявлені структури, після деталізації їх іншими геолого-геофізичними методами, можна рекомендувати в якості першочергових об'єктів для постановки пошуково-розвідувальних робіт.

#### Список використаних джерел:

1. Крупський Ю. Геологія і нафтогазоносність Українських Карпат та їхніх прогинів (погляд з початку ХХІ ст.). Вісник Львів. Ун-ту. Серія геол. 25, 2011. С. 3–19.
2. Схема гравітаційного поля України. Масштаб 1:200000. Т. С. Нечаєва, Л. М. Шимків, В. А. Єнтін. Київ. ПДРГП Північгеологія, 2002.
3. Карта аномального магнітного поля України. Масштаб 1:200000. Т. С. Нечаєва, В. М. Гаркавко, Л. М. Шимків, В. А. Єнтін. Київ. ПДРГП Північгеологія, 2002.
4. Макаренко І., Савченко О., Дерерова Я., Муровська Г., Старостенко В., Бієлік М., Легостаєва О. Глибинна будова Закарпатського прогину (українська частина) за даними густинного моделювання. Геофиз. журн., 4(45), 2023. С. 43-83. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i4.286285>.
5. Орлюк М. І., Бакаржієва М. І., Марченко А. В. Магнітна характеристика і тектонічна будова земної кори Карпатської нафтогазоносною області як складова частина комплексних критеріїв вуглеводнів. Геофиз. журн, 5(44), 2022. С. 77-105. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i5.272328>.
6. Анікеєв С. Г., Максимчук В. Ю., Пилип'як М. М. Гравімагнітна модель Коломийської палеодолини уздовж геотраверсу Надвірна-Отинія-Івано-Франківськ. Геофиз. журн. 2019. 6(41). С. 73-92. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i6.2019.190067>.



7. Анікеєв С., Максимчук В. Уточнення геотектонічної будови та прогнозування перспективних зон нафтогазоносності Коломийського та Слобідколісненського палеовиступів за даними гравірозвідки. Зб. наук. праць «Геофізика і геодинаміка: прогнозування та моніторинг геологічного середовища». Львів, Растр-7, 2019. С. 6-8.
8. Anikeyev S. G., Maksymchuk V. Yu., Kuderavets R. S. and Pyrizhok N. B. Tectonic structure and oil and gas potential of the Kolomyia and Slobidko-Lisna paleoedges according to the gravity and magnetic data. 20th International Conference on Geoinformatics Theoretical and Applied Aspects, GeoInformatics 2021, (10-14 May 2021, Kyiv, Ukraine), Geoinformatics, 1-6. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521161>.
9. Анікеєв С., Максимчук В., Кудеравець Р., Пиріжок Н. Відображення антиклінальних та солянокупольних структур Закарпатського прогину у гравітаційному полі. ІХ Міжнародна наукова конференція «Геофізика і Геодинаміка: прогнозування та моніторинг геологічного середовища», 10-12 жовтня 2023 р., Львів. 2023. С. 43-46.
10. Максимчук В. Ю., Анікеєв С. Г., Мончак Л. С., Кудеравець Р. С., Пиріжок Н. Б. Структурно-тектонічні особливості Закарпатського прогину за даними гравімагнітометрії. Геофізичний журнал, 6(45), 2023. С. 102-126. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i6.293310>.
11. Масвський Б. Й., Анікеєв С. Г., Мончак Л. С., Степанюк В. П., Хомин В. Р., Куровець С. С., Здерка Т. В., Манюк М. І. Новітні дослідження геологічної будови і перспектив нафтогазоносності глибокостанурених горизонтів Українських Карпат. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. 208 с.
12. Мончак Л. С., Анікеєв С. Г. Перспективи нафтогазоносності піднасувних піднять у зоні Передкарпатського розлому. Нафтогазова галузь України, 2. 2020. С. 20-24.
13. Мончак, Л. С., Анікеєв, С. Г. Піднасувні підняття в Карпатському регіоні та перспективи їхньої нафтогазоносності. Мінеральні ресурси України, 1, 2022. С. 34-42. <https://doi.org/10.31996/mru.2022.1.34-42>.
14. Бойко Г. Е. Прогнозирование нефтегазоносности по генетическим показателям. Київ, Наукова думка, 1982. 250 с.
15. Доленко Г. Н., Бойчевская Л. Т., Килын И. В., Улизло Б. М., Щерба А. С., Щерба В. М., Ярош Б. И. Разломная тектоника Предкарпатского и Закарпатского прогибов и ее влияние на распределение залежей нефти и газа. Київ. Наукова думка, 1976. 126 с.
16. Лозиняк П., Місюра Я. Особливості геологічної будови донеогенового фундаменту Закарпатського прогину. Геологія і геохімія горючих копалин, 3-4 (152-153). 2010. С. 73-84.
17. Карта нафтогазогеологічного районування Західного регіону України. М 1:500000. Звіт. Геолого-економічна оцінка ресурсів вуглеводнів Західного і Південного нафтогазоносних регіонів України. І. Б. Вишняков, М. Я. Вуль, Б. Б. Заволянський та ін. Львів: Фонди ЛВ УкрДГРІ, 2007.
18. Тектоническая карта Украинских Карпат. М 1:200000. В. С. Буров, И. Б. Вишняков. Ред. В. В. Глушко, С. С. Круглов. Киев. УкрНИГРИ, 1986.
19. Заяць Х. Б. Глибинна будова надр Західного регіону України на основі сейсмічних досліджень і напрямки пошукових робіт на нафту і газ. Львів: ЛВ УкрДГРІ, 2013. 136 с.

## ЛІТОЛОГО-СТРАТИГРАФІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ГАЗОНОСНОСТІ СОЛОТВІНСЬКОЇ ПІДЗОНИ ЗАКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

*Медвідь М.І., асистент, mariana.medvid@nung.edu.ua,  
Михайлів І.Р., к. геол. н., доцент, iryna.mykhailiv@nung.edu.ua,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
Івано-Франківськ, Україна*

Забезпечення України паливно-енергетичними ресурсами – одне з основних завдань національної економіки. Першим кроком до збільшення енергетичного потенціалу країни є науково обґрунтований прогноз нерозвіданих ресурсів вуглеводнів. У роботі наведено детальну характеристику газоносних та газоперспективних відкладів Солотвинської підзони Закарпатського прогину. На основі аналізу основних характеристик порід-колекторів та ємнісно-фільтраційних властивостей порід зроблено висновки щодо перспектив газоносності Солотвинської підзони й окреслено першочергові об'єкти для подальших геологорозвідувальних робіт.

## LITHOLOGIC AND STRATIGRAPHIC PREREGUISITES FOR GAS BEARING CAPACITY OF SOLOTVYNKA SUBZONE OF THE TRANSCARPATHIAN TROUGH

*Medvid M., assistant, mariana.medvid@nung.edu.ua,  
Mykhailiv I., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., iryna.mykhailiv@nung.edu.ua,  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The provision of Ukraine with energy and fuel resources is one of the main tasks of the national economy. The first step in increasing power potential of the country is scientifically proved prediction of unexplored hydrocarbon resources. The detailed characteristic of baden deposits in the Solotvynska subzone of the Transcarpathian foredeep is given. On the basis of the principal features of reservoir-rocks and capacity and filtration properties the conclusions concerning the prospects of gas content in the baden complex of the Solotvynska subzone and top priority objects for further geological exploration works were outlined.

Закарпатська газоносна область була виокремлена в складі Карпатської нафтогазонасної провінції наприкінці 80-х років минулого століття після відкриття Русько-Комарівського, Станівського, Солотвинського та Королівського родовищ. Сучасна тектонічна будова Закарпатського прогину характеризується інтенсивною дислокованістю, розривними порушеннями поздовжнього та поперечного напрямів. Відкриті родовища приурочені до центральної зони антиклінальних складок, яка поділяється Вигорлат-Гутинським вулканічним пасмом на дві підзони Мукачівську і Солотвинську.

Солотвинська підзона на сьогоднішній день є однією з перспективних у плані газоносності в Україні. Але вона досі залишається недостатньо вивченою, хоча в ній було виконано великий обсяг досліджень. На думку науковців перспективи відкриття нових покладів вуглеводнів тут ще не вичерпані. На сьогодні на території Солотвинської підзони опошуквано більше 10 площ та відкрито одне газове родовище – Солотвинське.

Метою роботи є уточнення геологічної будови та дослідження локальних структур, встановлення характеру поширення газоносних та газоперспективних відкладів в межах Солотвинської підзони Закарпатського прогину.

Солотвинська підзона характеризується розвитком в її межах соляно-діапірових структур лінійного простягання. Вони сформувалися в місцях пересічення поздовжніх і поперечних розломів, де породи були найпіддатливішими для проникнення солі [1]. В Солотвинській підзоні виявлено поперечні (Новоселицький, Ганичі-Солотвинський, Водиця-Великобичківський) і поздовжні розломи (по лінії Данилово-Теребля, вздовж р. Тиса, поблизу північно-східного борту прогину та ін.) Окрім даних розломів виявлені також менші розломи притаманні лише відкладам неогену.

У Солотвинській підзоні виділено два газоносні комплекси, а саме баденський та сарматський. За літологічними ознаками у бадені виділяють (знизу – догори): новоселицьку



світу ( $N_{1b1nv}$ ), нижній баден; тереблянську світу ( $N_{1b2tb}$ ), середній баден; солотвинську ( $N_{1b3sl}$ ), тересвинську ( $N_{1b3ts}$ ) та басхівську ( $N_{1b3bs}$ ) світи, верхній баден [2].

Баденські відклади в багатьох місцях виходять на денну поверхню і простежуються вздовж північно-східного краю прогину. В розрізі відкладів бадену присутні теригенні (в тому числі різнозернисті пісковики з кондиційними ємкісно-фільтраційними властивостями та роз'єднуючі їх пачки глин), хемогенні та пірокластичні породи.

Флюїдоупором регіонального значення вважається глинисто-галогенна товща верхньотереблянської підсвіти. Промислові поклади горючого газу у баденських відкладах виявлені на Солотвинській площі.

В розрізі відкладів бадену присутні теригенні (в тому числі різнозернисті пісковики з кондиційними ємкісно-фільтраційними властивостями та роз'єднуючі їх пачки глин), хемогенні та пірокластичні породи. Флюїдоупором регіонального значення вважається глинисто-галогенна товща верхньотереблянської підсвіти. Промислові поклади горючого газу у баденських відкладах виявлені на Солотвинській площі.

Відклади *новоселицької світи* ( $N_{1b1nv}$ ) нижнього бадену залягають з кутовою і стратиграфічною незгідністю на породах терешульської світи карпатського ярусу, палеогену та крейди. Товща порід складена характерними ясно-зеленими ріоліт-дацитовими туфами і туфитами з прошарками сірих аргілітів, мергелів, алевролітів та туфогенних пісковиків товщиною 2-15 м. В районі сіл Стеблівка, Сокирниця, Теребля, Солотвино теригенні відклади вже домінують і кількість туфів в їх об'ємі зменшується (свердловини 16-Тересва, 2-Сокирниця, 10-Теребля, 1-Солотвино). Туфи характеризуються різно орієнтованою тріщинуватістю, яка найбільше проявляється в районах розвитку діапирових структур. Завдяки цьому вони можуть розглядатися як колектори для вуглеводнів, що доведено випробуванням у свердловинах 6-Теребля, 2-, 6-, 7-, 10 – Солотвино, Солотвино 68-3.

Найбільша товщина відкладів світи у Солотвинській депресії розкрита свердловинами: 2- (980 м), 3- Сокирниця (700 м), 34-Колодно (899 м), 1-Данилово-опорна (700 м), 1 -Данилово-пошукова (730 м). Вище по розрізу новоселицька світа поступово змінюється тереблянською світою.

*Тереблянська світа* ( $N_{1b2tb}$ ) розкрита багатьма свердловинами, на тих самих площах, що й новоселицька. У літологічному відношенні це теригенно-хемогенні утворення, в яких виділяються: нижньотереблянська (переважно глиниста) та верхньотереблянська (переважно галогенна) підсвіти.

Товща нижньотереблянської підсвіти складена темно-сірими та сірими аргілітами з тонкими та рідкими прошарками алевролітів, сірих і ясно-сірих пісковиків, рідше мертелів і туфів. Іноді товстошаруваті пісковики в розрізі переважають (свердловина 23-Тересва), а товщина гіпсоангідритових шарів коливається від 2 до 24 м (свердловини 3, 13 Тячів). Товщина підсвіти мінлива і коливається від 20-50 м (свердловини 12-, 21- Тересва, 39-Колодно) до 230-308 м (свердловини 9-Тересва, 29-Колодно), на схід від долини р. Тересва товщина зменшується до 24 м (свердловина 1-Солотвино) 123 м (свердловина 3- Солотвино).

Верхньотереблянська підсвіта це в основному землиста, сіра і біла кристалічна кам'яна сіль з пакетами та лінзами сірих глин, що залягають у вигляді пластів та масивних тіл у соляних штоках (сс. Солотвино, Округла, Теребля, Олександрівка, Данилово, Боронява). Її товщина в Солотвинській частині прогину мінлива й коливається від перших метрів (свердловини 9-, 10- Теребля; 3-, 7-, 9- Тячів; 12-, 27- Тересва; 2-, 5- Солотвино) до 1000 і більше метрів (свердловини 1-Солотвино, 1-Теребля та інші).

*Солотвинська світа* ( $N_{1b3sl}$ ) виходить на поверхню північного борту однойменної западини і облямовує діапирові куполи відомі в межах сіл Данилово - Теребля, а також - в районі с. Солотвино.

Відомі два типи розрізу відкладів солотвинської світи. Вони розмежовуються смугою поширення діапирових структур. В одному випадку це перешарування сірих, темно-сірих аргілітоподібних, алевритистих і алевритових глин та сірих і ясно-сірих пісковиків, алевролітів, зрідка туфів і туфітів. А в другому (південно-східні райони прогину) розріз світи

має флішоподібний вигляд з притаманними для нього структурними і текстурними особливостями. В околицях м. Тячів, смт. Буштино, сіл Стеблівка, Сокирниця широко розвинуті горизонти ріоліт-дацитових туфів товщиною від 16-20 до 90-110 м, які у західному напрямку поступово виклинюються.

На Грушівській площі (свердловина 1 Грушів) у відкладах солотвинської світи (в інтервалах глибин 1705-1730 м і 1800-1810 м) виявлено два горизонти з горючим газом [5]. Пісковики та туфопісковики світи являються перспективними горизонтами для нафтогазонакопичення. Пористість пісковиків складає 11-12 %. Товщина світи до 850 м.

Відклади *тересвинської світи* ( $N_{1b3ts}$ ) спостерігаються у відслоненнях річки Тересва. У Солотвинській підзоні вони виходять на денну поверхню. Відклади світи складені перешаруванням сірих пісковиків, алевролітів, глин, конгломератів і туфів. Газонасиченість відкладів тересвинської світи виявлена у свердловинах 1- Грушів і 18- Тересва.

Товщина відкладів тересвинської світи різна: в околицях сіл Солотвино і Верхне Водяне вона коливається від 1000 до 1700 м, у районі сіл Сокирниця і Тересва становить 600-1100 м. За матеріалами ГДС, в свердловині 1-Грушів, в інтервалі 1250-1374 м виділяється маркуючий горизонт, який пачкою аргілітів розділяється на два самостійні горизонти [5]. Аргіліти темно-сірі, карбонатні, слюдисті. Алевроліти темно-сірі, сильно слюдисті, вапнисті, щільні. Пісковики сірі, темно-сірі, слабослудисті, вапнисті, пористі. Туфи зеленувато-сірі, масивні, кислого складу, щільні. Товщина світи до 1100м, а пористість туфопісковиків складає 14% [3].

Відклади *басхівської світи* ( $N_{1b3bs}$ ) спостерігаються в долині струмка Глибокий Потік. Її відклади поширені в південно-східній частині прогину. Басхівська світа складена двома літо-фаціальними типами осадів: літоральним і глибоководним. Перший з них складений переважно глинисто-піщаними утвореннями з товщами конгломератів, тоді як у другому типі, розвинутому в центральних і західних ділянках, переважають глини з прошарками алевролітів і пісковиків.

Розкрита товщина світи в південно-східній частині прогину від 60 м (свердловина 1- Апшиця) до 150 м (свердловина 11-Тересва). В свердловинах 19-, 24- Тересва басхівські відклади розкриті під утвореннями сармату, де їх товщина відповідно дорівнює 73 і 164 м.

Загалом по відбиваючих горизонтах у баденських відкладах виділені Апшицька антикліналь, Солотвинська брахіантикліналь і Глибокопотоцька структура. У Терновському блоці розташована Грушівська антикліналь, в межах якої пробурено свердловини 1, 4; у Тячівському - виділені Тячівська, Округлянська і Раківська структури. Тячівська виведена з глибокого буріння з негативними результатами, а Округлянська і Раківська перспективні для пошуків покладів вуглеводнів.

Перспективною щодо пошуків вуглеводневих пасток також є Липчанська антикліналь, яка розташована в смузі, де простежуються два регіональні поздовжні порушення, що утворюють сходинкоподібний уступ в бік осьової частини прогину. Ця смуга простежується від с. Липча, через села Нанково, Дулово, Угля і ймовірно Вільхівці. З розломами пов'язані нафто- і газопрояви в околицях сіл Липча, Нанково та в розрізі свердловини 10- Тересва, пробуреної в районі с. Вільхівці. По всій цій смузі рекомендовано провести детальні сейсмічні дослідження і в подальшому — пошукове буріння.

Сарматський газоносний комплекс представлений відкладами доробратівської ( $N_{1dr}$ ) та лувківської ( $N_{1lk}$ ) світ. Порооди-колектори сармату – лувківської та доробратівської світ характеризуються досить високими фільтраційними властивостями, які покращуються знизу вгору [3,4]. Найбільша пористість пісковиків та туфопісковиків коливається на сусідніх площах від 3,0 % до 39,5 %, а проникність від 0,1 до  $20 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

Відклади *доробратівської світи* ( $N_{1dr}$ ) виходять на денну поверхню в західній, південній і східній околицях Солотвинської западини: на лівобережжі р. Тиса біля с. Вишково, Велятино, в нижній течії р. Ріка і на вододілі з р. Боржава - м. Хуст, с. Іза, с. Кошельово, с. Липовець, с. Луково, а також в басейні р. Водиця та на правобережжі р. Тиса

біля смт. Великий Бичків. Відклади світи представлені глинами, пісковиками, алевролітами, рідше конгломератами (Апшицька синкліналь).

*Луківська світа (Nilk)* простягається біля с. Луково, що на р. Боржава. Її відклади залягають на відкладах доробратівської світи і літологічно майже не відрізняється від неї. В Солотвинській частині прогину світа розвинута тільки вздовж її західного борту (де об'єднана з алмаською) [3,4].

На лівобережжі р. Тиса між селами Яблуниця, Вишково, Велятино товщина світи незначна і разом з алмаською світою складає 50-170 м.

Відклади алмаської світи спостерігаються на лівобережжі р. Тиса між селами Яблунівка, Вишково, Велятино. У літологічному відношенні алмаська світа представлена псаміто-пелітовими туфами ріодацитів (1-5 м), туфитами.

Також у Солотвинській підзоні виділяються два газоперспективні комплекси – рупель-егерського ярусу і карпатського ярусу [2].

Газоперспективний комплекс рупель-егерського ярусу представлений грушівською світою, яка відноситься до низів розрізу олігоценів та низів неогенових відкладів Закарпатського прогину, що складені темноколірною товщею алевролітів з підпорядкованими прошарками мергелів, пісковиків та аргілітів. Назва світи походить від с. Грушів, в околиці якого свердловини 1- і 4- Грушів розкрили відклади світи в інтервалах (відповідно) 2975-3340 та 3110-3400 метрів. Максимальні значення товщини відкладів світи виявлені у свердловинах: 5- (550 м) і 10- (587 м) на Солотвинській та 1- пошукова (487 м) Данилівській площах.

Відклади грушівської світи розкриті 15 глибокими свердловинами в центральній найбільш опущеній частині Солотвинської западини, на Солотвинській, Грушівській, Терелянській та Данилівській площах.

Промислова газоносність в межах Дібровського блоку Солотвинської складки встановлена св. 22- Солотвино, в якій з інтервалу 2100-2155 м отримали промисловий приплив газу з дебітом  $Q_r=15,7$  тис. м<sup>3</sup>/добу. Необхідно відзначити, що розкриття сольового і під сольового підповерхів проходило зі значним поглинанням глинистого розчину. Ця обставина свідчить про наявність високо проникних кавернозних порово-тріщинних колекторів, які за сприятливих умов можуть розглядатися як хороші резервуари для промислових скупчень вуглеводнів.

Розкрита товщина грушівської світи у св. 7- Солотвино (інтервал 2150-2661 м) складає 511 м. Тут одержані приливи газу і води з газом з інтервалів: 2661-2405 м ( $Q_r=4,9$  тис. м<sup>3</sup>/добу) та 2353-2185 м ( $Q_v=5,51$  м<sup>3</sup>/добу,  $Q_r=500$  м<sup>3</sup>/добу). В св. 1- Солотвино з відкладів даної світи (інтервали 2025-1975 і 1910-1842 м) отримано газ  $Q_r=40$  тис. м<sup>3</sup>/добу. Слабкі приливи газу у св. 8- та 10- Солотвино [5].

Газоперспективний комплекс карпатського ярусу представлений терешульською світою, яка виділена в нижній течії однойменної правої притоки р. Тересва. Світа складена невідсортованим валунно-гальковим конгломератом, який незгідно залягає на крейдових (пухівська світа) мергелях, палеогеновому фліші, глинах і пісковиках грушівської світи. У південній частині Солотвинської западини терешульські конгломерати перекриваються аргілітами з прошарками пісковиків і алевролітів та лінзами строкатих мергелів. На Солотвинському газовому родовищі (св. 10- Солотвино) з цих мергелів і пісковиків отримали газ з водою. На решті території западини терешульські конгломерати виконують роль як ізолюючого, так і акумулюючого шару.

Характерною ознакою світи є поширення в ній прошарків та лінз ангідриту, а в деяких випадках гіпсу, які виявили і в розрізах свердловин 1- (інтервал 2593-2975 м), 4- (інтервал 2740-3110 м) Грушево, 1-Тячів (інтервал 1530-1740 м), 1-Данилово-опорна (інтервал 1920-2299 м), 1- Данилово-пошукова (інтервал 2200- 2500м).

Загалом спостерігається така тенденція, що від північно-східного краю прогину до його центральної частини і в західному напрямі величина і кількість грубоуламкового матеріалу поступово зменшується і заміщується строкато-колірними алевритовими та

глинистими породами. В цьому ж напрямку відбувається збільшення товщини терешульської світи.

На основі отриманих результатів на досліджуваній території охарактеризовано газonosні та газоперспективні горизонти, які можуть бути об'єктами для проведення подальших геологічних досліджень. Газonosні горизонти пов'язані з відкладами бадену (новоселицька світа, тереблянська світа, солотвинська, тересвинська та басхівська світи) та сармату (доробратівська та лувівська світи). Газоперспективні горизонти пов'язані з відкладами рупель-егерського ярусу грушівської світи та карпатського ярусу терешульської світи.

#### **Список використаних джерел:**

1. Петрашкевич М.Й. До питань геологічної будови Закарпаття в світлі нових даних буріння / Петрашкевич М.Й., Волощак Я.А., Гурідов А.І., Демчук Н.М. // Доп. АН УРСР. – 1961. - № 4. – с. 517-520.
2. Місюра Я.Б. Прогнозування газonosності баденських відкладів Закарпатського неогенового прогину на основі комплексного аналізу критеріїв нафтогазonosності / Я.Б. Місюра, П.Ю. Лозиняк // Збірник наукових праць ЛВ Укр ДГРІ. – 2011. - №4. – с. 68–79.
3. Петрашкевич М.Й. Геологическое строение и нефтегазonosность Закарпатского внутреннего прогиба / Петрашкевич М.Й. // Труды УкрНИГРИ. – 1968. – вып. XXI. – с. 94-120.
4. Крупський Ю.З. Геодинамічні умови формування і нафтогазonosність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України / Крупський Ю.З. – Київ, 2001. – 143 с.
5. Звіт за результатами пошукового буріння на Грушівській площі [Текст] : звіт про НДР (закл.) / ПАТ «УКРГАЗВИДОБУВАННЯ»; Керівник НДР А.В. Локтев. - Звіт за договором №100 ЛВ/2013-2013. - Львів. – 2013 р. – 103 с.



## НОВА ПАРАДИГМА КАРТУВАННЯ КОМЕРЦІЙНИХ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ – ШЛЯХ ДО РЕСУРСІВ І ЗАПАСІВ ВУГЛЕВОДНІВ

*Петровський О.П.<sup>1</sup>, д. фіз.-мат. н., професор, oleksandr.petrovskyy@deproil.com,*

*Петровська Т.О.<sup>1</sup>, к. фіз.-мат. н., tetyana.fedchenko@gmail.com,*

*Штурмак І.Т.<sup>1</sup>, к. геол.-мін. н., iruna.shturmak@gmail.com,*

*Кичка О.А.<sup>2</sup>, oleksandr.kychka@ugv.com.ua,*

*1 – НТК «ДЕПРОІЛ ЛТД.», м. Івано-Франківськ, Україна,*

*2 – АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна*

Низька ймовірність геологічного успіху буріння свердловин є основною причиною не відповідності в обсягах видобутку вуглеводнів і підготовлених запасів. Це ускладнює швидке та значне збільшення видобутку вуглеводнів або відкриття нових родовищ із великими запасами, особливо тих, які розташовані глибше 4,5 км. Щоб вирішити цю проблему, пропонується нова парадигма картування комерційних покладів вуглеводнів, яка має на меті підвищити рівень успішності буріння комерційних свердловин і відкриття нових родовищ до 86%. На підтвердження цієї пропозиції наводяться дані статистичного аналізу 84 нових свердловин в Україні та 174 випробувань на 27 ділянках за 20 років та відкриття п'яти нових родовищ. Додатково наведено детальний покроковий алгоритм підготовки нових свердловин до глибокого буріння за допомогою нової парадигми.

## A NEW PARADIGM OF COMMERCIAL HYDROCARBON POOLS MAPPING - THE WAY TO HYDROCARBON RESOURCES & RESERVES

*Petrovskyy O.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., oleksandr.petrovskyy@deproil.com,*

*Petrovska T.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Phys.-Math.), tetyana.fedchenko@gmail.com,*

*Shturmak I.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.-Min.), iruna.shturmak@gmail.com,*

*Kitchka O.<sup>2</sup>, oleksandr.kychka@ugv.com.ua,*

*1 – STC “DEPROIL LTD”, Ivano-Frankivsk, Ukraine,*

*2 – JSC Ukrgasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine*

The low probability of successfully finding oil and gas through commercial well drilling is the main reason for the difference in hydrocarbon production volumes and prepared reserves. This makes it difficult to rapidly and significantly increase hydrocarbon production or discover new fields with large reserves, especially those located deeper than 4.5 km. To address this, a new approach to commercial pool mapping is proposed, which aims to increase the success rate of drilling commercial wells and discovering new fields to 86%. To support this proposal, data from a statistical analysis of 84 new wells in Ukraine, 174 tests on 27 areas over 20 years, and the discovery of five new fields are provided. Additionally, a detailed step-by-step algorithm for preparing new wells for deep drilling by the new paradigm is presented.

**Вступ.** Паливно-енергетичні ресурси є основою сталого розвитку будь-якої країни, в тому числі і України. Україна є нафто-газовидобувною країною, тому питання забезпечення власним видобутком вуглеводнів було важливим на протязі всієї історії незалежності і стало ще більш гострим сьогодні в умовах війни, коли необхідно забезпечувати бойові дії, населення та промисловість. Однак потреба у власному видобутку стане ще більш гострою, коли після перемоги, розпочнеться відбудова зруйнованих міст і сіл, відновлення та створення нових підприємств і цілих галузей економіки та модернізація нашого суспільства для побудови нової країни із населенням, яке зможе достойно жити і захищати себе від всіх внутрішніх та зовнішніх викликів, включаючи військову загрозу.

До початку війни, Україна забезпечувала себе власним газом приблизно на 50% ы добувала. З метою зменшення залежності від імпорту у 2016 році була прийнята програма нарощування до 2020 року видобутку газу на 35%. Нажаль на 2020 рік ця програма не була виконана, більше того у 2019 році замість збільшення видобутку відбулось його падіння на 1.1%. У професійній літературі називається багато причин провалу цієї програми, однак, на наш погляд, основна проблема із її виконанням полягала у відсутності на підприємствах правильної структури запасів, умовних та перспективних ресурсів вуглеводнів, які би забезпечували не тільки підтримку видобутку, але і його збільшення. Для цього необхідно забезпечити постійного поповнення комерційних запасів, що реалізується виконанням випереджуючих геологорозвідувальних робіт. Однак, крім проведення

геологорозвідувальних робіт необхідно забезпечити їх кінцеву геологічну ефективність, яка визначається ймовірністю геологічного успіху буріння нових свердловини, які забезпечать розширення контуру продуктивності вже відомого покладу, відкриють нові поклади в межах площі вже відкритого родовища та відкриють нові родовища і в першу чергу із значними видобувними запасами. Нажаль, за останні роки видобувні підприємства видобувають більше ніж природжують запасів. Це нарощування відбувається за рахунок до розвідки покладів, які знаходяться в розробці, або незначних нових покладів в межах площі діючих родовищ, а також відкриття нових родовищ із не значними за запасами, які найчастіше можна розглядати, як дорозвідка вже діючих родовищ на межі контурів спеціальних дозволів діючих родовищ. Останнє крупне Кобзівське родовище із запасами 43 млн. м<sup>3</sup> газу було відкрито у 2002 році дев'ятою свердловиною, на Кобзівській площі, яка за даними морфо-структурного аналізу та геохімічних досліджень рахувалась як еталонна «пуста» структура (Коваль А.М.).

Відомий нафтогазовий геолог – академік Луків О.Є. та його співавтори вказують на ці проблеми, та обґрунтовують наявність в Україні значних, ще не розвіданих, запасів вуглеводнів різного морфологічного типу, походження, в тому числі розташованих на великих глибинах [3]. Крім того вони пропонують різні типи пасток, які можуть представляти інтерес для відкриття покладів із значними видобувними запасами [4,5]. Однак, розвідка нових типів об'єктів і особливо на великих глибинах стикається із значними труднощами, які пов'язані із значною вартістю буріння, особливо глибше 4.5 км (більше 10 млн. доларів США на суші і 150 млн. доларів США на морі на глибокій воді), та значними ризиками отримати замість відкриття нового покладу вуглеводнів із значними запасами «суху» свердловину. В якості прикладу, пошуки нових об'єктів із значними запасами вуглеводнів на великих глибинах, слід згадати десятиліття пошуків у глибоких горизонтах під покладами гігантського Шебелинківського газоконденсатного родовища (початкові запаси 640 млрд. м<sup>3</sup> газу) [6], яке поки що закінчилось бурінням 12 «сухих» глибоких свердловин, остання 888-Шебелинська пробурена у 2018 році до глибини 5750 м. Таким чином на шляху нарощування ресурсів і запасів вуглеводнів лежить не стільки їх теоретична відсутність скільки невідповідність існуючої парадигми підготовки до глибокого буріння перспективних, у нафтогазовому відношенні, об'єктів та фактичного розташування в геологічному середовищі невідомих комерційних покладів вуглеводнів із значними запасами.

Дана доповідь присвячена розгляду нової парадигми дистанційного картування комерційних покладів вуглеводнів довільного морфології, походження та глибини, яка дає можливість реалізувати ті перспективи, про які пише академік Луків О.Є. та в найкоротші терміни відновити правильну структуру запасів, умовних та перспективних ресурсів вуглеводнів, які забезпечать не тільки підтримку видобутку, але і його збільшення та відкриття нових покладів на вже діючих родовищах та нових родовищ із значними запасами вуглеводнів.

**Методи, результати і новизна дослідження.** Видобувні компанії України, як і всі видобувні компанії у світі, мають справу із геологічним середовищем в якому розташовані комерційні запаси вуглеводнів. Їх пошук, розвідка і видобуток пов'язані із значними ризиками буріння «сухих (без можливості комерційного видобутку)» свердловин, або проведення «сухих (без можливості подальшого комерційного видобутку)» технологічних операцій на вже пробурених свердловинах. Прибуток від нафтогазових інвестицій розраховується із застосуванням математичної теорії ігор, де основне значення має апріорна ймовірність виграшу або апріорна ймовірність геологічного успіху буріння комерційної свердловини – свердловини, яка розкриє комерційний поклад вуглеводнів.

Комерційний поклад вуглеводнів це замкнений об'єм геологічної породи, який має мінімально необхідні пористість для руху флюїду, проникність для того, щоби флюїд із пласта надійшов у пробурену свердловину та вуглеводневе насичення, щоби саме вуглеводневий флюїд рухався у поровому просторі і виходив на поверхню через пробурену

свердловину. Для того щоби поклад та всі пробурені свердловини, які розкриють цей поклад, стали комерційними, необхідно щоби поклад містив мінімально необхідний об'єм дренажних запасів вуглеводнів, а свердловина мала мінімально необхідний дебіт щоби видобуток із свердловини став комерційно прибутковим. Якщо хоча би одна із наведених умов не буде виконана поклад вуглеводнів не буде комерційним, а пробурена свердловина буде «сухою - не комерційною» і як наслідок, її буріння не дасть збільшення видобутку, а витрати на буріння стануть збитками нафтової компанії.

Яку ж апріорну ймовірність геологічного успіху буріння комерційної свердловини слід очікувати при реалізації пропозицій академіка Лука О.Є. та планів видобувних компаній по нарощуванню видобутку при використанні діючої парадигми підготовки свердловин до глибокого буріння:

Професор американського університету Colorado School of Mines USA Alexei V. Milkov проаналізував опубліковані дані результатів буріння 506 свердловин пробурених в Норвегії – 300 свердловин (1990–2002), Нідерландах – 126 свердловин (2005–2018) та Мексиці – 80 свердловин (2019–2021) [7]. Він дійшов до висновку, що за 30 років середній геологічний успіх буріння комерційних свердловин склав 52% і за цей час успіх не збільшився. Дані Американської асоціації нафтогазових геологів AAPG показують, що станом на 1990 рік геологічний успіх відкриття родовищ становив 30% у США і 56% в Канаді [8]. Аналіз опублікованих результатів розбурювання останнього, відкритого у 2002 році, великого Кобзівського газоконденсатного родовища [9,10], показав, що із 68 пробурених пошукових та експлуатаційних свердловин комерційними стали тільки 36 свердловин – 52%, решта залишилися «сухими». Незалежний міжнародний аудит ПАТ «Укргазвидобування» проведений у 2019 році показав успішність пошукового буріння 67%. Проведений нами аналіз результатів буріння, 84 свердловин та 174 випробувань на 27 ліцензійних ділянках (Табл. 1, Рис. 1) на протязі 20-ти років в усіх нафтогазопромислових регіонах України, показав ймовірність успіху буріння комерційної свердловини (геологічний успіх) 67% та отримання комерційного припливу при випробуванні 43% (Рис. 2).

Базуючись на цих даних можна стверджувати, що в середньому геологічний успіх пошуково-розвідувального буріння в Україні, як і у всьому світі становить 52% і він не може бути збільшений в рамках застосування «Традиційної парадигми» підготовки нафтогазоперспективних об'єктів для глибокого буріння, яка базується на принципах «Нафтової системи» запропонованої у 1978 році французьким геохіміком Бернардом Тіссотом [11]. Принципи картування нафтогазоперспективних об'єктів, закладені у традиційній парадигмі на 52% відповідають реальному просторовому розміщенню невідомих комерційних покладів вуглеводнів у геологічному середовищі.

**Таблиця 1**

**Площі на яких були пробурені свердловини**

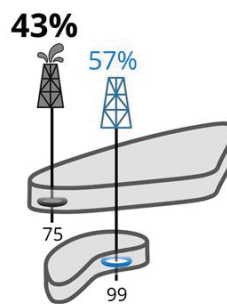
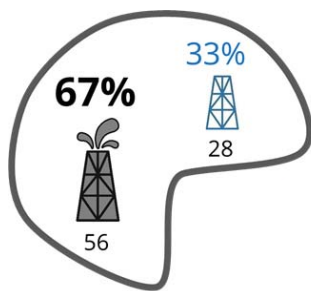
Регіон	Назва ліцензійної ділянки (ЛД)	Кількість ЛД	Максимальна глибина, м	Свердловин	Випробувань
Західна Україна	Західна Луква, Чертізька, Микуличинська, Південно-Буштинська, Добрянська, Ліщинська, Бучацька, Солотвинська, Орховицько-Дубаневицька, Микитинецька, Жденієвська, Саджавська, Тинівська	13	3878	48	128
ДДЗ	Західні Вільшани, Гашинівська-Чкалівська, Богатойська, Краснокутська, Герцеванівська, Південно-Рунівщинська, Островецька, Мехедівська-Голотовщинська, Свиридівська, Васищівська, Скиданівська, Північно-Скворцівська, Мачуська	13	6292	35	45
Чорне море	Субботинська	1	3100	1	1
Разом		27		84	174



А)

В)

Рис. 1. Положення ліцензійних ділянок, випробувань та пробурених свердловин А) та накопичена кількість по рокам з 2000 по 2022 роки В)



А)

В)

Рис. 2. Кількість і геологічний успіх буріння комерційних свердловин А) та кількість і геологічний успіх комерційних випробувань В)

Як до буріння свердловин збільшити ймовірність геологічного успіху, на скільки її можна збільшити, на чому базуються висновки про таку можливість і як це зробити?

Приймаючи до уваги висновки професора О. Мілкова, що за останні 30 років ймовірність геологічного успіху комерційного буріння в світі не збільшилась і складає 52% та його рекомендацію що до шляхів її збільшення – «Зосередилися на вдосконаленні прогностичних можливостей дослідників (геологів розвідників)», на всі поставлені запитання ми надаємо ствердні відповіді, а саме, що можна в короткі терміни збільшити (рис. 3):

1. Геологічний успіх буріння комерційної свердловини з 52% до 86%.
2. Ймовірність отримання комерційного припливу при випробуванні з 43% до 79%.

3. Відкриті свердловиною дренавані запаси та початковий дебіт.

Для цього необхідно до буріння свердловини дотримуватись наступних правил:

1. Закартувати положення комерційних покладів вуглеводнів, які повинна розкрити свердловина.
2. Не бурити свердловини за межами контурів комерційних покладів, де ризик пробурити «суху» свердловину становить 64%.
3. Не бурити свердловини глибше найглибшого закатованого комерційного покладу вуглеводнів, де ризик не отримати при випробуванні комерційний приплив 84%.
4. Розташувати нові свердловини так, щоби отримати максимальні дренавані запаси та початковий дебіт вуглеводнів.

Дотримання цих правил дасть можливість:

1. Перевести нові пошукові та розвідувальні свердловини у нову категорію –



пошуково-видобувні та розвідувально-видобувні. Згідно даних AAPG [8] ймовірність геологічного успіху експлуатаційного буріння у 1990 році становила у США 79% та 85% в Канаді, відповідно. Таким чином, геологічний успіх 86% при бурінні нових свердловин буде відповідати саме успіху експлуатаційного буріння.

2. Збільшити прибуток від буріння кожної свердловини на 43% для неглибоких свердловин і до 118% для глибоких свердловин.

Як це відобразиться на економічних показниках видобувної компанії?

При тих же витратах на буріння та 3% додаткових витратах на збільшення ймовірності геологічного успіху буріння комерційної свердловини нафтова компанія:

1. Пробурить комерційних свердловин на 65% більше.

2. Зменшить кількість пробурених «сухих» свердловин на 70%.

3. Отримає прямий додатковий прибуток, за рахунок буріння нових комерційних свердловин в розмірі 37% від бюджету на буріння.

Які дані обґрунтовують можливість досягти наведених показників прибутковості, за рахунок застосування нової парадигми картування комерційних покладів вуглеводнів?

Твердження про збільшення геологічного успіху комерційного буріння базується на статистичному аналізі результатів 20-ти років застосування «Нової інноваційної парадигми картування комерційних покладів вуглеводнів» на більше як 69 ліцензійних ділянках загальною площею понад 72.4 тис. км кв. та результатів наступного буріння 84 нових свердловин та проведення 174 промислові випробувань.

Статистичний аналіз результатів випробування цих свердловин показав, що (Рис. 3):

1. Із 84 пробурених свердловин комерційними стали 56 свердловин, що відповідає 67% геологічного успіху.

2. Із 174 промислових випробувань комерційний приплив вуглеводнів було отримано при 75 випробуваннях, що відповідає 43% геологічного успіху.

В той же час, співставлення положення свердловин і інтервалів випробування із контурами раніше закартованих комерційних покладів показало (Рис. 3), що:

1. 51 свердловину пробурили в межах контурів раніше закартованих комерційних покладів – 61% від загальної кількості (підтверджує перетинання контурів перспективних об'єктів традиційної парадигми із контурами комерційних покладів нової парадигми):

1.1. Із 51 свердловини комерційними стали 44, що відповідає геологічного успіху 86% – ймовірність пробурити комерційну свердловину при її розміщенні в межах контуру закартованого комерційного покладу вуглеводнів.

1.2. Ризик пробурити «суху» свердловину в межах контуру комерційного покладу 14%.

1.3. 33 свердловини пробурили за межами раніше закартованих контурів комерційних покладів:

1.4. Із 33 свердловин комерційними стали 12, що відповідає геологічному успіху 36%.

1.5. Ризик пробурити «суху» свердловину за межами контуру комерційного покладу 64%.

2. Із 174 проведених промислових випробувань:

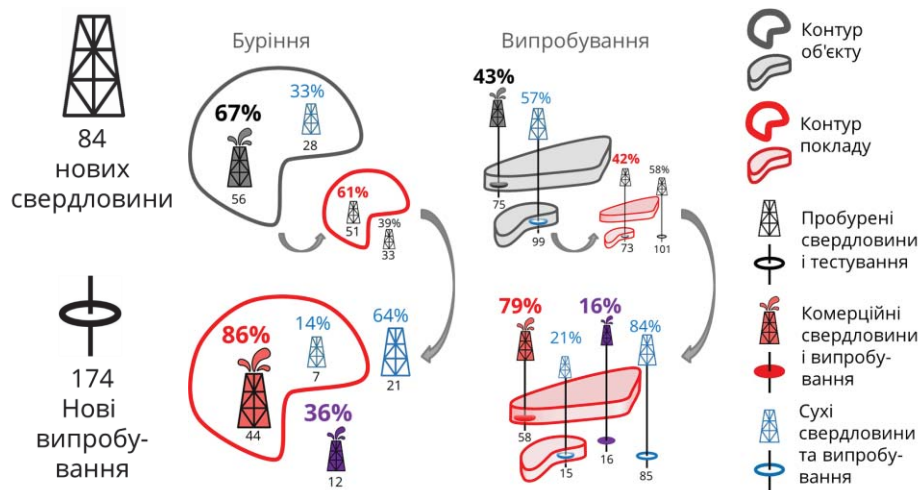
2.1. 73 випробування провели в межах контурів попередньо закартованих комерційних покладів – 42% від загальної кількості (підтверджує перетинання інтервалів випробування перспективних об'єктів із інтервалами закартованих комерційних покладів).

2.2. Із 73 випробувань комерційний приплив отримали при 58 випробуваннях, що відповідає геологічному успіху 79% – ймовірності отримати комерційний приплив при випробуванні в інтервалі закартованого комерційного покладу.

2.3. 101 випробування провели за межами інтервалів комерційних покладів.

2.4. Із 101 випробування комерційний приплив отримали при 16 випробуваннях, що відповідає 16% геологічного успіху та 84% ризику отримати «сухе» випробування за межами закартованого комерційного покладу, в тому числі нижче найглибшого

закартованого комерційного покладу.



**Рис. 3. Результати буріння і випробування свердловин в межах контурів закартованих комерційних покладів вуглеводнів в період з 2000 до 2022 року**

В якості незалежного підтвердження достовірності показників успішності слід відмітити, що група компаній SMART ENERGY та REGAL PETROLEUM включила «Нову парадигму картування комерційних покладів вуглеводнів» до обов'язкового комплексу робіт по підготовці свердловин до глибокого буріння та у 2012 - 2013 роках провела картування комерційних покладів газу на всіх своїх ліцензійних ділянках. Всі свердловини, які вони пробурили з того часу стали комерційними.

Крім того, за допомогою нової парадигми було відкрито п'ять родовищ – нафтове родовище ім. Академіка Шпака, Чкалівське, Скиданівське та Жемчужне газоконденсатне родовище, а також новий газовий поклад в сенонських відкладах Медвежого газового родовища в Західному Сибіру.

Як досягти наведених показників прибутковості?

Для досягнення наведених показників необхідно запровадити в практику підготовки свердловин до глибокого буріння розроблену нами «Нову інноваційну парадигму картування комерційних покладів вуглеводнів».

Нова інноваційна парадигма базується на запропонованих нами поняттях:

Комерційного покладу вуглеводнів – замкненого об'єму породи колектору, який має достатні для комерційно вигідного видобутку вуглеводнів пористість та проникність, щоби флюїд міг попасти (фільтруватися) у пробурену свердловину, вуглеводневе насичення, щоби фільтрувався саме вуглеводневий флюїд, а не вода, а також видобувні запаси та початковий дебіт вуглеводнів.

Негативної аномальності густини породи комерційного покладу вуглеводнів, яка обумовлена тим, що при виконанні наведених вище умов густина породи комерційно покладу завжди буде менша від густини вміщуючих («сухих») порід, які характеризуються граничною густиною. Негативна аномальність густини визначена тільки для порід комерційного покладу та розраховується, як різниця між граничною густиною «сухої» (вміщуючої) породи та густиною породи комерційного покладу.

Контур комерційного покладу, це замкнена об'ємна фігура у 3D просторі, яка охоплює породи комерційного покладу із негативною аномальністю густини.

Гравітаційного поля, як єдиного геофізичного поля, яке є чутливим до зміни густини породи, та гравіметричного методу, як єдиного, який дає можливість дистанційно вивчати зміни густини породи у 3D середовищі та в межах комерційних покладів вуглеводнів.

Гравітаційної аномалії, яку створюють негативні аномалії густини комерційних покладів, які є більшими по амплітуді за похибку польових спостережень гравітаційного поля із використанням сучасних цифрових гравіметрів.

Мінімальних комерційних запасів вуглеводнів доступних для дистанційного картування гравітаційним методом, які обмежені похибкою польових спостережень

гравітаційного поля та покривають весь діапазон глибин – від денної поверхні до 7 тис. м і глибше.

Геологічно-змістовної 3D моделі густини породи, яка є відображенням просторового положення, форми і внутрішніх властивостей комерційних покладів вуглеводнів та є результатом 3D-геогустинної інверсії гравітаційного поля разом із сейсмічними і свердловинними даними, яка кількісно відповідає даним поверхневої та регіональної геології, тектоніки нафтогазоносності, сейсморозвідки, геофізичних і промислових досліджень у свердловинах та спостереженому на денній поверхні, а при наявності і в свердловині, гравітаційному полю.

Послідовність кроків по застосуванню нової парадигми картування комерційних покладів вуглеводнів для підготовки свердловин до глибокого буріння та досягнення наведених нами геологічних та економічних показників:

1. Автоматизоване просторове картування форми та параметрів комерційних покладів вуглеводнів для всіх продуктивних і перспективних горизонтів шляхом створення 3D моделей ліцензійних ділянок із горизонтальним розрішенням 100 x 100 м та вертикальним розрішенням до 1 м:

1.1. Геологічно змістовної 3D моделі реальної густини породи всієї ліцензійної ділянки від денної поверхні до утворень фундаменту або поверхні Мохо.

1.2. 3D моделей параметрів закартованих комерційних покладів – тиску, температури, пористості, вуглеводневого насичення, проникності, в'язкості, коефіцієнту стиснення, густини пластової води та густини вуглеводнів у пластових умовах.

1.3. 3D моделі щільності запасів вуглеводнів для всіх закартованих комерційних покладів. Щільність запасів вуглеводнів це кількість комерційних вуглеводнів, які знаходяться в одиниці об'єму породи комерційного покладу, наприклад, тон умовного палива на один кубічний метр породи.

1.4. 3D модель дренажних запасів вуглеводнів для всіх запропонованих свердловин. Дренажні запаси вуглеводнів це кількість комерційних вуглеводнів, які можна видобути із того чи іншого комерційного покладу новою пробуреною свердловиною.

1.5. 3D модель початкового дебіту для всіх запропонованих свердловин. Початковий дебіт показує, який комерційний дебіт можна буде отримати із того чи іншого комерційного покладу новою пробуреною свердловиною.

1.6. Вимірювання гравітаційного поля у центрах комірок майбутньої 3D моделі реальної густини породи, із кроком 100x100 м, та отримання високоточних гравіметричних і магнітометричних даних із використанням наявних у нас сучасних цифрових гравіметрів компанії Scintrex (Канада), цифрових квантових магнітометрів компанії Geometrics (США) та розроблених нами комп'ютерних програми оперативного контролю якості польових спостережень GravityDrift та обробки результатів польових вимірів – Observer.

1.7. Розрахунок значень реальної густини породи, як результат однозначного і стійкого розв'язку оберненої 3D задачі кількісної комплексної інтерпретації гравіметричних, сейсмічних та свердловинних даних із використанням розробленої нами автоматизованої комп'ютерної системи кількісної комплексної інтерпретації геофізичних даних GCIS (Geophysical Complex Interpretation System). Автоматизована система GCIS базується на розроблених нами:

1.7.1. Математичній теорії «Критеріальний підхід до виразу апріорної інформації при розв'язуванні обернених задач геофізики» для коректного розв'язання некоректних обернених задач [12].

1.7.2. Чисельних методів, алгоритмів та комп'ютерних програмах розв'язку некоректної оберненої задачі кількісної комплексної інтерпретації гравіметричних, сейсмічних та свердловинних даних для реальних – геологічно-змістовних, складнобудованих, багато-параметричних детальних 3D моделей геологічного розрізу із горизонтальним розрішенням 100 x 100 м та вертикальним до 1 м.

**Висновки.** Розроблена в Україні і, на протязі більше 20 років, запроваджена у практику пошуково-розвідувальних робіт нова парадигми дистанційного картування

комерційних покладів вуглеводнів довільного морфології, походження та глибини за рахунок підвищення геологічного успіху буріння комерційних свердловин до 86% забезпечує можливість для газу та нафтовидобувних підприємств в найкоротші терміни відновити правильну структуру запасів, умовних та перспективних ресурсів вуглеводнів, подвоїти видобуток та прибутковість за рахунок дорозвідки та відкриття нових покладів на вже діючих родовищах та нових родовищ в тому числі із значними запасами вуглеводнів.

**Подяка.** Автори висловлюють подяку всім компаніям і їх геологічним службам, які сприяли впровадженню нової парадигми картування комерційних покладів вуглеводнів та розрахунку фактичного геологічного успіху застосування нової парадигми за результатами буріння та випробування нових свердловин.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гламаздин В.П., Мельник О. В., Тонкоголосюк В. М. Розвиток нафтогазового сектору як складової енергетики України // Наука, технології, інновації. – 2020 р. - №1(13). С. 32-41.
2. Гламаздин В.П., Мельник О. В., Тонкоголосюк В. М. Аналіз роботи паливно-енергетичного комплексу України в умовах військової агресії та визначення перспективних напрямів розвитку // Наука, технології, інновації. – 2023 р. - №2(26). С. 11-19.
3. Лукін, О. Ю., Гафич, І. П., Гончаров, Г. Г., Макогон, В. В., & Пригаріна, Т. М. (2020). Вуглеводневий потенціал надр України та головні напрями його освоєння. Мінеральні ресурси України, - 2020 р. (4). 28-38. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.4.28-38>.
4. Лукін, О. Ю., Гафич, І. П., & Лукін, Я. В. (2024). Фактори та механізми формування продуктивних вторинних колекторів у глибокозалягаючих нафтогазоносних комплексах. Стаття 1.: Тектонофізичні механізми розуцільнення нижньо-кам'яновугільних кварцито-пісковиків центральної частини Дніпровсько-Донецької западини на глибинах понад 4,5 км. Мінеральні ресурси України, № 1. С. 12-22. <https://doi.org/10.31996/mru.2024.1.12-22>
5. Лукін, О. Ю., І. П. Гафич, і Я. В. Лукін. «Фактори та механізми формування продуктивних вторинних колекторів у глибокозалягаючих нафтогазоносних комплексах. Стаття 2.: Карбонатні мінерали – літогенетичні та тектонофізичні індикатори умов формування вторинних колекторів на великих глибинах». Мінеральні ресурси України, № 2, - 2024, С. 42-49. <https://doi.org/10.31996/mru.2024.2.42-49>.
6. Кривуля, С. В., А. В. Лизанець, М. І. Мачужак Перспективи газоносності та особливості геологічної будови глибокозалягаючих горизонтів Шебелинського газоконденсатного родовища // Нафтогазова галузь України. - 2016. - № 3. - С. 7-12.
7. Milkov, A.V. Pre-drill Assessments and Drilling Outcomes in Mexico in 2018–2022 and Historical Experience from Norway and the Netherlands: Lessons Learned and Recommendations for Future Petroleum Exploration. *Nat Resour Res* 31, 2483–2504 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11053-022-10074-3>
8. Risk: expected value and chance of success // Wiki AAPG (American Association of Petroleum Geologists AAPG) [https://wiki.aapg.org/Risk:\\_expected\\_value\\_and\\_chance\\_of\\_success](https://wiki.aapg.org/Risk:_expected_value_and_chance_of_success)
9. Кривуля С., Лагутін А., Загороднов А., Горяйнова О., Поверенний С. Будова та фаціальні особливості літологічно-екранованого покладу продуктивного горизонту Г-62 Кобзівського газоконденсатного родовища // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2012. № 3(44). С. 135-144
10. Мачужак, М. І. Нові напрями робіт із пошуку великих за запасами родовищ вуглеводнів у ДДЗ / М. І. Мачужак, А. В. Лизанець, А. С. Тихомиров // Нафтогазова галузь України. - 2013. - № 5. - С. 31-36.
11. В.Р. Tissot, D.H. Welte *Petroleum Formation and Occurrence: A New Approach to Oil and Gas Exploration Hardcover* – January 1, New York, 1978
12. Петровский А.П. Математическая модель интегральной интерпретации комплекса геолого–геофизических данных // *Геофизический журнал*. - 2005 г. - Т. 27. - С. 900-904.



## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВПЛИВУ НА ПРИВИБІЙНУ ЗОНУ ПЛАСТА

*Михайлишин Б.І., аспірант, mykhailyshynbohdan@gmail.com,  
Івано-Франківський Національний Технічний Університет Нафти і Газу,  
Івано-Франківськ, Україна*

Окреслено сучасні технології, що використовуються для підвищення продуктивності привибійної зони пласта в нафтогазовій галузі. Визначено основні проблеми, з якими стикаються науковці та інженери при застосуванні цих технологій, а також перспективи їх подальшого розвитку.

## ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR THE BOTTOMHOLE ZONE OF THE FORMATION

*Mykhailyshyn B., postgraduate, mykhailyshynbohdan@gmail.com;  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The paper outlines modern technologies used to enhance the productivity of the formation's near-wellbore zone in the oil and gas industry. The main challenges faced by scientists and engineers in applying these technologies are identified, as well as the prospects for their further development.

**Вступ.** В Україні на даному етапі більшість газових і нафтових родовищ перебувають на завершальній стадії експлуатації родовищ. Дана стадія характеризується падінням видобувних можливостей свердловин та погіршення колекторських властивостей пластів. У зв'язку з тим, що більшість пластів мають неоднорідні колекторські властивості, це призводить до нерівномірної експлуатації покладу і зниження коефіцієнту газовилучення. Буріння нових свердловин на таких родовищах ризиковане. Актуальним завданням в таких умовах, є підвищення ефективності експлуатації свердловин на діючих родовищах, за рахунок впровадження методів інтенсифікації на фонді вже наявних свердловин.

Привибійна зона пласта в свердловині є важливим елементом для забезпечення ефективного видобутку вуглеводнів. Стан цієї зони визначає проникність та п'єзопровідність породи і, як наслідок, обсяги видобутку. З погіршенням характеристик привибійної зони знижуються показники продуктивності свердловин, що є суттєвою проблемою для нафтогазової галузі. Вплив на привибійну зону стає важливим інструментом для відновлення та підвищення її проникності.

Погіршення проникності привибійної зони пласта (ПЗП) є результатом комплексного впливу різних факторів. Це можуть бути механічні пошкодження, спричинені бурінням або ремонтами свердловини, фізико-хімічні процеси, такі як випадання солей, парафінів або асфальтенів, а також фізико-літологічні зміни, пов'язані з руйнуванням породи та закупорюванням пор. Крім того, тривала експлуатація свердловини, а також використання різних робочих агентів (технічних розчинів) можуть призводити до поступового зниження проникності ПЗП. Величина яка характеризує зміни фільтраційних властивостей називається скін-фактором. Всі ці фактори спільно або окремо сприяють погіршенню фільтраційних властивостей породи в привибійній зоні свердловини, що, в свою чергу, знижує дебіт свердловини та ускладнює процес видобутку вуглеводнів.

Існує ряд сучасних методів, які спрямовані на підвищення проникності та покращення стану привибійної зони пласта. Їх можна умовно поділити на 4 групи: механічні, хімічні, теплові та комбіновані. Для вибору методу впливу на свердловину проводиться комплексне дослідження, яке включає аналіз коефіцієнта продуктивності, проникності привибійної зони та пласта, показника скін-ефекту. Також здійснюється вимірювання дебіту свердловини і виявлення інтервалів, де відбулося погіршення колекторних властивостей. На основі історії експлуатації покладів конкретної свердловини встановлюють причини зміни її параметрів.

Механічні методи є ефективними при наявності твердих відкладень або осадів у привибійній зоні. Вони дозволяють швидко відновити проникність пласта, проте можуть вимагати значних зусиль і використання спеціалізованого обладнання. Одним з найбільш поширених є гідравлічний розрив пласта. Цей метод полягає в закачуванні рідини під

високим тиском у пласт, що створює тріщини в породі. Гідравлічний розрив значно покращує рух флюїдів через пласт до свердловини, збільшуючи обсяги видобутку.

Хімічні методи впливу на привибійну зону пласта, спрямовані на виклик припливу та його інтенсифікацію. Вони базуються на здатності гірських порід взаємодіяти з певними хімічними речовинами, які можуть змінювати поверхневі та молекулярно-капілярні зв'язки між твердими і рідкими фазами в породах. До хімічних методів дії на пласт відносяться різні види кислотної обробки, такі як соляно-кислотна (СКО), глино-кислотна, термо-кислотна та лужна обробки. Ці методи базуються на використанні кислот для розчинення частинок, що забруднюють порові канали, а також для збільшення їхнього діаметра. Застосування цих методів доцільне, коли пласт складається з карбонатних порід.

Теплові методи – це способи впливу на нафтові поклади, які базуються на гідродинамічному витісненні та підвищенні температури в пласті. Це призводить до зниження в'язкості нафти та збільшення її рухомості. Ці методи застосовують у покладах, де міститься високов'язка, смолиста, неньютонівська та парафінонасичена нафта. Теплові методи поділяються на дві основні категорії: теплофізичні та термохімічні.

Таким чином, проведений огляд методів підтвердив необхідність постійного вдосконалення технологій впливу на привибійну зону. Аналіз різноманітних факторів, що впливають на цей процес, дозволив визначити, що погіршення проникності може бути спричинене як механічними пошкодженнями, так і фізико-хімічними змінами в породах. Подальші дослідження в цій галузі повинні бути спрямовані на розробку нових, більш ефективних та економічно доцільних методів впливу на привибійну зону, що призведуть до значного збільшення видобутку вуглеводнів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Качмар Ю.Д., Світлицький В.М., Синюк Б.Б., Яремійчук Р.С. Інтенсифікація припливів вуглеводнів у свердловину. Книга перша. Львів: Центр Європи, 2004. 352 с.
2. Кондрат Р.М., Щепанський М.І., Хайдарова Л.І. Дослідження впливу забруднення привибійної зони пласта і параметрів перфораційних каналів на продуктивність газових свердловин. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2020. № 3(76). С. 23-32.
3. Єгер Д. О. Підвищення вуглеводневилучення із покладів упорядкованою дією на привибійну зону пласта : дис. ... докт. техн. наук : 05.15.06 / Єгер Дмитро Олександрович. – Івано-Франківськ, 2003. – 350 с. – Бібліогр.: с. 323–350.

## ОСОБЛИВОСТІ НИЗЬКОПРОНИКНИХ НАФТОГАЗОНАСИЧЕНИХ НЕОГЕНОВИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ

*Осташ О.М., аспірант, olehostash7@gmail.com;  
Омельченко В.Г., к. геол. н., доцент, ovgeo@nung.edu.ua,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
Івано-Франківськ, Україна*

Розглядаються літологічні особливості низькопроникних порід-колекторів на прикладі Буцівського газового родовища, розташованого в Зовнішній зоні Передкарпатського прогину. Аналіз кернового матеріалу, відібраного з продуктивних горизонтів нижньодашавської світи, вказує на низьку пористість та проникність порід, що вимагає впровадження сучасних технологій для інтенсифікації видобутку вуглеводнів. Розглянуто ритмічне і неритмічне перешарування пісковиків, алевролітів та аргілітів, а також присутність діагенетичних змін, зокрема піритизації та включень бітумоїдів. Застосування кислотних обробок розглядається як перспективний метод підвищення проникності порід. Результати проведених досліджень підкреслюють важливість детального аналізу петрографічних і петрофізичних характеристик для оцінки газонасиченості та виявлення додаткових запасів вуглеводнів у регіоні.

## FEATURES OF LOW PERMEABILITY OIL AND GAS SATURATED NEOGENE RESERVOIR ROCKS

*Ostash O., postgraduate, olehostash7@gmail.com;  
Omelchenko V., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., ovgeo@nung.edu.ua,  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Examines the lithological features of low-permeability reservoir rocks on the example of the Butsviv gas field, located in the Outer Zone of the Precarpathian Trough. The analysis of the core material taken from the productive horizons of the Nizhny Dashava world indicates the low porosity and permeability of the rocks, which requires the introduction of modern technologies for the intensification of hydrocarbon production. The rhythmic and non-rhythmic layering of sandstones, siltstones and mudstones, as well as the presence of diagenetic changes, in particular pyritization and bitumoid inclusions, are considered. The use of acid treatments is considered as a promising method of increasing the permeability of rocks. The study emphasizes the importance of detailed analysis of petrographic and petrophysical characteristics to estimate gas saturation and identify additional hydrocarbon reserves in the region.

**Вступ.** Буцівське газове родовище розташоване в Зовнішній зоні Передкарпатського прогину і є важливим об'єктом для дослідження через свою складну літологічну структуру та перспективи видобутку вуглеводнів. Особливістю даного родовища є низькопроникні та низькопористі породи-колектори, які вимагають сучасних підходів до видобутку. Зокрема, необхідно застосовувати нові технології інтенсифікації припливів вуглеводнів для покращення ефективності видобутку з цих утворень, які мають  $K_p$  нижче 10-12% [1, 2].

**Виклад основного матеріалу.** У рамках дослідження були проаналізовані зразки кернового матеріалу, відібраного з продуктивних горизонтів нижньодашавської підсвіти. Літологічна будова цих порід характеризується ритмічним і неритмічним перешаруванням пісковиків, алевролітів та аргілітів. Керн свердловин показав значну кількість субкапілярних та капілярних пор, що, незважаючи на низьку видиму пористість, забезпечує певний рівень проникності для вуглеводнів ( $K_{пр} = 0,007-0,53$  мД,  $K_p = 11,4-23\%$ ). Для більш точного визначення рівня газонасичення необхідні додаткові дослідження та застосування спеціальних методів дослідження зразків шламу, оскільки стандартні геофізичні дослідження свердловин (ГДС) не завжди дозволяють чітко діагностувати такі об'єкти [3].

Особливу увагу слід приділити внутрішній структурі порід-колекторів, їхньому мінеральному складу та текстурним характеристикам. Зразки керну вказують на наявність піритизованих порід з включеннями бітумоїдів, що може свідчити про можливість залишкових вуглеводнів у поровому просторі [4]. У деяких зразках спостерігалися лінзоподібні включення глауконіту та вуглефіковані рослинні рештки, які свідчать про значні діагенетичні зміни на пізніх стадіях формування цих порід (рис. 1).



**Рис. 1. Зразок керну горизонту НД-12**

Присутність тонкошаруватих піщано-глинистих товщ, зокрема у горизонтах НД-3 та НД-12, значно ускладнює оцінку потенціалу покладів вуглеводнів. Встановлено, що ці горизонти мають нерівномірний розподіл зерен, слабку окатаність уламків та різну ступінь цементації. Переважають субкапілярні пори, які здатні утримувати значні обсяги газу, але обмежують можливості для його ефективного видобутку без попередньої стимуляції колекторів [5, 6].

На основі літологічних досліджень рекомендовано використовувати кислотні обробки з застосуванням 10-15% розчинів соляної кислоти для розчинення карбонатного цементу і покращення міжзернової проникності. Це сприятиме утворенню нових каналів для руху флюїдів у щільних породах, що може збільшити дебіти свердловин. Досвід США з розробки низькопористих порід-колекторів підтверджує ефективність подібних технологій для видобутку газу з щільних порід [2].

Таким чином, подальші дослідження повинні зосереджуватися на детальному аналізі петрографічних та петрофізичних характеристик порід-колекторів у цьому регіоні, зокрема на оцінці мікротекстурних особливостей порового простору. Це дозволить точніше прогнозувати газонасиченість і виявляти додаткові перспективні об'єкти для розвідки та розробки. Буцівське родовище має значний потенціал для збільшення промислових запасів газу, якщо буде здійснено комплексний підхід до його дослідження і розробки.

#### **Список використаних джерел:**

1. Орлов О.О. Сланцевий і вугільний газ та інші джерела енергоносіїв майбутнього // Орлов О.О., Омельченко В.Г., Локтев А.В. – Івано-Франківськ: "Симфонія форте", 2012. – С. 33-52.
2. Федішин В.О. Низькопористі породи-колектори газу промислового значення: Монографія Київ: УкрДГРІ, 2005. 148 с.
3. Орлов О.О., Локтев А.В. Перспективні ділянки по виявленню нових газових горизонтів на Хідновицькому родовищі // Тези науково-технічної конф. проф. – викл. складу ун-ту. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ. – 1997. – с. 72.
4. Крупський Ю.З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України. – К.: УкрДГРІ, 2001. – 144 с.2.
5. Патент на корисну модель № 83619 МПК G01N 15/08 E21B49/00. Процес визначення газовіддавальних властивостей порід-колекторів / С.В. Кривуля, В.М. Владика, М.Ю. Нестеренко, Р.С. Балацький (Україна); ПАТ "Укргазвидобування" - № 201301363; Заявл. 05.02.2013; Опубл. 25.09.2013; Бюл. № 18. – 5 с.
6. Нестеренко М.Ю. Петрофізичні основи обґрунтування флюїдонасичення порід-колекторів. Монографія – Київ: ЛВУкрДГРІ, 2010. 224 с.



## ГЕОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ТЕХНОГЕННИХ ЧЕТВЕРТИННИХ ВІДКЛАДІВ СТАРУНСЬКОГО ГЕОДИНАМІЧНОГО ПОЛІГОНУ

*Калиній Т.В., асистент, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Омельченко В.Г., к. геол. н., доцент, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
Івано-Франківськ, Україна*

Розглянуто літологічний склад техногенних четвертинних відкладів Старунського геодинамічного полігону з метою оконтурення їх і виділення у окремий стратиграфічний підрозділ. Створено модель геологічної будови четвертинних відкладів, де виділено техногенні четвертинні відклади відвалів гірничих робіт, делювіально-пролювіально-техногенні відклади, нафтові викиди із свердловин і вулканчиків, відклади грязьового вулкану.

## GEOLOGICAL MODEL OF TECHNOGENIC QUATERNARY SEDIMENTS OF THE STARUN GEODYNAMIC TEST SITE

*Kalynii T., assistant, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Omelchenko V., Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., ovgeo@nung.edu.ua;*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Reviewed by lithological compound of the anthropogenic Quaternary sediments of the Starunsky geodynamic test site is considered in order to outline them and separate them into a separate stratigraphic unit. A model of the geological structure of the Quaternary sediments was created, which distinguishes anthropogenic Quaternary sediments of mining dumps, deluvial-proluvial-anthropogenic sediments, oil emissions from wells and volcanoes, and mud volcano sediments.

Техногенні відклади відвалів гірничих робіт утворились при видобуванні озокериту із кількох копалень, де на поверхню піднімалась велика кількість вміщуючих порід – соленосних пісковиків та алевритів воротищенської світи міоцену. Вони покрили площу промислу нерівномірної товщини "плащем" (див. рис. 9) від 0.2-0.5 до 10 м. На геологічній карті техногенні відклади зображені у вигляді "амебоподібних" островів, там де їх товщина понад 0.5м. Літологічно відвали представлені щебенувато-глинистими накопиченнями з уламками підстилаючи порід міоцену – пісковиків, алевролітів та аргілітів.

Делювіально-пролювіально-техногенні відклади утворились за рахунок того, що техногенні нагромадження відвалів гірничих робіт розмиваються сучасними дощовими опадами, талою водою снігів та соляно-грязе-нафтовими потоками від грязьових та нафтових вулканів, а особливо викидами та виливами грязьових, сольових та нафтових потоків від свердловини "Надія-1". Між підвищеними в рельєфі "горбами" техногенних відвалів у результаті їх розмиву утворились "русла", вздовж яких переносяться та накопичуються делювіально-пролювіально-техногенні відклади. Їх товщина – від перших см до 1-2 м. На геологічній карті вони створюють цілу систему розгалужених русел, які розчленовують "плащ" техногенних відвалів.

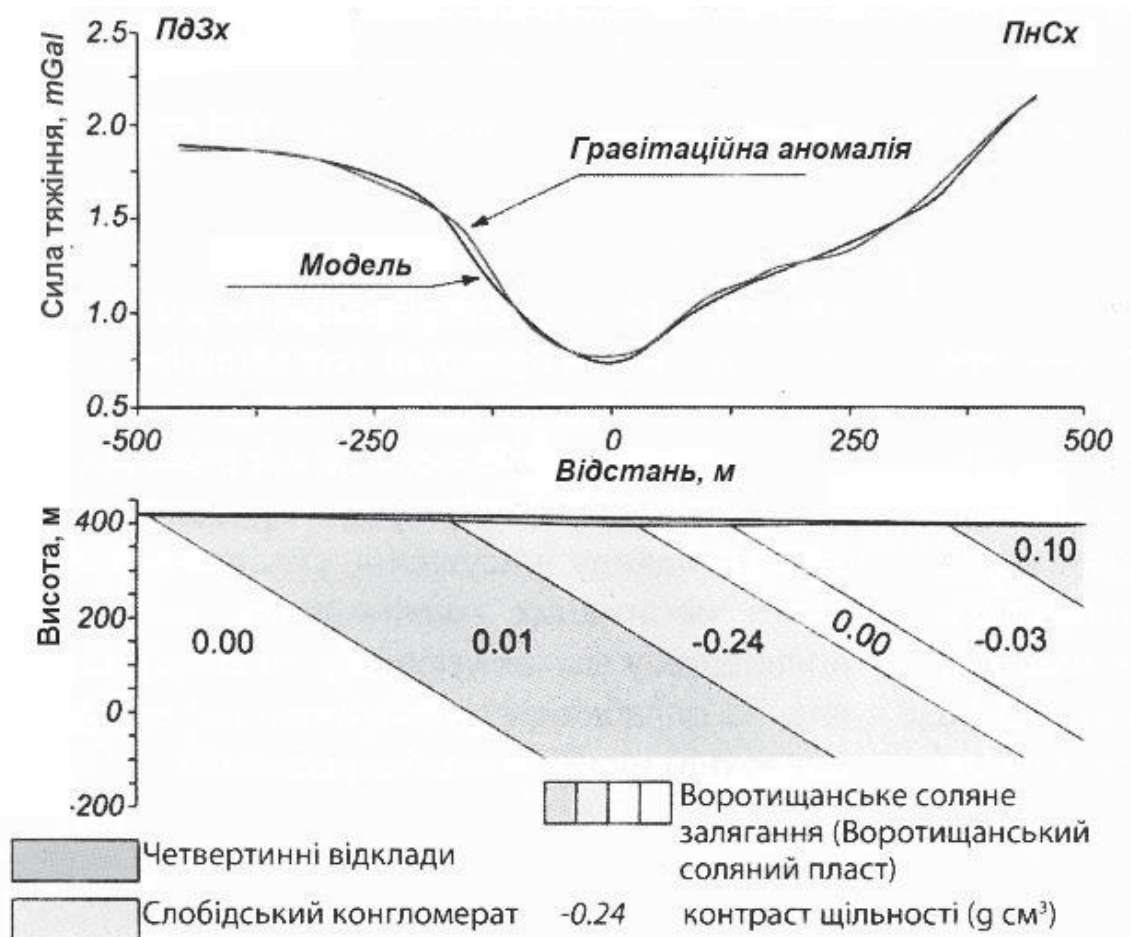
Нафтові викиди із свердловин та вулканчиків утворились за рахунок того, що свердловина "Надія-1" та інші постійно викидають газ, сольові розчини, грязі та нафту. Динаміка таких викидів поки що не досліджена. Потоки нафти утворюють вузькі русла, заповнюють западини у рельєфі, або розливаються озерами. На їх поверхні утворюються райдужні кільця. При перемішуванні з солями нафтові виливи консервують трав'янисту рослинність, а вздовж країв нафтових потоків формуються друзи сольових вицвітів.

Біля свердловини "Надія" збереглись давні дерев'яні лотки для збору нафти, які використовувались у 30-ті роки ХХ століття. Нафтові викиди свідчать про постійні аномально високі тиски у Старунській складці, яка продовжує вижимати нафту, грязі та сольові розчини на поверхню.

Виниклий після землетрусу у 1977 р. в горах Вранча (Румунія) Старунський грязьовий вулкан з поверхні складений грязьовими, іноді соляно-грязовими потоками, які спрямовані у бік рч. Рінне. Він має форму конуса висотою до 3м, а потоки – довжиною до 100 м. У центрі

конуса розташований кратер діаметром 0,5-1 м, через який викидається грязь поки що не встановленої періодичності. Іноді вулкан "засинає" і його кратер заповнений затверділими грязями.

З метою створення геологічної моделі техногенних четвертинних відкладів Старунського геодинамічного полігону були виконані геофізичні дослідження [1-3] методами вертикального електрозондування та питомого опору, виміри сили тяжіння та мікрогравіки [4, 5] (рис. 1), що дозволило уточнити геологічну будову та виявити ділянки з товщиною болотних біогенних намулів понад 2 м.



**Рис. 1. Модель геологічного розрізу через Старунський геодинамічний полігон за результатами гравіметричних досліджень**

**Список використаних джерел:**

1. Moscicki W. J., 2009. Characterization of near-surface sediments based on combined geoelectric studies at Starunia palaeontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 19: 333-342.
2. Moscicki W. J., Sokolowski T., 2009. Electric resistivity and compactness of sediments in the vicinity of boreholes drilled in the years 2007-2008 in the area of Starunia palaeontological site (Carpathian region, Ukraine). *Annates Societatis Geologorum Poloniae*, 79: 343-355.
3. Moscicki W.J., Tobola T., Zarzyka-Ryszka M., 2009. Salinity of Quaternary sediments and halophytes at Starunia palaeontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79: 391-402.
4. Porzucek S., Madej J., 2009. Recognition of geological structures at Starunia palaeontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine) based on gravity surveys. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79: 357-363.
5. Porzucek S., Madej J., 2009. Detection of near-surface geological heterogeneity at Starunia palaeontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine) based on microgravity surveys. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79: 365-374.

## **РИЗИКИ В СИСТЕМІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ КРІЗЬ ПРИЗМУ ТАРИФОУТВОРЕННЯ**

*Гораль Л.Т.<sup>1</sup>, д. екон. н., професор, liliana.goral@gmail.com,*

*Перевозова І.В.<sup>1</sup>, д. екон. н., професор, perevozova@ukr.net,*

*Корнієнко А.М.<sup>1</sup>, аспірант, kigr2014@gmail.com,*

*Хом'як О.В.<sup>2</sup>, аспірант, oleg.ivf.ua@gmail.com,*

*1 – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,*

*Івано-Франківськ, Україна,*

*2 – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна*

Акцентовано увагу на взаємозв'язку національної та енергетичної безпеки в Україні. Наведено визначення енергетичної безпеки та вказано на залежність України від імпорту первинних енергоресурсів. На основі структури споживання первинних енергоресурсів, доведено пріоритезацію природного газу. Виявлено причини високої енергоємності ВВП, серед яких суттєве технологічне відставання у виробництві, транзиті і використанні енергії. Зниження енергоємності продукції позитивно впливає на конкурентоздатність продукції та послуг не тільки окремих підприємств, а й держави у цілому, тому вказано, що висока енергоємність всієї національної економіки формує окремі ризики конкурентоспроможності вітчизняної продукції. До таких ризиків віднесено інвестиційні, логістичні, управлінські, фінансові, інноваційні і ресурсні. Оцінка ризиків повинна поєднуватися з аналізом імовірності їх настання, в результаті якого визначаються ризикові ситуації з високою, помірною та низькою імовірністю виникнення. Приділено увагу функціям названих ризиків. Так як в системі газопостачання всі вказані ризики відображаються у величині тарифу, запропоновано адекватного реагування і нівелювання соціальної напруги через зростання тарифів слід застосовувати внутрішні заходи обмеження ризиків. Підкреслено, що Закон України «Про ринок природного газу» передбачає стимулювання суб'єктів ринку природного газу до підвищення ефективності газової інфраструктури та інтеграції ринку природного газу. Запропоновано здійснення моделювання резерву збільшення прибутку (рентабельності) газорозподільного підприємства за рахунок збільшення тарифу чи зменшення собівартості послуг з транспортування природного газу газорозподільними мережами.

## **RISKS IN THE ENERGY SECURITY SYSTEM THROUGH THE LENS OF TARIFF FORMATION**

*Horal L.<sup>1</sup>, Dr. Sci.(Econ.), Prof., liliana.goral@gmail.com,*

*Perevozova I.<sup>1</sup>, Dr. Sci.(Econ.), Prof., perevozova@ukr.net,*

*Korniienko A.<sup>1</sup>, postgraduate, kigr2014@gmail.com,*

*Khomyak O.<sup>2</sup>, postgraduate, oleg.ivf.ua@gmail.com,*

*1 – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine,*

*2 – National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava, Ukraine*

This article emphasizes the interrelationship between national and energy security in Ukraine. A definition of energy security is provided, highlighting Ukraine's dependence on the import of primary energy resources. Based on the structure of primary energy consumption, the prioritization of natural gas is established. The article identifies the causes of the high energy intensity of GDP, among which is a significant technological lag in the production, transit, and utilization of energy. Reducing the energy intensity of products positively impacts the competitiveness of not only individual enterprises but also the state as a whole. Consequently, it is noted that the high energy intensity of the national economy creates specific risks to the competitiveness of domestic products. These risks include investment, logistics, management, financial, innovation, and resource-related challenges. Risk assessment should be combined with an analysis of the probability of their occurrence, resulting in the identification of risk situations categorized as having high, moderate, or low likelihood. Attention is given to the functions of these identified risks. As all these risks are reflected in the tariff within the gas supply system, it is suggested that internal risk limitation measures be employed to adequately respond to and mitigate social tension arising from tariff increases. It is emphasized that the Law of Ukraine "On the Natural Gas Market" encourages market participants to enhance the efficiency of gas infrastructure and integrate the natural gas market. The author proposes modeling the reserve for increasing the profit (profitability) of a gas distribution company through tariff increases or reductions in the cost of natural gas transportation services via gas distribution networks.

Національна і економічна безпека, як показує ситуація в Україні останніх років, прямо пропорційні енергетичній безпеці, так як життєзабезпечення суспільства та існування всіх галузей економіки можливе лише при надійному та безперервному забезпеченні паливно-енергетичними ресурсами. Зокрема цій тезі відповідає і визначення енергетичної безпеки, дане О. Суходолею, який вважає, що «енергетична безпека – це стан захищеності життєво важливих «енергетичних інтересів»

особистості, суспільства, держави від внутрішніх і зовнішніх загроз, що забезпечує безперебійне задоволення споживачів економічно доступними паливно-енергетичними ресурсами прийнятної якості за нормальних умов й у надзвичайних ситуаціях» [1]. Однак захистити енергетичні інтереси виявляється надзвичайно складно у зв'язку з такими впливовими чинниками як широкомасштабна війна та залежність України від імпорту первинних енергоресурсів, що на 2023 рік становить близько 61%.

У структурі споживання первинних енергоресурсів домінує природний газ – приблизно 40%. Питома вага споживання нафти становить 20%, вугілля – 20%, ядерного палива – майже 15%, частка відновлюваних джерел залишається 4–5% [2]. Високий рівень споживання газу (у середньому – удвічі вище, ніж в Європейському Союзі (далі – ЄС)) створює і найбільш серйозні проблеми в енергетичній незалежності України. Вирішення газового питання давно вийшло з економічної площини в політичну. Використання первинної енергії на одиницю вартості ВВП узагалі в Україні є катастрофічним: приблизно 0,6 кг умовного палива на одну гривню ВВП. Це перевищує середньосвітовий рівень у 2,6 рази, а середньоєвропейський – у 3,3 рази. Така висока енергоємність ВВП не є несподіванкою ні для кого. Головна причина цього – суттєве технологічне відставання як у виробництві та транзиті енергії, так і у використанні [3].

В умовах жорсткої внутрішньої та міжнародної конкуренції динамічний розвиток ринкової економіки та її елементів характеризується зростаючими обсягами виробництва і, як наслідок, збільшенням обсягів споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Умови ринку диктують необхідність запровадження енергозберігаючих технологій, спрямованих на зниження потреби в енергоресурсах, а отже, створюються передумови зниження енергоємності продукції, що, своєю чергою, позитивно впливає на конкурентоздатність продукції та послуг не тільки окремих підприємств, а й держави у цілому [4].

За оцінкою Інституту економічних досліджень та політичних консультацій реальний ВВП зріс на 5,2% у 2023 році, хоча й залишився на 25% нижчим, ніж у 2021 році. Відбулось зростання доданої вартості в окремих галузях промисловості [5]. Однак, висока енергоємність всієї національної економіки формує пул ризиків, що матимуть (і вже спостерігаються окремі ознаки) вагомий вплив на конкурентоспроможність вітчизняної продукції на ринках Європи. До таких ризиків слід віднести інвестиційні, логістичні, управлінські, фінансові, інноваційні і, особливо акцентуємо, ресурсні. Оптимізація співвідношення всіх складових енергетичних ресурсів приводить до виникнення синергетичного ефекту, який може проявлятися як на рівні окремої галузі, так і національної економіки в цілому. Важливим є урахування при формуванні енергетичних ресурсів ризиків, які можуть вплинути на ефективність діяльності енергетики уже в процесі використання ресурсів, знижуючи ймовірність одержання позитивного результату. Оцінка ризиків повинна поєднуватися з аналізом імовірності їх настання, в результаті якого визначаються ризикові ситуації з високою, помірною та низькою імовірністю виникнення. Визначення чинників ризику та їх пріоритетності повинно служити базою для моделювання механізму дії ризиків та виявлення взаємозв'язків між ними для формування сукупного портфелю ресурсних ризиків і оцінювання загального результату їх впливу на діяльність енергетичного сектору.

Окремої уваги потребують функції названих ризиків, зокрема регулятивна (ризик може зіграти роль каталізатора у здійсненні господарських операцій, оскільки він полегшує пошук інноваційних ідей та заохочує бізнес), інноваційна (полягає у наданні додаткового імпульсу розвитку перспективних напрямків досліджень та бізнесу) та аналітична (аналіз ризику вимагає вибору найбільш прибуткового варіанту з найменшим ступенем ризику при аналізі альтернатив).

В системі газопостачання всі вказані ризики відображаються у величині тарифу, так як системно збільшують величину собівартості надання послуги і, відповідно, зменшують рентабельність діяльності газорозподільних підприємств. Для адекватного реагування і нівелювання соціальної напруги через зростання тарифів слід застосовувати внутрішні заходи обмеження ризиків, такі як зменшення ризиків, їх диверсифікацію чи страхування внутрішніх ризиків. Однак зрозуміло, що під час війни мінімізувати ризики фізичного руйнування чи виведення з ладу виробничих потужностей не є можливим.

Закон України «Про ринок природного газу» [6] передбачає стимулювання суб'єктів ринку природного газу до підвищення ефективності газової інфраструктури та інтеграції ринку природного



газу; створення економічних стимулів для здійснення інвестицій і підтримання у належному стані газотранспортних та газорозподільних систем. Порядок формування тарифів на послуги розподілу природного газу на основі багаторічного стимулюючого регулювання передбачає:

1. Застосування багаторічного стимулюючого регулювання.
2. Визначення необхідного доходу, основою розрахунку якого є такі складові:
  - прогнозовані операційні контрольовані витрати;
  - прогнозовані операційні неконтрольовані витрати;
  - прогнозовані витрати, пов'язані із закупівлею природного газу, що використовується для забезпечення ВТВ;
    - прогнозована амортизація – розраховується на активи, що визначаються відповідно до результатів проведення незалежної оцінки активів;
    - прогнозований прибуток на регуляторну базу активів (РБА);
    - прогнозований податок на прибуток [7].
3. Коригування необхідного доходу:
  - за даними виконання цільового завдання щодо досягнення показників якості послуг;
  - застосування показників ефективності до скорочення неефективних операційних витрат.

Моделювання резерву збільшення прибутку (рентабельності) газорозподільного підприємства за рахунок збільшення тарифу  $P \uparrow \Pi_{(TP)}$  можна здійснити за формулою:

$$P \uparrow \Pi_{(TP)} = \sum P \uparrow TP_i \times (Q_i + P \uparrow Q_i)$$

де  $Q_i$  - кількість реалізованого (транспортованого) природного газу, тис.м<sup>3</sup>.

Однак, слід вишукати можливість зменшення собівартості транспортування (подачі) природного газу до споживача, що теж стане резервом збільшення прибутку  $P \uparrow \Pi_{(e)}$  та не створюватиме соціально-інформаційних приводів.

$$P \uparrow \Pi_{(e)} = \sum P \downarrow C \times (Q_i + P \uparrow Q_i)$$

Таким чином, врахування ресурсних ризиків при аналізі тарифоутворення на послуги газорозподільних компаній важливим є початкове визначення ключових елементів системи розподілу газу, задля коректного визначення як складових, так і причинно-наслідкових зв'язків в процесі встановлення тарифу, що дозволяє коректно балансувати прибуток (рентабельність) газорозподільного підприємства та економічну політику в системі енергетичної безпеки.

#### Список використаних джерел:

1. Суходоля О. Енергоефективність економіки в контексті національної безпеки: методологія дослідження та механізми реалізації : монографія. Київ, 2006. 400 с
2. Електронні дані / Державна служба статистики України. Київ, 2020. Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/express/expr2021/11/147.pdf>
3. Ільєнко, А. Енергетична безпека України: сутність, загрози та механізми регулювання (2019) *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Державне управління* Том 30 (69) № 4. С. 61-67 DOI <https://doi.org/10.32838/2663-6468/2019.4/11>
4. Побігун, С., Мельничук, І., Побігун, О. Аналіз динаміки та передумов зниження показника енергомісткості в економіці України (2017) *Економіка та суспільство*, Випуск №12 . С.136-142 Режим доступу: [https://economyandsociety.in.ua/journals/12\\_ukr/21.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/12_ukr/21.pdf)
5. ІЕД Місячний Економічний Моніторинг України №229, лютий 2024 року [http://www.ier.com.ua/files/Projects/2024/МЕМУ/МЕМУ\\_Feb2024\\_229.pdf](http://www.ier.com.ua/files/Projects/2024/МЕМУ/МЕМУ_Feb2024_229.pdf)
6. Закон України «Про ринок природного газу». Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 27, ст.234. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19#Text>
7. Національна комісія, що здійснює регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Методологія тарифоутворення. Порядок формування тарифів на транспортування природного

газу розподільними трубопроводами на основі багаторічного стимулюючого регулювання // Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2071-13#n12>

## ГЕОЛОГО-ПЕТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ТА ОЦІНКА ТРЕНДІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ КЕРОГЕНУ У ВІДКЛАДАХ МЕНІЛІТОВОЇ СВІТИ ПІВДЕННОСХІДНОЇ ЧАСТИНИ БОРИСЛАВСЬКО-ПОКУТСЬКОЇ ЗОНИ КАРПАТ

*Кучер Р.-Д. А., к. екон. н., romandaniilkucer@gmail.com, KucherR@nas.gov.ua,  
Сенів О.Р., Seniv@nas.gov.ua, senivoksana103@gmail.com; ok.seniv@ukr.net,  
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Авторами проведені дослідження геолого-петрофізичних і геохімічних властивостей менілітових відкладів південно-східної частини Бориславсько-Покутської зони Карпат. За результатами аналізу геолого-пошукових і розвідувальних робіт зроблено висновок про необхідність розробки нових геолого-петрофізичних моделей колекторів, які в поєднанні з моделлю трансформації органічної речовини досліджуваного регіону та визначення ступеня деградації керогену, дозволили б оптимізувати розміщення розвідувальних свердловин та вибір технології розкриття пластів. Вивчено літолого-петрофізичні характеристики та властивості продуктивних горизонтів, а також визначено фактори, що визначають їх зміну в просторі; побудовано петрофізичні моделі типу «кern-кern» і «кern-свердловина», визначено найбільш інформативний комплекс геофізичних методів для виділення продуктивних колекторів. За результатами термодинамічного моделювання робимо висновок, що газотворюючий потенціал керогену більшої частини Бориславсько-Покутської зони можна вважати вичерпаним, а формування речовини вуглеводневих покладів на цій території є малоімовірним.

## GEOLOGICAL-PETROPHYSICAL PROPERTIES OF THE RESERVOIR ROCKS IN DEPOSITS OF THE MENILITE SUITE OF THE SOUTH- EASTERN PART OF THE BORYSLAV-POKUTTYA ZONE OF THE CARPATHIANS

*Kucher R.-D., Cand.Sc. (Econ.), romandaniilkucer@gmail.com, KucherR@nas.gov.ua,  
Seniv O., Seniv@nas.gov.ua, senivoksana103@gmail.com; ok.seniv@ukr.net,  
Institute of geology and geochemistry of combustible minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

The authors have conducted research of geological-petrophysical and geochemical properties of the Menilite deposits of the south-eastern part of the Boryslav-Pokuttya zone of the Carpathians. According to the results of the analysis of geological-prospecting and exploring works and possible to conclude as to the necessity of the development of new geological-petrophysical models of accumulations (reservoirs), which, in combination with the model of organic matter transformation of the studied region and the degree of kerogen depletion determination, would make it possible to optimize the placement of exploration wells and the choice of reservoir opening technologies. The lithological-petrophysical characteristics and collecting properties of productive horizons were studied and the factors determining their changes in space were determined too; petrophysical models of the “core-core” and the “core-well logging” type were constructed, the most informative complex of geophysical methods for singling out of productive reservoirs were determined. Based on the results of thermodynamic modeling, we conclude that the gas generation potential of the kerogen of most of the Boryslav-Pokuttya zone can be considered exhausted, and the formation of the substance of hydrocarbon deposits in this area is unlikely.

**Вступ.** У південно-східній частині Бориславсько-Покутської зони Карпат знаходиться Надвірнянський нафтогазопромисловий район [1]. Дорозвідка цього району проводиться понад століття, проте результативність геолого-пошукових, розвідувальних робіт вказує на можливість їхнього вдосконалення. Станом на сьогодні ми фіксуємо відсутність достовірних геолого-петрофізичних моделей покладів, а застарілі уявлення про вирішальну роль структурно-тектонічного фактору виявилися неспроможними надійно та ефективно керувати процесом розвідки родовищ. Водночас, процеси, що керують трансформацією материнської речовини – джерела вуглеводнів, що наповнюють пастки родовищ, мало вивчені і практично не модельовані, незважаючи на наявність суттєвого масиву відомостей про бітумозні аргіліти та їхню органічну складову.

Звідси очевидна необхідність створення нових геолого-петрофізичних моделей родовищ, котрі відображають закономірності розповсюдження колекторів та пасток, їхні смісно-фільтраційні властивості та фактори, які їх визначають, що у поєднанні з моделлю трансформації органічної речовини нафтоматеринських товщ досліджуваного регіону та

визначення ступеня виснаженості керогену, дало б можливість оптимізувати розміщення пошукових і розвідувальних свердловин та вибір технологій розкриття колекторів.

**Мета.** Метою наших досліджень було вивчення умов розвитку колекторів і пасток вуглеводнів та процесів трансформації керогену зі створенням петрофізичної параметричної основи для інтерпретації матеріалів ГДС та картосхем виснаженості керогену з метою виділення продуктивних горизонтів у менілітових відкладах Надвірнянського нафтопромислового району.

**Методика досліджень.** Для вирішення цих задач проведені комплексні геолого-петрофізичні дослідження: літолого-петрографічні та петрофізичні дослідження кернового матеріалу, обробка та переінтерпретація даних ГДС, геостатистичні дослідження, математичне моделювання. Методика лабораторних досліджень керна включала повний комплекс методів вивчення властивостей матриці породи, діагностики й оцінки фізико-механічних параметрів колектора загалом [2, 3] з допомогою спеціально спроектованого авторами обладнання [4]. Фактична інформація про склад та властивості органічної складової менілітової світи були отримані в посднанні даних з літературних джерел та обробки матеріалу з польових робіт. Методика оцінки трендів еволюції органічної речовини спиралась на методику термодинамічного моделювання [5, 6].

**Аналіз попередніх досліджень.** Основні родовища вуглеводнів у Бориславсько-Покутській зоні генетично пов'язані з флішовими породами менілітової світи олігоцену, які містять поклади промислового значення майже у кожному відкритому родовищі. Колекторами нафти і газу є, переважно, пісковики та піщано-алевритові різновидності, пористість та проникність яких змінюється в широких діапазонах [7]. Середнє значення відкритої пористості нафтогазоносних відкладів олігоценового комплексу становить 8-15 %, міжгранулярна проникність по керну в межах 0,001–10, зрідка  $25-40 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ , проникність пісковиків у багатьох випадках зумовлена тріщинною пористістю [8]. Промислові параметри колекторів на площі покладів змінюються нерівномірно: в одних випадках з менілітових відкладів не отримано припливів флюїдів (або дуже незначні), в інших свердловини фонтанували з дебітами 200–300 м<sup>3</sup>/добу, а у виключних випадках сягали 2000-3000 м<sup>3</sup>/добу (св. 3-Росільна). Водонасиченість порід-колекторів на родовищах змінюється в межах 15-30 %. Лише невелика частина органічної речовини менілітової світи утворює взаємозалежні гумінові та бітумні речовини, які екстрагуються органічними розчинниками, (спирто-бензолом, хлороформом) і лужними водяними розчинами. Сумарний вміст гумінових і бітумних речовин разом зі сланцевою смолою складають 6–10 % на органічну масу. Основна ж її маса близько 90 % становить щільно сконденсовану систему, яка може бути зруйнована лише при температурі піролізу органічної речовини. Встановлено, що загальна середньозважена зольність, перелічена на суху масу коливається від 84,5 до 88,0 %, а зольність сланців відділених від порожніх порід – 81,1-84,3 %. Вологість сланців коливається від 0,4-0,7 до 5-6 %. За даними попередніх досліджень вологість кернових проб 1,5-2,5 %, проте для проб, що відібрані нами з відслонень, вологість досягала 5-6 %. Елементний склад органічної речовини менілітових сланців характеризується наступними даними: вміст вуглецю змінюється в межах від 57,1 до 78,7 % (середній 65-72%), водню – від 5,8 до 8,1% (середній 6,5-6,8 %); сірки (органічної) - від 3,2 до 7,9 %, (середній 4-5 %), азоту від 0,2 до 3,1 %, (середній 1-2 %), кисню – 6,8-30,1% (середній 15-20 %).

**Результати.** Досліджувана колекція містила пісковики, алевроліти, алевро-аргіліти менілітової світи. Пісковики олігоміктові, рідше поліміктові, щільні та тріщинуваті з карбонатним, кременистим, глинистим цементом, вміст якого в окремих випадках досягає 30 %, тип цементациї контакто-поровий, поровий і корозійний, а найчастіше змішаний. Алевроліти кварцові, піскуваті з глинисто-карбонатним цементом порово-базального і корозійного типу в кількості до 20 %, щільні та тріщинуваті, пористість змінюється в межах 0,5-18 %. Поровий простір значною мірою визначається характером зернистості, типом цементу, його мінералогічним складом та кількістю, первинний поровий простір пісковиків значно змінений. Вміст органічного вуглецю коливається для нижньої підсвіти в межах  $S_{орг}$ .



= 4-6%. Середня частина нижньоменілітової підсвіти характеризується також високим вмістом  $S_{org}$ , який становить 4-5 %. Зміна стану (крихкий, пластичний) порід, зародження і ріст тріщин відбувається за умов складнапруженого стану порід, кількісне визначення якого в умовах залягання має приблизний (оціночний характер), але добре фіксуються наслідки таких станів – наявність відкритих мікротріщин і розривів, їхнє зворотне заліковування та зміна форми зерен, мушель без слідів руйнування. На основі досліджень зразків в умовах напруженого стану та аналізу кривих зміни величини проникності можна зробити висновок про наявність мікротріщин, кількісна характеристика яких та їхня участь у фільтрації зростають із зменшенням міжгранулярної пористості.

До пустот вторинного походження відносяться тріщини, які прослідковуються в щільних породах, переважна більшість яких виникла в результаті дії процесів постдіагенезу та тектонічних деформацій. Тріщини характеризуються нерівними поверхнями, часто із зміщенням одна відносно одної, що збільшує просвітність тріщин та утримує їх за рахунок нерівностей у відкритому стані, вони сполучені між собою і з міжгранулярним поровим простором, що зумовлює значне збільшення проникності. Розподіл пор не тільки визначає величину проникності, а й впливає на ступінь та характер насиченості зразка керна, породи-колектори продуктивного горизонту можуть бути насичені нафтою, газом або їх комбінаціями у відповідних співвідношеннях з обов'язковою присутністю води, навіть у продуктивних пластах. За результатами лабораторних досліджень петрофізичних властивостей порід-колекторів за нормальних і умов, що моделюють пластові, вивчені взаємозв'язки між ємнісно-фільтраційними властивостями і геофізичними параметрами, оцінена інформативність геофізичних методів у прогнозуванні ємнісно-фільтраційних властивостей колекторів та побудовані статистичні інтерпретаційні моделі «кern-кern» і «кern-геофізика».

Згідно з проведеними нами дослідженнями класифікації порід-колекторів за допомогою дискримінантного і факторного аналізу зроблено висновок, що найбільш інформативними параметрами для виділення продуктивних колекторів є електричні і акустичні параметри. За інформативністю у вивченні характеру флюїдонасиченості колекторів геофізичні параметри розміщуються в послідовності:  $\ln \rho_{п} / \rho_{в} (\rho_{бк} / \rho_{в}) \rightarrow \ln \rho_{мбк} / \rho_{ф} \rightarrow \Delta T \rightarrow \rho_{к}^{1.0} / \rho_{к}^{0.4} \rightarrow I_{пг} \rightarrow I_{г}$ .

Отже, найінформативнішими для виділення нафтогазонасичених колекторів є параметри БКЗ і БК, за ними параметри, які характеризують, в основному, пористість колекторів ( $\Delta T$ ,  $\rho_{мбк} / \rho_{ф}$  і  $\rho_{к}^{1.0} / \rho_{к}^{0.4}$ ).

Застосована нами методика термодинамічного моделювання дає можливість встановити відносний вміст функціональних груп керогену та вуглеводневих речовин у контакті з ним, спираючись лише на елементний склад зразку. Перелік функціональних груп (44 одиниці), які достатньо повно описують органічну речовину керогену або бітуму, запозичений з робіт Ван Кревелена. Поставлене завдання зводиться до визначення розподілу 5 елементів (C, H, O, N, S) по 44 групам атомів так, щоб система мала максимум ентропії при мінімумі енергії Гіббса. Визначення розподілу елементів проводилось на один моль груп атомів (умова нормування системи). Обчислення зводились до вирішення системи нелінійних рівнянь методом Ньютона. Початкові значення потенціалів елементів перебирались в широкому діапазоні, із накопиченням результатів, які мають найбільші значення ентропії при найменших показниках ізобарно-ізотермічного потенціалу. Результатом став розподіл атомів, що складають органічну речовину по групах, залежно від температури. Таким чином, без ведення додаткових припущень, ми переходимо від брутоформули до структури.

Для обчислень обрані три зони прогрітості, які характеризують тепловими потоками 40, 75 та 100 мВт/м<sup>2</sup>. Глибини для обчислень взято в діапазоні від 1 до 20 км. Визначення енергії Гіббса утворення індивідуальних речовин в термобаричних умовах осадової товщі проводилось за методикою, наведеною у [6] із автоматизацією бібліотек CoolProp. З розрахунків випливає, що кероген, який був вихідним матеріалом вуглеводнів

досліджуваного району, суттєво вичерпав свій газогенераційний потенціал. Центром максимальної деградації керогену є Гвіздецьке та Пасічниське нафтові родовища, а також Південно-Гвіздецьке нафтогазоконденсатне, які генетично та географічно пов'язані. Ще один осередок виснаження керогену локалізуємо в області з центром близько Північно-Долинського нафтогазоконденсатного та Долинського і Вигодсько-Витвицького нафтових родовищ.

Слід зазначити, що первинний матеріал газових та газоконденсатних родовищ Більче-Волицького нафтогазоносного району є суттєво відмінним від Бориславо-Покутського нафтогазоносного району. Усереднено, для цього району об'єм згенерованого метану становить  $8,1 \text{ дм}^3$  з 1 кг керогену. Причиною такої відмінності слід вважати характер розподілу рівноважних температур утворення газів вуглеводневих родовищ Західного нафтогазоносного регіону. Ділянки з високими значеннями  $V_{CH_4}$ , з високою достовірністю накладаються на зони з високими значеннями рівноважних температур, що перевищують  $500^\circ\text{C}$ . Натомість, газові та газоконденсатні родовища Більче-Волицького нафтогазоносного району характеризуються суттєво меншими показниками, які знаходяться в межах  $250\text{-}400^\circ\text{C}$ .

**Висновки.** Виконано аналіз ємнісно-фільтраційних (колекторських) властивостей та визначено головні геологічні фактори, які визначають величину і характер просторової зміни пористості та проникності в менілітових відкладах. За результатами лабораторних досліджень петрофізичних властивостей порід-колекторів за нормальних і умов, що моделюють пластові, вивчені взаємозв'язки між ємнісно-фільтраційними властивостями і геофізичними параметрами, оцінена інформативність геофізичних методів у прогнозуванні ємнісно-фільтраційних властивостей колекторів та побудовані статистичні інтерпретаційні моделі «кern-кern» і «кern-геофізика». Встановлено: по-перше, мікротріщини в породах менілітових відкладів розповсюджені майже у всіх літологічних різновидах так широко, як і інші типи пустот; по-друге, на їхні флюїдопровідні властивості найбільшою мірою впливає характер напруженого стану, і по-третє, завдяки вказаним особливостям мікротріщин нафтогазопровідними і нафтогазонасиченими можуть бути майже всі відклади менілітової серії і скупчення вуглеводнів можуть формуватись на ділянках, де характер напруженого стану утримує мікротріщини відкритими. Виявлено, що системи у рівновазі з керогеном збільшують вміст важких органічних складових із зануренням до певної межі.

Попередні розділи вказують на те, що оптимальні режими для консервації систем із вмістом важких вуглеводнів спостерігаються на глибинах 2-5 км, тобто на рівнях «нафтового вікна», при чому найкращі умови відповідають найменшим значенням теплового потоку, що цілком логічно з огляду на деструктивний вплив температури при помірних тисках. Встановлено, що за своїм складом газу нафтових родовищ утворюються на більших глибинах, ніж газових і газоконденсатних, а останні займають проміжне положення. Значні тиски та температурні параметри, які відповідають умовам утворення алканів родовищ вуглеводнів досліджуваного регіону, суттєво відмінні від тих, що реалізовані в пастках. Слід допустити, що ці відмінності є наслідком міграції вуглеводневого флюїду від ділянки утворення до пастки. Факт міграції опосередковано підтверджується діаграмою залежності коефіцієнта  $i\text{-}C_4/n\text{-}C_4$  родовищ цього регіону від нормалізованого вмісту метану. Крім того, на міграцію вказує і локалізація ділянок найбільших температур на перетинах регіональних розломів. В цілому, за результатами термодинамічного моделювання ми робимо висновок, що газогенераційний потенціал керогену більшої частини Бориславо-Покутського нафтогазоносного району можна вважати вичерпаним, і формування речовини вуглеводневих родовищ в цій ділянці вже малоймовірний.

#### **Список використаних джерел:**

1. Іванюта М. М. (Ред.) Атлас родовищ нафти і газу України / Т. 4. – Львів: Центр Європи, 1998. – 350 с.

2. Методические рекомендации по исследованию пород-коллекторов нефти и газа физическими и петрофизическими методами. – М.: ВНИГНИ, 1978. – 296 с.
3. Зубко А.С., Шеремета О.В. Разработка универсальной установки высокого давления УВД-500 и методика изучения петрофизических свойств горных пород для условий моделирующих пластовые / Фонды ИГГИ АН УССР, 1988. – 74 с.
4. Апаратурно-методичний комплекс досліджень петрофізичних властивостей тріщинуватих порід-колекторів вуглеводнів / Ігор Куровець, Ігор Грицик, Олександр Зубко та ін. // Геологія і геохімія горючих копалин. – №3–4 (191–192). – 2023. – С. 37–43.
5. Хоха Ю.В. Термодинаміка глибинних вуглеводнів у прогнозуванні регіональної нафтогазоносності. Київ: Наукова думка, 2014. 57 с.
6. Khokha Yu. V., Yakovenko M. B., & Lyubchak O.V. (2020). Entropy maximization method in thermodynamic modelling of organic matter evolution at geodynamic regime changing. *Geodynamics*, 2(29), 79-88.
7. Петрофізичні властивості порід-колекторів / І. Куровець, С. Лизун, Г. Припулка, О. та ін.// Карпатська нафтогазоносна провінція. — Український видавничий центр. — Львів-Київ, 2004. – 390 с.
8. Петрофізичні моделі відкладів менілітової світи олігоценового флішу Карпат і Передкарпатського прогину / І. Куровець, І. Грицик, О. Приходько, та ін.// Геологія і геохімія горючих копалин. – № 3–4 (185–186). 2021.– 15 (1,2 ). – 250. – ISSN 0869-0774.

## ПОЛІГЕНЕЗ ПРИРОДНИХ ВУГЛЕВОДНІВ У ЛІТОСФЕРІ ЗЕМЛІ З ПОЗИЦІЙ ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЇ І ТЕРМОДИНАМІКИ

*Наумко І.М., д. геол. н., чл.-кор. НАН України, проф., naumko@ukr.net,  
Павлюк М.І., д. геол.-мін. н., академік НАН України, проф., igggk@mail.lviv.ua,  
Хоха Ю.В., д. геол. н., ст. досл., khoha\_yury@ukr.net,  
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

На засадах виконаного аналізу теорій-гіпотез-концепцій походження і еволюції природних вуглеводнів у літосфері Землі показано, що універсальна гіпотеза-теорія генезису природних вуглеводнів у літосфері Землі не може бути створена, оскільки фактори, що в одних термодинамічних умовах є чинником синтезу вуглеводнів, в інших – впливають деструктивно, що робить поєднання таких гіпотез методологічно неможливим. У розмаїтих геофлюїдодинамічних ситуаціях процеси нафтидогенезу матимуть свої відмінності і будуть реалізовуватися за розмаїтих термодинамічних параметрів ( $T, P$ ) і складу нафтидоутворювальних систем, однак у підсумку формуватиметься весь спектр природних вуглеводнів – складових нафти і газу. Отримані дані з термобарогеохімії глибинного мінералонафтидогенезу, термодинамічного та геохімічного аналізу фізико-хімічних флюїдних систем і експериментальних даних *in situ* та еволюції органічної речовини осадово-вулканогенних комплексів нафтогазоносних регіонів з позицій термодинаміки підтверджують генераційно-міграційне захоплення вуглеводнів у контексті багатоваріантності еволюції органічної (вуглецевистої) речовини у процесах флюїдогенезу як основу полігенетичних підходів до синтезу і генезису природних вуглеводнів у вигляді нової фундаментальної парадигми нафтогазової геології і геохімії – полігенез природних вуглеводнів у надрах Землі, що збільшує потенціал нафтогазоресурсності перспективних регіонів.

## POLYGENESIS OF NATURAL HYDROCARBONS IN THE EARTH'S LITHOSPHERE FROM THE POSITIONS OF THERMOBAROGEOCHEMISTRY AND THERMODYNAMICS

*Naumko I., Dr. Sci. (Geol.), corres. member NASU, Prof., naumko@ukr.net,  
Pavlyuk M., Dr. Sci. (Geol.-Mineral.), academician of NASU, Prof., igggk@mail.lviv.ua,  
Khokha Yu., Dr. Sci. (Geol.), senior researcher, khoha\_yury@ukr.net,  
Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

On the basis of the performed analysis of the theories-hypotheses-concepts of the origin and evolution of natural hydrocarbons in the Earth's lithosphere, it is shown that a universal hypothesis-theory of the genesis of natural hydrocarbons in the Earth's lithosphere cannot be created, because the factors that in some thermodynamic conditions are a factor in the synthesis of hydrocarbons in others – have a destructive effect, which makes the combination of such hypotheses methodologically impossible. The processes of naphthidogenesis in various geofluidodynamic situations will have their differences and will be implemented under various thermodynamic parameters ( $T, P$ ) and the composition of naphthide-forming systems, but as a result, the entire spectrum of natural hydrocarbons – components of oil and gas will be formed. The obtained data from the thermobarogeochemistry of deep mineralonaphthidogenesis, the thermodynamic and geochemical analysis of physicochemical fluid systems and experimental data *in situ* and the evolution of organic matter of sedimentary-volcanogenic complexes of oil and gas-bearing regions from the standpoint of thermodynamics confirm the generative-migratory capture of hydrocarbons in the context of the multivariate evolution of organic (carbonaceous) matter in the processes of fluidogenesis as the basis of polygenetic approaches to the synthesis and genesis of natural hydrocarbons in the form of a new fundamental paradigm of oil and gas geology and geochemistry – the polygenesis of natural hydrocarbons in the bowels of the Earth, which increases the potential of oil and gas resources of promising regions.

**Вступ.** На сучасному етапі фундаментальна проблема походження та еволюції природних вуглеводнів у надрах Землі, зважаючи на різноманітність відповідних концепцій-гіпотез-теорій, що засвідчує поліваріантність питання, залишається у центрі багатолітньої дискусії науковців (до прикладу, [12, 16 та ін.]), яка загалом у підсумку зводиться до двох концептуально протилежних точок зору щодо абіогенного (неорганічного) чи біогенного (органічного) походження викопних вуглеводнів та, відповідно, глибинного чи осадового джерела речовини і провідного геологічного процесу нафтидогенезу. Її вирішення набуває й важливого практичного значення, оскільки визначає підходи до пошуків родовищ вуглеводнів, оцінювання їхніх ресурсів чи вдосконалення методики підрахунку запасів із врахуванням низки чинників генетичної природи вуглеводнів, зокрема їхнього надходження з глибинних мантійних джерел і впливу глибинної флюїдної діяльності на діагенез вуглеводневмісних вихідних порід, колекторів і флюїдотривів та на формування, міграцію, акумуляцію та руйнування покладів вуглеводнів [5, 13]. Це може вказувати на те, що первинне



джерело вуглеводнів міститься в геологічному об'єкті, спільному для всіх регіонів, а саме: у верхній мантії [11, 9]. Результати досліджень геодинамічного аспекту нафтогазоагромадження і відтворення геодинамічних режимів нафтогазоносних провінцій України [9, 5, 6] засвідчують широкий інтервал термодинамічних умов можливого перетворення розсіяної органічної речовини в надрах і зближують альтернативні гіпотези (глибинну і біогенну), чим роблять певний внесок у вирішення проблеми походження вуглеводнів і ставлять на порядок денний створення нової, єдиної, несуперечливої теорії походження природних вуглеводнів, основаної на кількісному аналізі складників різного генезису в процесі нафтидоутворення в надрах Землі (мантійного і органогенно-седиментаційного) – полігенез природних вуглеводнів у надрах Землі [5]. Спробуємо обговорити цю ідею, ґрунтуючись на нових оригінальних дослідницьких методах, до яких, насамперед, належать методи термобарогеохімії [1, 14, 3, 2] і термодинаміки [11, 9].

**Мета.** На засадах виконаного аналізу концепцій-гіпотез-теорій генези природних вуглеводнів у літосфері Землі, ґрунтуючись на даних з термобарогеохімії глибинного мінералонафтидогенезу, термодинамічному та геохімічному аналізі фізико-хімічних флюїдних систем і експериментальних даних *in situ* та даних з еволюції органічної речовини осадово-вулканогенних комплексів нафтогазоносних регіонів з позицій рівноважної термодинаміки, обговорити полігенетичні підходи до походження природних вуглеводнів в контексті нової фундаментальної парадигми нафтогазової геології і геохімії – полігенез природних вуглеводнів у надрах Землі.

**Фактичний матеріал.** Авторські і літературні матеріали з означеної проблеми.

**Методи** термобарогеохімії і рівноважної термодинаміки.

**Виклад основного матеріалу та обговорення результатів.** Упродовж розвитку наукових поглядів з проблеми генези природних вуглеводнів у літосфері Землі було обґрунтовано незліченну кількість концепцій-гіпотез-теорій. Насамперед, це панівні нині гіпотези-теорії: абіогенна (магматично-неорганічна), що передбачає міграцію по зонах розуцільнення готових (синтезованих) вуглеводнів з мантії Землі у пастки – породиколектори (М. Кудрявцев, П. Кропоткін, В. Порфір'єв, Г. Доленко, Е. Чекалюк, Й. Грінберг, Г. Бойко, Ю. Стефаник), осадово-неорганічна – приплив у породи ювенільного водню і його взаємодія з седиментогенним вуглецем (І. Чабаненко, М. Євдошук), органічна (осадово-міграційна) – формування вуглеводнів у процесі деструкції вихідної речовини у вигляді первинної нафти (протонафти, мікронафти) у нафтоматеринському шарі чи пласті-генераторі водню і пласті-носієві вихідного (нафтоматеринського) вуглецю (М. Вассоевіч, О. Трофімук). Серед інших теорій, гіпотез, концепцій, поглядів на походження природних вуглеводнів зазначимо створені на постулатах тектоніки плит (субдукція, спредінг): «рециклінгу» (Х. Хедберг, О. Ушаков, В. Фединський, О. Сорохтін), «геолого-геохімічна модель глибинного нафтидогенезу» (Г. Доленко), «гібридна» (Л. Анісімов), «геодинамічна» («мікст-генетична», «полігенна») (В. Гаврилов). Запропоновано й принципово інші підходи, як: «флюїдодинамічна концепція нафтогазоутворення» (Б. Соколов), «геосинергетична концепція природних вуглеводнево-генерувальних систем» (О. Лукін), «полігенезу нафти і газу» (А. Дмитрієвський), «змішаного органічно-мінерального синтезу» («подвійний генезис») (М. Павлюк), «абіогенно-біогенного дуалізму» (І. Наумко, Й. Сворень), гідрогеосинергетична біогенно-мантійна (І. Багрій) тощо.

Отже, різнопланові гіпотези-теорії синтезу і генезису природних вуглеводнів у літосфері Землі ґрунтуються на принципово відмінних концептуальних засадах. За означених передумов виконаний аналіз анонсованих матеріалів дав змогу припустити, що універсальна гіпотеза-теорія синтезу і генезису не може бути створена, бо те, що в одних *PT*-умовах є чинником утворення, в інших – стає деструктивним фактором, що робить поєднання гіпотез методологічно неможливим. У розмаїтих геофлюїдодинамічних ситуаціях процеси нафтидогенезу матимуть свої відмінності і будуть реалізовуватися в широкому інтервалі змін термодинамічних параметрів (*T, P*) і складу нафтидоутворювальних систем, однак у підсумку формуватиметься весь спектр природних вуглеводнів – складових нафти і газу.

У підсумку з'ясовано, що різноплановість концепцій-гіпотез-теорій генезису природних вуглеводнів у літосфері Землі, несуперечлива з геологічної точки зору, зумовлюється генераційно-міграційним захопленням вуглеводневих сполук, як багатоваріантністю еволюції органічної речовини, яка об'єднує у єдиній синергії процеси синтезу, еволюційних трансформацій та неминучої деструкції. На таких засадах панівні нині абіогенну, абіогенно-біогенну і біогенну точки зору фактично можуть урівняти полігенетичні підходи у вигляді концепції полігенезу нафти і газу, базове підґрунтя якої напрацьовано в ІГГК НАН України і в яку органічно вписуються розроблені в Інституті «нова теорія мінерального синтезу нафти і газу в умовах астеносфери мантії Землі», «змішаного органічно-мінерального синтезу» («подвійний генезис»), «нова теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм». Як сукупність наукових уявлень і поглядів на походження природних вуглеводнів, концепція допускає формування родовищ нафти і газу за рахунок, як абіогенних, так і біогенних джерел. Її об'єднувальна ідея – глибинні флюїди як потужне джерело енергії і речовини для перетворення вуглецевистих речовин у літосфері, а першорядне завдання – кількісний аналіз складників різного генезису (мантіїного і органічно-седиментаційного) в процесі нафтидогенезу [5].

Полігенетичні підходи до генези природних вуглеводнів в контексті нової фундаментальної парадигми нафтогазової геології і геохімії – полігенез природних вуглеводнів у надрах Землі обговорено нижче на засадах аналізу концепцій-гіпотез-теорій походження природних вуглеводнів, ґрунтуючись на даних з термобарогеохімії глибинного мінералонафтидогенезу, термодинамічному та геохімічному аналізі фізико-хімічних флюїдних систем і експериментальних даних *in situ* та даних з еволюції органічної речовини осадово-вулканогенних комплексів нафтогазоносних регіонів з позицій термодинаміки.

Проаналізовано можливості *методів термобарогеохімії* у відтворенні спряжених процесів мінералонафтидогенезу та утворення нафтогазових і метановугільних родовищ та процесів формування прожилково-вкрапленої мінералізації з включеннями відновних флюїдів як безпосереднього показника процесів флюїдопереносу речовини і продукту заліковування міграційних тріщин [7], що повсякчасно супроводжує відклади перспективно нафтогазоносних земель. При цьому численні дані вивчення включень флюїдів у мінералах вказують на вуглеводневі сполуки (метан, його гомологи, метано-нафтові суміші, інші газоподібні, рідкі і тверді вуглеводневі речовини), які, будучи третім компонентом глибинних флюїдів (флюїдних середовищ) після  $H_2O$  і  $CO_2$  [2], власне у родовищах вуглеводневої сировини є основною складовою й індикатором процесів синтезу-генезису, міграції та локалізації вуглеводнів.

Нами встановлено, що дані, отримані за включеннями флюїдів у мінералах глибинних парагенезів і парагенезів осадово-вулканогенної оболонки (прожилково-вкраплена мінералізація, аутигенна мінералізація (регенерація кластичних зерен, перекристалізація і розчинення цементу вмісних порід тощо), також підтверджують багатоваріантність еволюції органічної (вуглецевистої) речовини у процесах флюїдогенезу як основу полігенетичних підходів до процесів синтезу і генезису природних вуглеводнів, зокрема, у геоструктурах Західного регіону України. Акцентовано на можливостях термобарогеохімії для реконструкції флюїдного середовища мінералонафтидогенезу у надрах Землі та показано, що у включеннях у мінералах реально відображено процеси синтезу і генезису природних вуглеводнів, міграції вуглеводневих флюїдів і їхньої локалізації у родовищах [4].

Оригінальні дані комплексного прецизійного дослідження флюїдних включень, їхнє зіставлення з літературними джерелами, узагальнення і аналіз підтвердили висновок про те, термобарогеохімічні дослідження ендегенних процесів до певної міри свідчать про те, що формування нафти і газу могло проходити за високих температур і тисків астеносфери мантії Землі з летких сполук астеносферного шару. Вони склали основу створеної термобарогеохімічної моделі глибинного мінералонафтидогенезу–моделі еволюції глибинних флюїдів (за включеннями у мінералах) і надалі її вдосконалювання у

фундаментальному плані як основу термобарогеохімічної–мінералофлюїдологічної моделі Землі [3, 2].

З проаналізованих літературних джерел щодо термодинамічної та геохімічної інтерпретації *фізико-хімічних систем* типу вода–вуглеводні та візуалізації поведінки і фазових станів вуглеводне-водних флюїдів за високих температур і тисків (за експериментальними даними) впливають інноваційні підходи щодо розробки достовірних фізико-хімічних моделей і шляхів синтезу і генезису природних вуглеводнів та формування родовищ нафти і газу у літосфері Землі. Аналіз матеріалів експериментального дослідження водо-нафтових розчинів засвідчує, що за певних високих значень  $P$  і  $T$  проходить повна змішуваність води і вуглеводнів; у процесі зниження або підвищення тиску за відповідної температури може статися зміна агрегатного складу системи з гомогенного у гетерогенний і навпаки. Це підтверджено даними з поведінки і фазових станів вуглеводне-водних флюїдів за високих температур і тисків (за відомостями про водно-вуглеводневі включення у кристалах синтетичних мінералів), згідно з якими сприятливі умови для нафтидогенезу у земних надрах досягаються на глибинах понад 12–15 км – для існування і перенесення велетенських кількостей вуглеводнів у рідкій фазі, збагачених легкими і середніми нафтовими фракціями, у вигляді надкритичного флюїду; на глибинах не менше 10–12 км – для виникнення істотно вуглеводневих гомогенних флюїдів, утворених при взаємодії гідротермальних розчинів з каустогенними породами та на глибинах порядку 3,5–4,5 км – для існування двофазових рідких водно-нафтових флюїдів без вільного газу, утворених при взаємодії гідротермальних розчинів з нафтою.

За таких і вищих  $T$ ,  $P$ -параметрів і складу нафтидоутворювальних систем у різних геофлюїдодинамічних ситуаціях літосфери Землі у підсумку й формуватиметься весь спектр природних вуглеводнів – складових нафти і газу. Весь перелічений комплекс нафтидоносних систем може реалізовуватися, зокрема, і в надрах Заходу України. Це значно доповнює геологічні передумови міграції і формування родовищ вуглеводнів у Західному нафтогазоносному регіоні, які апіорі формуватимуться за відмінних термодинамічних параметрів і складу нафтидоносних систем. Такими універсальними підходами до синтезу і генезису природних вуглеводнів й визначається нова фундаментальна парадигма нафтогазової геології і геохімії – полігенез природних вуглеводнів у надрах, що збільшує потенціал нафтогазоресурсності перспективних регіонів України.

*Термодинамічний аналіз* засвідчив [10], що оптимальні режими для консервації систем із високим вмістом важких вуглеводнів спостерігаються на глибинах 2–5 км, тобто на рівнях «нафтового вікна», причому найкращі умови відповідають найменшим значенням теплового потоку, що цілком логічно з огляду на деструктивний вплив температури при помірних тисках, які реалізуються на таких глибинах. Виявлено, що за своїм складом газу нафтових родовищ утворюються на більших глибинах, ніж газових і газоконденсатних, а останні займають проміжне положення. При цьому збільшення температури є фактором, який очевидно сприяє утворенню важких вуглеводнів в умовах зростання тиску. Якщо оцінювати глибини утворення сумішей вуглеводнів в рівновазі із керованом за допомогою формалізму Джейнса, то нафта синтезована на глибинах 12–17, газоконденсат – 10–12, а газ – 6–8 км. Певна відмінність цих значень від наведених вище даних з відтворення поведінки і фазових станів вуглеводне-водних флюїдів за високих температур і тисків (за відомостями про водно-вуглеводневі включення у кристалах синтетичних мінералів) ще раз підтверджує різноманітність термодинамічних ситуацій можливого перетворення розсіяної органічної речовини та формування нафтоподібних систем у надрах Землі.

Розрахунками встановлено, що тиски і температури, які відповідають умовам утворення алканів родовищ вуглеводнів Західного нафтогазоносного регіону України, істотно відмінні від тих, що реалізовані в пастках. Слід припустити, що ці відмінності є наслідком міграції вуглеводневого флюїду від зони утворення до пастки, з якої було відібрано матеріал для досліджень. Факт міграції опосередковано підтверджується особливостями залежності коефіцієнта  $i-C_4/n-C_4$  родовищ цього регіону від нормалізованого

вмісту метану. Крім того, на міграцію вказує і локалізація ділянок найбільших рівноважних температур утворення на перетинах регіональних розломів. Пропорція ізомерів бутану є своєрідним відбитком, який зафіксував у часі реальні умови утворення вуглеводнів у надрах регіону.

Загалом сумарний компонентний склад газів нафтогазових родовищ при термодинамічному аналізі також вказує як на можливість біогенного, так і на ймовірність абіогенного походження («полігенез нафти») [10]. Обмеженням цих припущень є сама модель, яка передбачає перебування у рівновазі системи, що складається з керогену і вуглеводневих газів. Якщо гази мігрують, а кероген залишається у зоні синтезу, то система починає прямувати до нової рівноваги, яка характеризуватиметься іншим розподілом елементів між її складовими. З природних систем ця модель найкраще відповідатиме «сланцевим» газу і нафті, де така рівновага реалізується у закритих порах, зокрема, й у флюїдних включеннях у мінералах вмісних порід [14].

За таких передумов, спираючись на візуалізацію результатів, можна стверджувати, наприклад, для Західного нафтогазоносного регіону, що газогенераційний потенціал керогену, зокрема, більшої частини Бориславо-Покутського нафтогазоносного району можна вважати вичерпаним, і формування речовини вуглеводневих родовищ в цій ділянці земної кори вже маловірогідне. Натомість, кероген Більче-Волицького нафтогазоносного району ще зберігає достатній потенціал для наповнення екранованих резервуарів вуглеводневим матеріалом.

**Висновки.** На засадах виконаного аналізу теорій-гіпотез-концепцій походження природних вуглеводнів у літосфері Землі стверджено різноманітність трактування генетичних питань представниками різних наукових шкіл. Оскільки із їхньої значної кількості впливає багатоваріантність вирішення проблеми, то можна припустити, що універсальна гіпотеза-теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів у літосфері Землі не може бути створена, оскільки фактори, що в одних термодинамічних умовах є чинником синтезу вуглеводнів, в інших – впливають деструктивно, що робить поєднання таких гіпотез методологічно неможливим. У різноманітних геофлюїдодинамічних ситуаціях процеси нафтидогенезу матимуть свої відмінності і реалізовуватимуться за розмаїтих термодинамічних параметрів ( $T, P$ ) і складу нафтидоутворювальних систем, однак у підсумку формуватиметься весь спектр природних вуглеводнів – складових нафти і газу.

Отримані матеріали з термобарогеохімії глибинного мінералонафтидогенезу, термобарогеохімічного та термодинамічного аналізу фізико-хімічних флюїдних систем і експериментальних даних *in situ* та еволюції органічної речовини осадово-вулканогенних комплексів нафтогазоносних регіонів з позицій термодинаміки підтверджують геодинамічні аспекти генераційно-міграційного захоплення вуглеводнів щодо багатоваріантності еволюції органічної (вуглецевистої) речовини у процесах флюїдогенезу і полігенетичні підходи до походження природних вуглеводнів. Цей неординарний підхід в комплексі складає підґрунтя для доповнення геологічних і геодинамічних показників нафтогазоносності принципово новими пошуковими критеріями на засадах термобарогеохімії і термодинаміки.

Це дало змогу запропонувати універсалізм підходів до процесів синтезу і генезису природних вуглеводнів у вигляді нової фундаментальної парадигми нафтогазової геології і геохімії – полігенез природних вуглеводнів у надрах Землі, що збільшує потенціал нафтогазоресурсності перспективних регіонів, який в Україні є досить великим і має значні перспективи для нарощування запасів вуглеводнів та відкриття нових родовищ вуглеводнів, насамперед в Західному нафтогазоносному регіоні, родовища якого за сучасних геополітичних умов є стабільними об'єктами видобування нафти і газу в Україні [6]. Цьому значною мірою сприятимуть інноваційні рішення, що ґрунтуються на аналізі термобаричних і фізико-хімічних параметрів нафтидогенезу у контексті прогнозування фазового стану ймовірних покладів, як новому перспективному напрямку та можливістю створення уточненої стратегії і тактики пошуків нових родовищ вуглеводнів.



### Список використаних джерел:

1. Калюжный В.А. Основы учения о минералообразующих флюидах. Киев: Наук. думка, 1982. 240 с.
2. Матковський О., Наумко І., Павлунь М., Сливко Є. Термобарогеохімія в Україні. Львів: Простір-М, 2021. 282 с.
3. Наумко І.М. Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів): Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Львів, 2006. 52 с.
4. Наумко І.М. Мінералофлюїдологія та синтез і генезис природних вуглеводнів у надрах Землі. Геофиз. журн. (Geophys. Journ.). 2020. Т. 42. № 4. С. 72–96. DOI: <https://doi.org/10.24028/gzf.0203-3100.v.42i4.2020.210673>.
5. Павлюк М.І. Геотектонічна еволюція і нафтогазоносний потенціал України (стенограма наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 5 липня 2017 р.). Вісник НАН України, 2017, № 9, С. 11–22.
6. Павлюк М., Наумко І., Лазарук Я., Хоха Ю., Крупський Ю., Савчак О., Різун Б., Медведєв А., Шлапінський В., Колодій І., Любчак О., Яковенко М., Тернавський М., Гривняк Г., Тріска Н., Сенів О., Гузарська Л. Резерв нафтогазовидобутку Західного регіону України / Відп. ред. – ак. НАН України М. Павлюк. НАН України; ІТГГК. Львів, 2022. 415 с. ISBN 978-966-02-9953-5 (електронне видання).
7. Сворень Й.М., Наумко І.М. Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій – природний феномен літосфери Землі. Доп. НАН України. 2005. № 2. С. 109–113.
8. Сворень Й.М., Наумко І.М. Нова теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм. Доп. НАН України. 2006. № 2. С. 111–116.
9. Хоха Ю.В. Термодинаміка глибинних вуглеводнів у прогнозуванні регіональної нафтогазоносності. Київ: Наукова думка, 2014. 57 с.
10. Хоха Ю.В., Павлюк М.І., Наумко І.М. Термодинаміка еволюції органічної речовини в контексті полігенезу викопних вуглеводнів. Геол. журн. 2020. № 4 (373). С. 3–16.
11. Чекалюк Э.Б. Нефть верхней мантии Земли. Киев: Наук. думка, 1967. 356 с.
12. McCollom T.M. Laboratory Simulations of Abiotic Hydrocarbon Formation in Earth's Deep Subsurface // Reviews in Mineralogy & Geochemistry. 2013, 15. Vol. 75. P. 467–494. DOI: 10.2138/rmg.2013.75.15.
13. Lu J., Li C., Wang M. and Zhang C. Review of deep fluids in sedimentary basins and their influence on resources, with a focus on oil and geothermal exploitation. Front. Earth Sci., 12 January 2023, Sec. Structural Geology and Tectonics. 2022. Vol. 10.10:896629. doi: 10.3389/feart.2022.896629.
14. Naumko I.M., Kurovets I.M., Zubyk M.I., Batsevych N.V., Sakhno B.E., Chepusenko P.S. Hydrocarbon compounds and plausible mechanism of gas generation in «shale» gas prospective Silurian deposits of Lviv Paleozoic depression. Geodynamics. 2017. No. 1 (22). P. 26–41. <https://doi.org/10.23939/jgd2017.01.036>.
15. Roedder E. Fluid inclusions. Reviews in Mineralogy. Virginia: Mineralogical Society of America, 1984. Vol. 12. 644 p.
16. Sephton M.A., Hazen R.M. On the Origins of Deep Hydrocarbons. Reviews in Mineralogy & Geochemistry. February 2013, 14. Vol. 75 (1). P. 449–465. DOI:10.2138/rmg.2013.75.14.

## **НОВІ СВДЧЕННЯ НА КОРИСТЬ ВУЛКАНІЧНОЇ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН ТА ЗОВНІШНЬОГО ВИГЛЯДУ ПЛАНЕТ ЗА РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ ПРЯМОПОШУКОВИХ МЕТОДІВ В РІЗНИХ РЕГІОНАХ СВІТУ**

*Якимчук М.А.<sup>1</sup>, д. фіз.-мат. н., проф., yakymchuk@gmail.com;*

*Корчагін І.М.<sup>2</sup>, д. фіз.-мат. н., проф., korchagin.i.n@gmail.com,*

*1 – Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ, Україна,*

*2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна*

Аналізуються результати апробації в 2019-2022 рр. мобільних прямопошукових методів частотно-резонансної обробки та інтерпретації супутникових знімків та фотознімків в різних регіонах земної кулі. В мобільній технології використовується частотно-резонансний принцип реєстрації корисних сигналів. При проведенні інструментальних вимірювань з використанням розроблених комплексів послідовно зіставляються супутникові або фотознімки об'єктів вивчення з фотографіями зразків порід, корисних копалин та хімічних елементів. У процесі зіставлення вимірювальним блоком реєструються електромагнітні відгуки, які дозволяють зробити висновок про присутність (відсутність) конкретних порід, корисних копалин та хімічних елементів в розрізі об'єкта вивчення. Практична апробація метода вертикального зондування розрізу на відомих родовищах вуглеводнів, призвела до встановлення існування умовної межі на глибині 57 км, вище якої фіксуються сигнали на частотах ВВ, а нижче – на частотах водню та вуглецю! В різних регіонах світу виявлено численні глибинні канали (вулкани), заповнені осадовими породами 1-6 груп, вапняками, доломітами, мергелями, кременистими породами та сіллю, а також магматичними породами типу граніти, базальти, ультрамафічні породи та кімберліти. Корені глибинних каналів (вулканів), заповнених осадовими, магматичними та метаморфічними породами перелічених груп, практично завжди фіксуються на глибинах 996 км, 723 км, 470 км та 195-217 км, 95-99 км. Сигнали на резонансних частотах вуглеводнів фіксуються лише в межах вулканів, заповнених осадовими породами 1-6 груп, вапняками, сіллю, а також гранітами та ультрамафічними породами.

## **NEW EVIDENCE IN FAVOR OF VOLCANIC MODEL OF MINERAL DEPOSITS AND EXTERNAL APPEARANCE OF PLANETS FORMATION FROM THE RESULTS OF DIRECT-PROSPECTING METHODS APPROBATION IN DIFFERENT REGIONS OF WORLD**

*Yakymchuk M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., yakymchuk@gmail.com;*

*Korchagin I.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., korchagin.i.n@gmail.com,*

*1 – Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine,*

The results of the approbation in 2019-2022 of mobile direct-prospecting methods of frequency-resonance processing and interpretation of satellite images and photographs in various regions of the globe are analyzed. The frequency-resonance principle of the useful signal's registration is used in mobile technology. When conducting instrumental measurements using the developed complexes, satellite or photo images of the objects of study are successively compared with photos of samples of rocks, minerals and chemical elements. In the process of comparison, the measuring block records electromagnetic responses that allow us to conclude about the presence (absence) of specific rocks, minerals and chemical elements in the cross-section of the object of study. The practical approbation of the method of vertical sounding of the cross-section on known hydrocarbon deposits led to the establishment of the existence of a conditional boundary at a depth of 57 km, above which signals are recorded at the frequencies of hydrocarbons, and below - at the frequencies of hydrogen and carbon! In various regions of the world, numerous deep channels (volcanoes) filled with sedimentary rocks of 1-6 groups, limestones, dolomites, marls, siliceous rocks and salt, as well as igneous rocks such as granites, basalts, ultramafic rocks and kimberlites, have been discovered. The roots of deep channels (volcanoes), filled with sedimentary, igneous and metamorphic rocks of the listed groups, are almost always recorded at depths of 996 km, 723 km, 470 km and 195-217 km, 95-99 km. Signals at resonance frequencies of hydrocarbons are recorded only within volcanoes filled with sedimentary rocks of 1-6 groups, limestones, salt, as well as granites and ultramafic rocks.

**Вступ.** Супер-мобільна прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків і фотознімків, що розробляється, надала авторам унікальну можливість провести величезний обсяг експериментів у різних регіонах земної кулі з метою вивчення глибинної будови Землі, пошуків горючих і рудних корисних копалин, а також води. В процесі проведення експериментальних робіт було отримано

численні свідчення на користь глибинного (абіогенного) генезису вуглеводнів у межах концепції водневої дегазації Землі [1-2]. У цьому повідомленні представлені (аналізуються) основні результати проведених в 2019-2021 рр. експериментальних робіт [3-11].

**Методи досліджень.** Мобільна прямопошукова технологія, що використовується, включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків і фотознімків, а також вертикального електро-резонансного зондування (сканування) розрізу [3]. Окремі методи технології базуються на принципах «речовинної» парадигми геофізичних досліджень, сутність якої полягає в пошуках конкретної (шуканої у кожному конкретному випадку) речовини – нафти, газу, газоконденсату, природного водню, золота, цинку, урану тощо. В модифікованих методах частотно-резонансної обробки супутникових знімків використовуються резонансні частоти різних хімічних елементів, мінералів, порід та корисних копалин (фотографії конкретних зразків). Колекція зразків нафти включає 117 екземплярів, газоконденсату – 15 зразків. Осадкові породи включають групи: 1 (псефіти), 2 (псаміти), 3 (алеверити, аргіліти, глини), 4 (аргіліти каолінітові), 5 (глини каолінітові), 6 (осадово-вулканокластичні породи), 7 (вапняки), 8 (доломіти), 9 (мергелі), 10 (кременисті породи). Групи магматичних і метаморфічних порід наступні: 1 (граніти та ріоліти), 2 (гранодіорити та дацити), 3 (сієніти та трахіти), 4 (діорити та андезити), 5 (лампрофіри), 6 (габро та базальти), 7 (ультрамафічні породи), 8 (сієніти та фоноліти), 9 (габроїди та базальтоїди), 10 (ультрамафічні та мафічні породи), 11 (кімберліти та лампроїти), 12 (карбонатити), 13 (грануліти), 14 (гнейси), 15 (кристалічні сланці). Фотографії наборів зразків осадових, метаморфічних і магматичних порід, що використовуються, запозичені з електронного документа <https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/sprav/petro/petro-mobil.pdf>. Особливості використаних методів та методика проведення вимірювань описані більш детально в [3].

Принципово важлива особливість прямопошукових частотно-резонансних методів полягає в тому, що на відміну від класичних геофізичних, вони надають реальну можливість наповнювати розріз, що вивчається, відповідними комплексами осадових, метаморфічних і магматичних порід, а також визначати інтервали розрізу, перспективні на виявлення горючих і рудних корисних одночасно, у процесі проведення вимірювань (реєстрації сигналів) розробленими апаратурно-вимірювальними пристроями (тобто без додаткових етапів моделювання та геологічної інтерпретації результатів геофізичних вимірювань). У повідомленні нижче, а також в інших опублікованих матеріалах [3-11] представлені та аналізуються результати вимірювань виключно!

Зазначимо також, що в технології, що розробляється, використовується частотно-резонансний принцип реєстрації корисних сигналів [12]. Супутникові знімки чи фотознімки об'єктів дослідження, а також фотографії зразків порід, корисних копалин і хімічних елементів – це, у принципі, пучності стоячих електричних хвиль, виявлених Ніколою Тесла в 1899 р. в глибинних горизонтах Землі [13, 14].

При проведенні інструментальних вимірювань з використанням розроблених комп'ютеризованих комплексів послідовно зіставляються супутникові або фотознімки об'єктів вивчення з фотографіями зразків порід, корисних копалин та хімічних елементів. У процесі зіставлення вимірювальним блоком реєструються електромагнітні відгуки (сигнали), які дозволяють зробити висновок про присутність (відсутність) конкретних порід, шуканих корисних копалин та хімічних елементів у розрізі об'єкта вивчення. Такі особливості методів обробки та декодування супутникових знімків, що розробляються, є підставою для використання термінів «частотно-резонансна технологія» («частотно-резонансні методи»).

Обробка супутникових знімків та фотознімків проводиться в лабораторних умовах, без організації та проведення польових геолого-геофізичних досліджень. Це надає можливість оперативно проводити дослідження в будь-якому регіоні земної кулі, а отже, технологія що розробляється, є супер-мобільною.

**Про прогнозовані глибини синтезу нафти, конденсату та газу.** Важливе місце в прямопошуковій технології займає методика вертикального сканування (зондування) розрізу,

використання якої дозволяє реєструвати відгуки (сигнали) на резонансних частотах хімічних елементів, мінералів, корисних копалин, води, а також осадових, метаморфічних і магматичних порід в різних інтервалах глибин, аж до центру. Землі. Практична апробація методу зондування на відомих родовищах ВВ, а також на ділянках реєстрації відгуків на частотах нафти, конденсату та газу призвело до встановлення існування умовної межі на глибині 57 км, вище якої фіксуються сигнали на резонансних частотах нафти, конденсату та газу, а нижче (глибше) – на частотах водню та вуглецю! І що характерно – ця межа фіксуються на обстежених ділянках реєстрації сигналів від ВВ на поверхні практично у всіх регіонах земної кулі, у межах яких проводилися експериментальні дослідження.

Численні результати фіксації цієї межі інструментальними вимірюваннями безпосередньо (не інтерпретацією результатів вимірювань) дозволяють припустити існування в цьому інтервалі глибин термодинамічних умов, сприятливих для синтезу нафти, конденсату та газу з водню і вуглецю, що мігрують знизу. Можна також стверджувати про наявність на цій глибині необхідних умов для формування природного реактора синтезу нафти, конденсату та газу. Можна також припустити, що в такому реакторі почнеться процес генерації вуглеводнів тільки за умови реалізації в цьому інтервалі серії додаткових (достатніх!) умов для запуску цього процесу. На даний момент для опису достатніх умов роботи реактора достовірна інформація відсутня.

Зазначимо також, що в процесі проведення експериментів встановлено наявність на глибинах 68 км та 69 км ще двох меж, в інтервалах яких відбувається синтез води в вулканічних комплексах різної глибини. При проведенні пошукових робіт додаткові процедури для фіксації сигналів на частотах води на глибинах 68(69) км виконуються повсюдно.

**Про глибинні канали (вулкани) міграції флюїдів та мінеральних речовин.** При проведенні геофізичних досліджень в Українській морській антарктичній експедиції 2018 р. з використанням розроблених методів у Південній Атлантиці та в районі Антарктичного півострова виявлено значну кількість глибинних каналів (вулканів) міграції флюїдів, мінеральних речовин та хімічних елементів, заповнених різними осадовими та магматичними породами, у тому числі і сіллю. Отримані результати дають підстави для припущення про недооцінку дослідниками впливу вулканічної діяльності на формування зовнішнього вигляду та внутрішньої будови планети Земля [3]. Експериментальними дослідженнями у 2019-2022 рр. підтверджено наявність вулканічних споруд різного типу інших в регіонах земної кулі [4-11]. У зв'язку з зазначеним при проведенні досліджень з метою пошуків корисних копалин додатково виконуються роботи, спрямовані на встановлення наявності (відсутності) глибинних каналів (вулканів) у межах великих площ та локальних ділянок обстеження. Результати проведених експериментальних робіт такого характеру можуть бути резюмовані наступним чином.

1. В різних регіонах світу виявлено численні глибинні канали (вулкани), заповнені осадовими породами 1-6, 7, 8, 9, 10 та 11 (сіль) груп, а також магматичними породами 1 (граніти), 6 (базальти), 7 (ультрамафічні породи) та 11 (кімберліти) груп.

2. Корені глибинних каналів (вулканів), заповнених осадовими, магматичними та метаморфічними породами перелічених груп, практично завжди фіксуються на глибинах 996 км, 723 км, 470 км та 195-217 км, 95-99 км. Інтервал 195-217 км – це шар пластичного стану порід.

3. Вулкани з коренями в інтервалі 195-217 км можна вважати "молодими" грязьовими вулканами. Активність такого типу вулканів спостерігається нині.

4. Вулканічні споруди з коренями на глибинах 996 км, 723 км та 470 км можна відносити до категорії «старих».

5. Наявність на ділянках обстеження вулканічних споруд з коренями на різних глибинах дозволяє припустити процеси активізації в цих регіонах, що відбувалися в різний час.



6. Зразки порід, що заповнюють канали вулканів з коренем на поверхні 996 км, можуть фіксуватися в інтервалі глибин 0-996 км, з коренем на глибині 723 км – в інтервалі 0-723 км, з коренем на глибині 470 км – в інтервалі 0-470 км., з коренем на глибині 217 км – лише в інтервалі 0-217 км., а з коренем на глибині 95 км – тільки в інтервалі 0-95 км.

**Про зв'язок скучень вуглеводнів із глибинними каналами (вулканами) різного типу.** У процесі проведення численних досліджень на ділянках розташування відомих родовищ нафти та газу, пошукових площах та локальних майданчиках буріння свердловин встановлено, що відгуки (сигнали) на резонансних частотах нафти, конденсату та газу реєструються лише в районах розміщення каналів (вулканів), заповнених певними групами осадових та магматичних порід. На даний момент результати виконаних експериментальних робіт у різних регіонах дозволяють достатньо обґрунтовано констатувати наступне.

1. В межах глибинних каналів (вулканів), заповнених осадовими породами 1-6 груп, практично завжди реєструються сигнали (відгуки) на резонансних частотах вуглеводнів. В багатьох випадках, в контурах таких каналів фіксуються також відгуки на резонансних частотах бурштину.

2. В вулканах, заповнених 7-ою групою осадових порід (карбонати, вапняки), сигнали на частотах нафти, конденсату і газу також реєструються майже завжди. Проте відгуки від бурштину в цих вулканах не фіксуються.

3. На ділянках вулканічних структур, заповнених сіллю, також часто фіксуються відгуки на резонансних частотах ВВ.

4. В межах вулканічних комплексів, заповнених осадовими породами 8-ї групи (доломіти), 9-ої групи (мергелі) та 10-ої групи (кременисті породи), відгуки на частотах нафти, конденсату та газу не зареєстровані жодного разу!

5. На ділянках обстеження, в яких фіксуються відгуки від ВВ, в межах (в центральних частинах, швидше за все) каналів (вулканів) глибинної міграції флюїдів, мінеральних речовин та хімічних елементів практично завжди фіксується межа 57 км. Нижче цієї межі реєструються відгуки на частотах водню та вуглецю, вище – нафти, конденсату, газу та бурштину (тільки у каналах певного типу) [3-11].

6. В районах обстежених вулканів, заповнених гранітними породами, також отримано сигнали від вуглеводнів у гранітах, у тому числі на поверхні 57 км. Ці результати свідчать про можливий синтез вуглеводнів в деяких типах гранітних вулканів. Обстежені ділянки в районах розташування гранітних масивів поповнюють базу об'єктів (гранітних вулканів), в яких є умови для синтезу ВВ.

7. Останнім часом на деяких ділянках відгуки від ВВ фіксувалися також з інтервалів знаходження ультрамафічних порід.

**Додаткові результати застосування прямопошукової технології.** До вищевикладеного за результатами масштабної апробації частотно-резонансних методів [3-11] доцільно додати наступне.

1. Частотно-резонансними методами практично у всіх вулканах, заповнених осадовими породами 1-6 груп, одночасно з відгуками на частотах ВВ фіксуються сигнали від бурштину, у тому числі й у районі межі 57 км! Експериментальні дослідження проведено на ділянках видобутку та знахідок бурштину в Україні, Білорусі, Калінінградській області, Польщі, Німеччині, Індії, Англії та Домініканській Республіці. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що ділянки видобутку та знахідок бурштину слід вважати перспективними для організації пошуків вуглеводнів [9].

2. Значний обсяг експериментів проведено на ділянках розташування родовищ солі у різних країнах. Результати обстеження показали, що в їх межах також реєструються сигнали на частотах нафти [9].

3. В процесі проведення апробації прямопошукових методів відгуки від ВВ неодноразово фіксувалися також в вугільних басейнах з горизонтів розрізу, що залягають нижче вугленосних пластів (у тому числі і на досить великих глибинах) [9].

4. Практично на всіх обстежених ділянках видимої водневої дегазації зареєстровані відгуки від базальтів. У виявлених базальтових каналах з коренями на різних глибинах повсюдно (майже у всьому інтервалі реєстрації базальтів) фіксуються сигнали на частотах водню [6, 8-9].

5. На окремих ділянках Українського щита (УЩ) з інтервалу між верхнім та нижнім шарами гранітів фіксуються сигнали від осадових та метаморфічних порід, а також нафти, конденсату, газу та бурштину [5, 7]. При зондуванні вздовж профілю в північній частині УЩ виявлено ділянку, схожу на будову з фрагментом площі в межах родовища Білий Тигр на шельфі В'єтнаму [5]. Сигнали від ВВ у межах цієї ділянки фіксувалися до 57 км. Зазначимо також, що скануванням розрізу наявність двох інтервалів гранітів встановлено на окремій ділянці Воронезького кристалічного масиву та в межах Ромашкінського нафтового родовища в Татарстані.

6. На суші та в морських акваторіях виявлено численні ділянки (площі) розміщення глибинних каналів, заповнених осадовими та магматичними породами різних типів, в межах яких на глибинах приблизно 68(69) км йде формування води! Відгуки від ВВ у контурах таких каналів фіксуються не завжди!

7. Результати проведених досліджень можна вважати такими, що свідчать на користь концепції Землі, що зростає (розширюється).

8. Частотно-резонансна обробка супутникових знімків окремих ділянок Місяця, Марсу та інших планет Сонячної системи дозволяє зробити попередні висновки про активну участь вулканічних процесів у формуванні зовнішності (поверхні) обстежених об'єктів Сонячної системи. Зокрема:

А) В процесі частотно-резонансної обробки знімка локальної ділянки Місяця, отриманої з китайського космічного апарату Chang'e 5 у місці його посадки 1 грудня 2020 р., зареєстровані сигнали від водню та магматичних порід 6-ої групи (базальтів). Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 84 км. Підтверджено факт міграції водню у простір над поверхнею Місяця.

Б) Інструментальні виміри показали, що ділянка посадки марсохода NASA Perseverance в районі кратера Jezero розташована в межах вулканічної структури, заповненої мергелями. На поверхні у зоні посадки виявлено уламки крем'янистих порід. В районі розташування кратера Jezero інструментальними вимірами встановлено (підтверджено) наявність у розрізі планети 8-ми типів вулканічних споруд, заповнених 1) сіллю, 2) вапняками, 3) доломітами, 4) мергелями, 5) крем'янистими породами, 6) базальтами, 7) ультрамафічними породами та 8) кімберлітами.

9. У процесі частотно-резонансної обробки фотознімків майданчиків розташування геотермальних електростанцій (Кенія, Ісландія, Філіппіни, Камчатка) та гейзерів на всіх обстежених ділянках зафіксовано відгуки на частотах фосфору, водню, живої води та базальтів. Інструментальні виміри показали, що синтез живої води відбувається на поверхні (глибині) 57 км. Поза розташуванням геотермальних джерел, у тому числі і в районах довголіття і на ділянках водневої дегазації, синтез живої води здійснюється на поверхнях 68(69) км. У розрізах обстежених ділянок базальти та габро розташовані у верхній частині, в інтервалі до 99 км. Під базальтами, на глибинах 99-218 км знаходяться осадові породи 8-ої групи (доломіти), а ще нижче, в інтервалі 218-723 км – осадові (кременисті) породи 10-ої групи. В верхній частині розрізу, над базальтами розташовані осадові породи 7-ої групи (вапняки). На ділянках розташування активних гейзерів зафіксовано факти міграції водню в атмосферу. Жива вода на межі синтезу 57 км, а також в базальтах характеризується високими негативними значеннями окислювально-відновного потенціалу (ОВП).

10. В чотирьох регіонах активності тропічних циклонів (ТЦ) у 2017 р. (північно-західна та південна частини Тихого океану, північ та південь Індійського океану) обстежено 56 локальних ділянок уздовж 5-ти траєкторій переміщення циклонів Noru, Hato, Mora, Erawo, Donna. Додатково виконано обстеження центральних зон 25 ТЦ, зафіксованих космічними апаратами в різних регіонах земної кулі. Результати обробки знімків 81-ї

локальної ділянки дозволяють зробити висновок, що формування і переміщення ТЦ відбувається, в основному, вздовж ділянок, в межах яких розташовані вулканічні комплекси, заповнені базальтовими породами. Додаткове обстеження чотирьох локальних ділянок, розташованих не вздовж траєкторії пересування ТЦ Нору, показало, що в їх контурах відгуки на частотах базальтів і водню не фіксуються.

**Висновок.** Результати масштабної апробації мобільних прямопошукових методів можна вважати додатковими та вагомими свідченнями на користь вулканічної моделі формування зовнішнього вигляду планет та супутників Сонячної системи, а також родовищ рудних та горючих корисних копалин.

#### **Список використаних джерел:**

1. Муслимов Р.Х., Трофимов В.А., Плотникова И.Н., Ибатуллин Р.Р., Горюнов Е.Ю. Роль глубинной дегазации Земли и кристаллического фундамента в формировании и естественном восполнении запасов нефтяных и газовых месторождений. Казань: Изд-во «ФЭН» Академии наук РТ, 2019. – 264 с.
2. Шестопалов В.М., Лукин А.Е., Згоник В.А., Макаренко А.Н., Ларин Н.В., Богуславский А.С. Очерки дегазации Земли. Киев, тов. «БАДАТА-Интек сервис». 2018. 632 с.
3. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоинформатика. 2019. № 1. С. 5-27.
4. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Интегральная оценка структуры некоторых вулканов и кимберлитовых трубок Земли. Геоинформатика. 2019. № 1. С. 28-38.
5. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Украинский щит: новые данные о глубинном строении и перспективах обнаружения залежей нефти, газоконденсата, газа и водорода. Геоинформатика. 2019. № 2. С. 5-18.
6. Якимчук Н.А., Левашов С.П., Корчагин И.Н. Прямопоисковая мобильная технология: результаты апробации при поисках скоплений водорода и каналов миграции глубинных флюидов, минерального вещества и химических элементов. Геоинформатика. 2019. № 2. С. 19-42.
7. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Особенности глубинного строения и перспективы нефтегазоносности отдельных блоков Украинского щита по результатам частотно-резонансного зондирования разреза. Геоинформатика. 2019. № 3. С. 5-18.
8. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Применение мобильных частотно-резонансных методов обработки спутниковых снимков и фотоснимков при поисках скоплений водорода. Геоинформатика. 2019. № 3. С. 19-28.
9. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоинформатика. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. Геоинформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоинформатика. 2020. № 1. С. 19-41, Часть IV. Геоинформатика. 2020. № 3. С. 29-62, Часть V. Геоинформатика. 2021. № 3-4. С. 51-88.
10. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Изучение внутренней структуры вулканических комплексов разного типа по результатам частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков. Геоинформатика. 2019. № 4. С. 5-18.
11. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Результаты дополнительных исследований в отдельных районах проведения геофизических работ в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г. Геоинформатика. 2019. № 4. С. 19-29.
12. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований. Геофизический журнал. 2012. Т. 34, № 4. С. 167-176.
13. Тесла Н. Патенты. – Самара: Издательский дом «Агни», 2009. – 496 с.
14. Тесла Н. Статьи. – Самара: Издательский дом «Агни», Москва: Издательский дом «Русская панорама», 2010. – 584 с.

## РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНИХ МЕТОДІВ В МЕЖАХ ПОШУКОВИХ БЛОКІВ НА ШЕЛЬФІ ПІВДЕННОЇ КОРЕЇ

*Якимчук М.А.<sup>1</sup>, д. ф.-м. н., проф., yakymchuk@gmail.com;*

*Корчагін І.М.<sup>2</sup>, д. ф.-м. н., проф., korchagin.i.n@gmail.com;*

*1 – Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ, Україна;*

*2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна*

Наведено результати апробації мобільної прямопошукової технології в на ділянці шельфу Південної Кореї, в межах якої планується буріння свердловин на нафту та газ. При частотно-резонансній обробці супутникового знімка з трьома блоками зафіксовані сигнали на частотах ВВ, бурштину. Обстежені ділянки з видобувними платформами розташовані в межах вулканічних структур, виповнених доломітами, мергелями та кременистими породами, в яких не створюються умови для синтезу ВВ на межі 57. У процесі сканування розрізу на ділянці з кроком 5 см відгуки на частотах ВВ зареєстровані з трьох інтервалів глибин: 1) 1103.80 - 1148.00 м; 2) 1440.35-1500.45 м; 3) 1911.45-1955.05. В інформаційних повідомленнях зазначається, що ймовірність виявлення покладів ВВ першою свердловиною не перевищує 20%! Для підвищення успішності буріння рекомендується оперативно провести дообстеження найбільш перспективних ділянок блоку мобільними прямопошуковими методами.

## RESULTS OF FREQUENCY-RESONANCE METHODS APPROBATION WITHIN EXPLORATION BLOCKS ON SOUTH KOREA OFFSHORE

*Yakymchuk M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., yakymchuk@gmail.com;*

*Korchagin I.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., korchagin.i.n@gmail.com;*

*1 – Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv, Ukraine;*

*2 – Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine*

The results of the direct-prospecting technology approbation in the area of South Korea offshore, within which it is planned to drill wells for oil and gas, are presented. During frequency-resonance processing of a satellite image with three blocks, signals were recorded at the frequencies of hydrocarbons, amber. The surveyed areas with mining platforms are located within volcanic structures, filled with dolomites, marls, and siliceous rocks, which do not create conditions for the HC synthesis at the boundary 57 km. In the process of the section scanning on the site with a step of 5 cm, responses at frequencies of HC were registered from three depth intervals: 1) 1103.80 -1148.00 m; 2) 1440.35-1500.45 m; 3) 1911.45-1955.05. The news reports state that the probability of detecting HC deposits in the first well does not exceed 20%! In order to increase the success of drilling, it is recommended to promptly carry out additional surveys of the most promising areas of the block using mobile direct-prospecting methods.

**Вступ.** Протягом 2019-2024 років автори випробовували супермобільні прямопошукові методи частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків і фотографій [1-7] в різних регіонах земної кулі, в межах районів і ділянок пошукових свердловин. місце розташування (пробурене, під час буріння, запроєктоване) в т.ч. Експериментальні дослідження такого характеру проводяться з метою удосконалення методики проведення частотно-резонансної обробки космічних знімків і фотознімків, оцінки нафтогазоносності глибоких горизонтів розрізу в межах блоків і районів дослідження, демонстрації продуктивності і потенційних можливостей прямопошукових методів і технологій. Результати досліджень на шельфі Японії та Південної Кореї, а також території Південної Кореї з метою виявлення блоків, перспективних для пошуків скупчень природних водню, представлені в [6].

У червні 2024 року на інтернет-сайтах [10, 11 в тому числі] з'явилися інформаційні повідомлення про відкриття покладів нафти і газу в межах геологорозвідувальних блоків 8, 6-1N, 6-1C&E на східному шельфі Південної Кореї в процесі аналізу і переінтерпретації наявних геолого-геофізичних даних. В межах розташування цих блоків планується буріння пошукових свердловин на нафту і газ. Аналіз цієї інформації, а також матеріалів апробації мобільних прямопошукових методів в даному регіоні дозволяють авторам стверджувати, що додаткове обстеження локальних ділянок, перспективних для буріння свердловин з використанням прямопошукової частотно-резонансної технології обробки супутникових і фотознімків значно прискорить і здешевить процес виявлення покладів нафти і газу в промислових обсягах. У документі [8] проаналізовано інформаційні повідомлення про

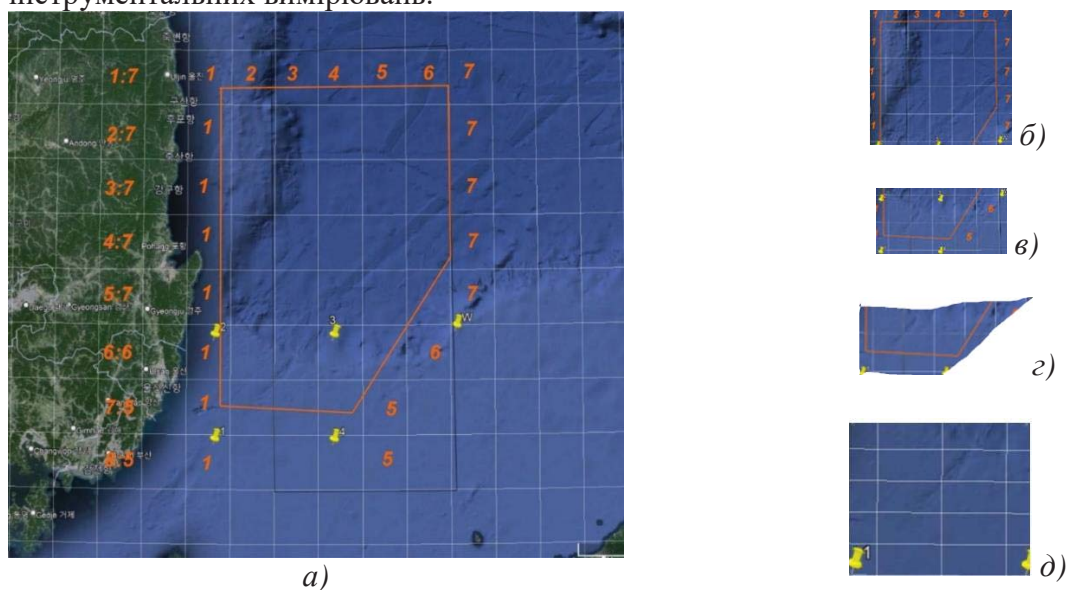


підготовку до буріння розвідувальної свердловини та наведено деякі пропозиції щодо додаткової обробки супутникових знімків локальних ділянок, підготовлених до буріння. В тезах наведено результати частотно-резонансної обробки в рекогносцирувальному режимі супутникових знімків окремих фрагментів пошукових блоків 8, 6-1N, 6-1C&E.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження рекогносцирувального характеру проводяться з використанням мало-затратної прямопошукової технології, що включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки та дешифрування супутникових знімків і фотографій, вертикальне електрорезонансне зондування (сканування) розрізу та метод інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності (рудноносності) великих пошукових блоків і локальних ділянок [1]. Окремі компоненти використовуваної технології розроблені на принципах «речовинної» парадигми геофізичних досліджень, сутність якої полягає в пошуку конкретної (потрібної в кожному конкретному випадку) речовини. Розроблені методи засновані на стоячих електричних хвилях, відкритих Ніколою Тесла в 1899 році в глибоких горизонтах Землі. В модифікованих варіантах методів частотно-резонансної обробки космічних знімків і фотографій, а також вертикального зондування (сканування) розрізу, використовуються існуючі бази даних (набори, колекції) осадових, метаморфічних і магматичних порід, мінералів і хімічних елементів. Методика проведення інструментальних вимірювань описана в [1-7]. Деякі питання теоретичного обґрунтування розроблених прямопошукових методів розглядаються в статті [9].

На відміну від класичних геофізичних методів, мобільна технологія дозволяє в кожному конкретному випадку наповнити досліджуваній розріз присутніми в ньому комплексами осадових, метаморфічних і магматичних порід, а також визначити в першому наближенні (і уточнювати на етапах деталізації) інтервали розрізу, перспективні для виявлення горючих і рудних корисних копалин, безпосередньо, в процесі вимірювань (реєстрації сигналів) розробленими приладами та вимірювальними пристроями (тобто без додаткових етапів моделювання та геологічної інтерпретація результатів інструментальних вимірювань).

**Рекогносцирувальне обстеження окремих фрагментів пошукових блоків.** На рис. 1а наведено супутниковий знімок південнокорейського шельфу, в межах якого розташовані пошукові блоки 8, 6-1N, 6-1C&E, а на рис. 1б-д – фрагменти цих блоків, частотно-резонансна обробка яких проведена в прискореному режимі з використанням обмеженої кількості процедур інструментальних вимірювань.



**Рис. 1. Карта-схема розташування геологорозвідувальних блоків 8, 6-1N, 6-1C&E на супутниковому знімку шельфу Південної Кореї**

При частотно-резонансній обробці космічного знімка на рис. 1а зафіксовано сигнали на частотах вуглеводнів (нафти, газу, конденсату), бурштину, метаноокислюючих бактерій, білого та жовтого фосфору.

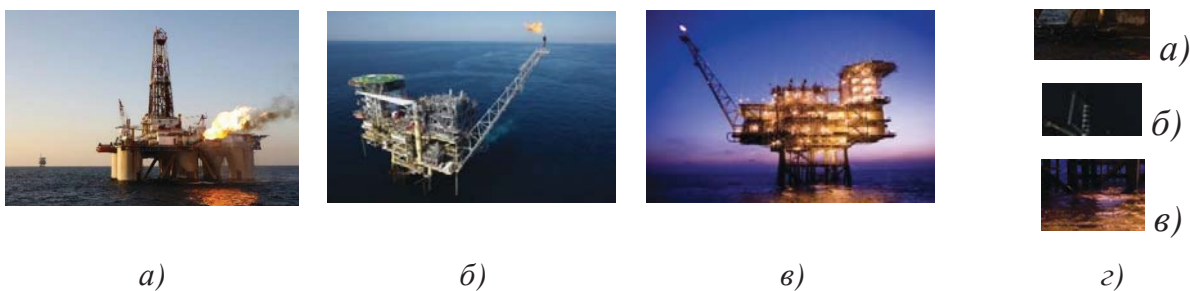
При обробці фрагмента зображення на рис. 1б зафіксовані сигнали від солі, осадових порід 1-6-ї, 7-ї (вапняки), 8-ї (доломіти), 9-ї (мергелі), 10-ї (кременисті) груп, і магматичних порід 1-ї (старі граніти), 6-ї (базальти), 7-ї (ультраосновні) груп. Відгуки також отримано від п'яти видів фосфору та водню. На глибині 57 км зафіксовано сигнали від вуглеводнів, 1-6 груп осадових порід, мергелів, кременистих порід, старих гранітів, базальтів.

Під час обробки фрагмента зображення на рис. 1в зареєстровані сигнали від вуглеводнів, бактерій та білого фосфору.

При обробці зображення на рис. 1г зафіксовані сигнали від ВВ, бактерій і білого фосфору. Відгуки від солі (накладення соляного вулкана) тут фіксувалися до глибини 2 км, а сигнали від доломітів і кременистих порід отримані з інтервалів 2-99 км і 99-723 км відповідно.

Під час додаткової обробки фрагмента зображення на рис. 1д були зафіксовані сигнали від 1-6 груп осадових порід (вулкан). Вимірюваннями встановлено процеси синтезу вуглеводнів, бурштину і жовтого фосфору на глибині 57 км.

**Результати обстеження локальних ділянок з газовидобувними платформами.** У багатьох інформаційних повідомленнях на інтернет-сайтах представлені фотографії газовидобувних платформ закритого родовища Donghae-1, розташованого в межах блоку, зображеного на рис. 1а. Фотографії ділянок з платформами представлені на рис. 2а-в.



**Рис. 2. Родовище природного газу Donghae-1, 58 кілометрів від узбережжя Ульсана**

Частотно-резонансну обробку невеликих (локальних) фрагментів трьох фотографій (показаних у стовпці на рис. 2г) проведено для встановлення наявності (відсутності) газових покладів в глибоких горизонтах розрізу. Відзначимо також, що обробка невеликих фрагментів фотографій проводилася в прискореному режимі з виконанням обмеженої кількості процедур інструментальних вимірювань.

При обробці фрагмента фотозображення на рис. 2г(а) сигнали на частотах ВВ зареєстровані до глибини 2.3 км з 7-ї (вапняки) групи осадових порід (вапнякового перекриття). З нижньої частини розрізу на поверхні 2.3 км зафіксовано сигнали від 10 групи осадових (кременистих) порід.

Під час обробки фотозображення на рис. 2г(б) зафіксовано відгуки від вуглеводнів, псамітів та 1-6 груп осадових порід. Сигнали від порід 1-6 груп реєстрували до 2.1 км, а відгуки від мергелів (9 група осадових порід) отримані з інтервалу 2.1-57.0 км.

При обробці фрагмента фотозображення на рис. 2г(в) сигнали на частотах ВВ реєструвалися до глибини 2.2 км з 7-ї (вапняки) групи осадових порід (вапнякового перекриття). З нижньої частини розрізу на поверхні 2.2 км зафіксовані сигнали від 8 групи осадових порід (доломіти).

Оцінюючи результати інструментальних вимірювань, проведених в районах розташування платформ, звернемо увагу на наступні моменти.

Досліджені локальні ділянки з платформами розташовані в межах вулканічних комплексів (структур), виповнених доломітами, мергелями та кременистими породами, в яких не створюються умови для синтезу вуглеводнів на межі 57 км з водню та вуглецю, що

мігрують знизу. При обстеженні вулканічних структур такого типу сигнали на частотах вуглеводнів на межі вуглеводневого синтезу 57 км не були зареєстровані жодного разу!

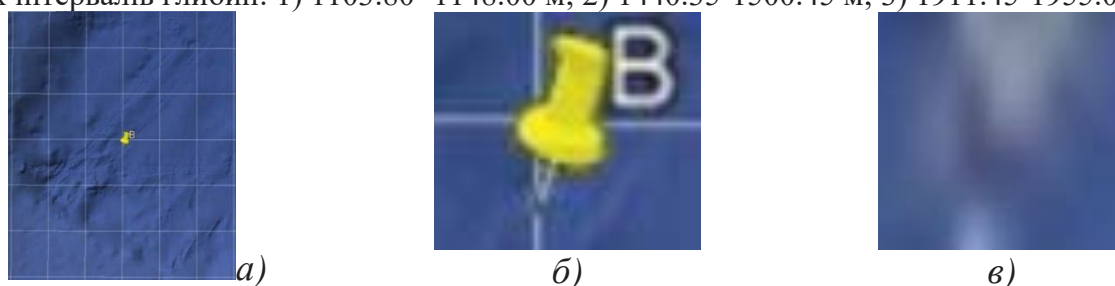
На обстежених ділянках реєструвалися відгуки на частотах ВВ від верхніх частин 1-6-ї та 7-ї (вапняки) групи осадових порід. Отже, корені вулканічних структур, заповнених цими породами, розташовані в межах більших блоків в районі платформ на рис. 2 і можуть бути локалізовані під час обстеження ділянок з платформами в площинному (детальному) режимі.

**Результати зондування в окремій точці пошукового блоку.** Положення точки детального сканування розрізу на знімку в межах пошукового блоку показано на рис. 3а. На рис. 3б,в наведено фрагменти зображення з точкою сканування різних ділянок, які використовувалися в процесі проведення інструментальних вимірювань під час зондування.

При частотно-резонансній обробці фрагмента космічного знімка на рис. 3б в інтегральному режимі реєструвалися сигнали на частотах (спектрі частот) вуглеводнів, бурштину, жовтого фосфору, 1-6 груп осадових порід (накладка). На глибині синтезу вуглеводнів 57 км зареєстровано сигнали від 10 групи осадових (кременистих) порід, сигнали синтезу вуглеводнів не зареєстровані. На поверхні 4,1 км з нижньої частини розрізу зареєстровано сигнали від кременистих порід (10-а група осадових порід), а від псамітів (2-а група осадових порід) – з верхньої частини розрізу. Сигнали на вуглеводневих частотах зареєстровані в цьому районі в інтервалі глибин 0-2 км!

З інтервалів 0-1,1 км, 1,148-1,440 км, 1,5-1,910 км, 1,955-5,0 км відгуків на частотах (спектрі частот) вуглеводнів не зафіксовано!

У процесі частотно-резонансного сканування (зондування) розрізу за супутниковим знімком на рис. 3б з кроком 5 см відгуки на частотах (спектрі частот) ВВ зареєстровані з трьох інтервалів глибин: 1) 1103.80 -1148.00 м; 2) 1440.35-1500.45 м; 3) 1911.45-1955.05.



**Рис. 3. Положення точки сканування розрізу на супутникових знімках різних ділянок**

А при проведенні зондування з кроком 5 мм відгуки на частотах (спектрі частот) ВВ зареєстрували з 11 інтервалів глибин: 1) 1100,58-1105,23 м; 2) 1126,71-1130,02 м; 3) 1143,07-1150,73 м; 4) 1444,18-1449,47 м; 5) 1464,35-1476,83 м; 6) 1493,79-1498,12 м; 7) 1498,64-1500,29 м; 8) 1910,82-1914,51 м; 9) 1945,28-1946,22 м; 10) 1947,62-1953,02 м; 11) 1954,28-1955,55 м.

Під час вертикального сканування з кроком 5 мм і використанням фрагмента космічного знімку на рис. 3в сигнали на частотах (спектрі частот) ВВ зареєстровані з 15 інтервалів глибин: 1) 1100,70-1107,97 м; 2) 1113,22-1116,13 м; 3) 1126,31-1134,06 м; 4) 1141,53-1148,40 м; 5) 1441,24-1446,79 м; 6) 1465,78-1474,12 м; 7) 1482,20-1489,22 м; 8) 1494,46-1498,54 м; 9) 1499,19-1500,77 м; 10) 1910,76-1914,45 м; 11) 1915,43-1919,99 м; 12) 1927,25-19,3216 м; 13) 1939,20-1944,03 м; 14) 1947,90-19,2,31 м; 15) 19,5449-1955,60 м.

За допомогою програмних процедур візуалізації результати сканування розрізу в точці представлені також у табличному (рис. 4а) та графічному (рис. 4б) форматах. Пусті рядки в таблиці на рис. 4а розділяють інтервали фіксації відгуків на частотах ВВ. А на рис. 4б показані інтенсивності відгуків на частотах ВВ у відсотках. В інтервалах ділянки з інтенсивністю відгуку 60% і вище вірогідність отримання промислових припливів ВВ значно зростає.

**Додаткові пропозиції.** В деяких інформаційних повідомленнях на різних сайтах Південної Кореї зазначається, що ймовірність виявлення покладів вуглеводнів у промислових обсягах першою свердловиною, пробуреною в межах пошукових ділянок на

шельфі, не перевищує 20%! Для підвищення успішності буріння рекомендується оперативно проводити дообстеження всього блоку або його найбільш перспективних ділянок мобільними прямопошуковими методами. У зв'язку з цим зазначимо наступні моменти.

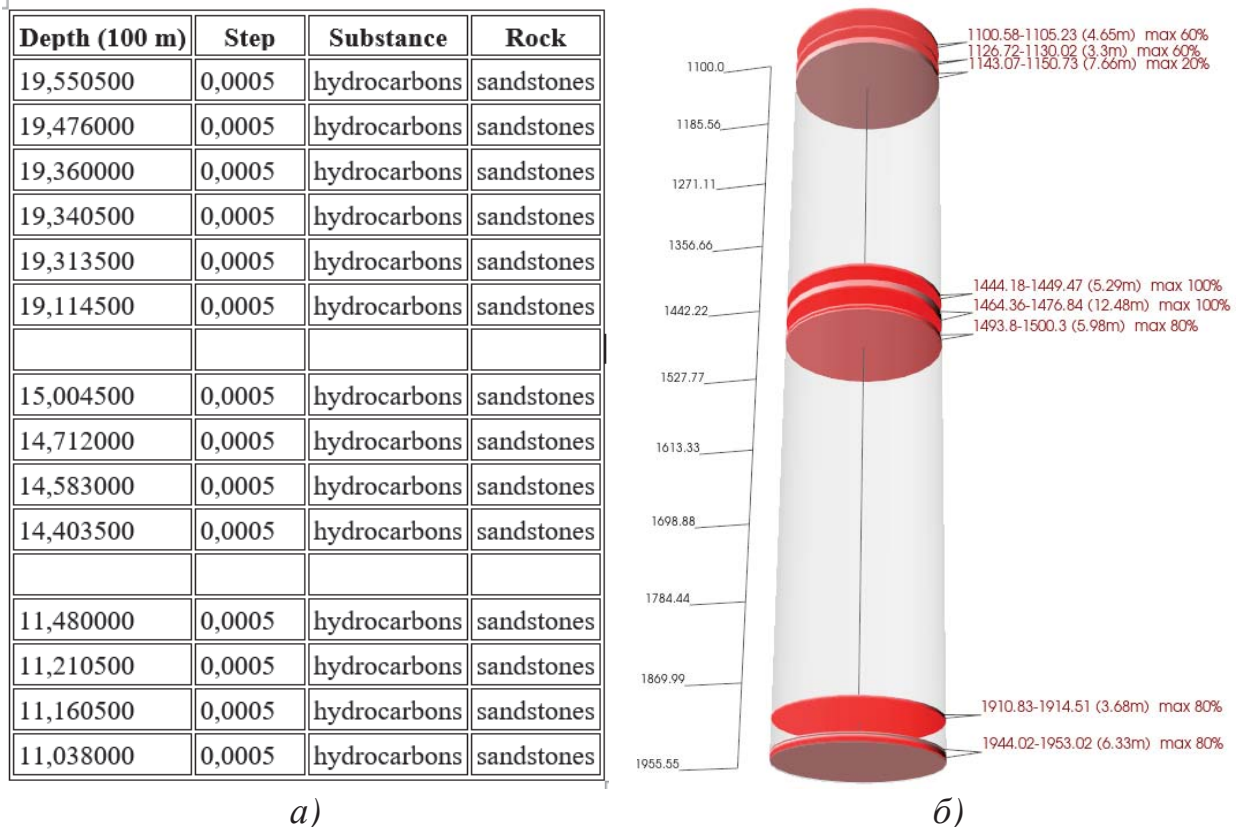
1. На рис. 1а наведено пронумеровані прямокутні фрагменти супутникового знімка пошукових блоків (всього 51), частотно-резонансна обробка яких окремо дозволить виділити найбільш оптимальні ділянки (зони) для обробки в детальному режимі з метою виділення областей (ділянок) для закладки (буріння) свердловин.

2. В інформаційних повідомленнях також згадується про 7 перспективних структур, виділених у межах блоків за результатами геолого-геофізичних досліджень. Контури цих структур (або координати їх центрів) можуть бути нанесені на космічний знімок для подальшої частотно-резонансної обробки лише 7 локальних фрагментів зображення з метою визначення найбільш перспективної ділянки для закладки першої свердловини.

3. Додаткова частотно-резонансна обробка фрагментів зображення над перспективними структурами значно підвищить успішність (ймовірність) виявлення скупчень вуглеводнів у промислових об'ємах у першій пробуреній свердловині до 100%!

Якщо результати частотно-резонансної обробки локальних ділянок в межах блоків будуть підтверджені бурінням першої розвідувальної свердловини, то надалі може бути проведено додаткове рекогносцирувальне обстеження всіх пошукових блоків на південнокорейському шельфі.

У статті [6] наведено також результати обстеження в рекогносцирувальному режимі окремих фрагментів всієї території країни з метою виявлення блоків, перспективних для проведення детальних досліджень з метою пошуків родовищ природного водню. Супутникові знімки території Південної Кореї, підготовлені для цієї мети, також можна швидко обробити з метою виявлення перспективних блоків для пошуків нафти і газу.



**Рис. 4. Результати вертикального сканування фрагмента зображення на рис. 3б з кроком 5 см у табличному (а) та графічному (б) форматах**

Результати проведених експериментальних досліджень, представлені в повідомленні, дають можливість фахівцям скласти уявлення про те, яку додаткову інформацію про будову розрізів у районах буріння розвідувальних свердловин можна оперативно отримати за



допомогою супер-мобільних прямопошукових методів. Ще раз зазначимо, що додаткове обстеження прямопошуковими методами локальних ділянок, підготовлених до буріння, дозволить визначити ділянку, в якій ймовірність отримання припливів ВВ в промислових об'ємах буде наближена до 100%!

**Висновки.** Перш за все, ще раз зазначимо, що в процесі проведення експериментальних робіт на шельфі Південної Кореї та Японії [6] було отримано додаткові докази на користь вулканічної моделі формування тектонічних структур в окремих регіонах земної кулі, а також покладів корисних копалин (у тому числі нафти і газу). На підтвердження вищесказаного звернемо увагу наступне:

А) В районі буріння свердловини на шельфі Японії встановлено наявність вулканічного комплексу, заповненого 10-ю групою осадових (кременистих) порід із коренем на глибині 730 км. В контурах розташування структур такого типу умови для синтезу ВВ на межі 57 км не створюються. Сигнали від нафти, конденсату та газу не реєструвалися в таких вулканах.

Б) Вулканічний комплекс, заповнений 1-6-ю групами осадових порід, виявлено в межах обстеженого блока на шельфі Південної Кореї. Умови для синтезу нафти, конденсату, газу на глибині 57 км в межах розташування такого вулкана створюються практично скрізь (у переважній більшості випадків). В межах обстеженого блоку зареєстровано відгуки від нафти, конденсату, газу та бурштину, а інструментальні вимірювання підтвердили міграцію в атмосферу газу, вуглекислого газу, азоту, кисню та жовтого фосфору. Результати інструментальних вимірювань підтверджені матеріалами проведених геолого-геофізичних досліджень в межах блоку традиційними геофізичними методами [12].

Також варто звернути увагу на наступне. У статті [7] наведено результати випробувань мобільної прямопошукової технології частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків на геологорозвідувальних Блоках 4 та 9 (шельф Лівану), газовому родовищі Левіафан та Блоці 23 на шельфі Ізраїлю. Прогнози щодо перспектив отримання промислових (комерційних) припливів флюїдів (нафти, газу, конденсату) у пробурених свердловинах, опубліковані за результатами апробації мобільних прямопошукових методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків на шельфі східного Середземномор'я, також підтверджені бурінням трьох розвідувальних свердловин.

Результати проведених експериментальних досліджень в Південній Кореї свідчать, що мобільні прямопошукові методи та технології дають можливість оперативно обстежувати території окремих країн з метою виявлення найбільш перспективних блоків та локальних ділянок для проведення детальних пошукових робіт на нафту, газ, природний водень, рудні корисні копалини і воду. Детальні пошуки в межах виділених блоків і локальних ділянок також можна проводити традиційними геолого-геохімічними та геофізичними методами.

Результати експериментальних робіт у різних регіонах свідчать про доцільність використання прямопошукових методів частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків і фотографій для виявлення та локалізації зон накопичення водню в районах базальтових вулканів, а також в зонах водневої дегазації. Застосування супер-ефективної та малозатратної прямопошукової технології значно прискорить процес пошуків природного водню, нафти, газу, а також зменшить фінансові витрати на його проведення.

#### **Список використаних джерел:**

1. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоинформатика. 2019. № 1. С. 5-27.

2. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоинформатика. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II.

Геоінформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоінформатика. 2020. № 1. С. 19-41, Часть IV. Геоінформатика. 2020. № 3. С. 29-62, Часть V. Геоінформатика. 2021. № 3-4. С. 51-88.

3. Yakymchuk, N. A., Korchagin, I. N. New evidence in favor of the abiogenic genesis of hydrocarbons from the results of the testing of direct-prospecting methods in various regions of the world. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2020. № 9. P. 55-62. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.09.055>.

4. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Апробация прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков на известных месторождениях углеводородов в различных регионах. Геоінформатика. 2020. № 2. С. 3-38.

5. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки супутникових та фотознімків: результати використання для визначення зон міграції газу та водню на поверхню та в атмосферу. Геоінформатика, 2020, № 3, С. 3-28.

6. Yakymchuk M. A., Korchagin I. M. Direct-prospecting technology of satellite images and photographs frequency-resonance processing: results of approbation on the Japan and South Korea offshore // Science, innovations and education: problems and prospects. Proceedings of the 12th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Tokyo, Japan. 2022. Pp. 323-334. URL: <https://sci-conf.com.ua/xii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-science-innovations-and-education-problems-and-prospects-28-30-iyunya-2022-goda-tokio-yaponiya-arhiv/>

7. Mykola Yakymchuk, Ignat Korchagin. Technology of satellite and photo images frequency-resonance processing: results of testing at three large exploration blocks and well drilling sites on the Lebanon and Israel offshore. Publisher.agency: Proceedings of the 5th International Scientific Conference «Foundations and Trends in Research» (February 15-16, 2024). Amsterdam, Netherlands, 2024. P. 136-160. ISBN 978-3-4547-7498-7 DOI 10.5281/zenodo.10676608 <https://ojs.publisher.agency/index.php/ERM/issue/view/70>

8. Yakymchuk M. A., Korchagin I. M. Direct-prospecting technology of satellite images and photographs frequency-resonance processing: on the feasibility of its use in areas of exploratory wells drilling on South Korea offshore // Perspectives of contemporary science: theory and practice. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Lviv, Ukraine. 2024. Pp. 198-209. URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mizhнародna-naukovo-praktichna-konferentsiya-perspectives-of-contemporary-science-theory-and-practice-22-24-07-2024-lviv-ukrayina-arhiv/>.

9. ZAMORA Mario, RUIZ Mario, OSORNO Jose. Exploration of Hydrocarbons and Mining & Energy Resources Using Non-Seismic Methods - Nuclear Magnetic Resonance Technology. Technium Vol. 2, Issue 7 pp.372-389 (2020) ISSN: 2668-778X [www.techniumscience.com](http://www.techniumscience.com)

10. Haven't found sizable economic hydrocarbons yet': Act-Geo owner notes risk of failure to find oil. [https://english.hani.co.kr/arti/english\\_edition/e\\_national/1144249](https://english.hani.co.kr/arti/english_edition/e_national/1144249)

11. Korea seeks to extract 14 bil. barrels of oil, gas potentially under East Sea. [https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2024/06/129\\_375889.html](https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2024/06/129_375889.html)

12. Senay Horozal, Sujin Chae, Dae Hoon Kim, Jeong Min Seo, Sang Min Lee, Hyuk Soo Han, Deniz Cukur, Gee-Soo Kong. Seismic evidence of shallow gas in sediments on the southeastern continental shelf of Korea, East Sea (Japan Sea). Marine and Petroleum Geology. 133 (2021). 105291. 14 p. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2021.105291>

## РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ ПРЯМОПОШУКОВИХ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНИХ МЕТОДІВ НА ДІЛЯНЦІ ІЗ ПРОБУРЕНОЮ СВЕРДЛОВИНОЮ В УКРАЇНІ

*Якимчук М.А.<sup>1</sup>, д. ф.-м. н., проф., yakymchuk@gmail.com;*

*Корчагін І.М.<sup>2</sup>, д. ф.-м. н., проф., korchagin.i.n@gmail.com;*

*1 – Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ, Україна;*

*2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна*

Наведено результати апробації мобільної прямопошукової технології на локальній ділянці із пробуреною свердловиною в Україні. Експериментальні дослідження на ділянці зі свердловиною проведені з метою додаткової перевірки інформативності мобільних прямопошукових методів, а також удосконалення методики їх практичного застосування при вирішенні різноманітних пошукових задач. На ділянці обстеження проведено детальне зондування (сканування) розрізу з метою визначення глибин залягання і товщин нафтонасичених інтервалів (пластів). Скануванням розрізу в детальному режимі в інтервалі глибин 0.8-4700 м виділено три інтервали фіксації відгуків на частотах нафти. Результати сканування представлені на трьох рисунках з використанням процедур графічної візуалізації даних сканування. На рисунках вказані інтервали глибин фіксації сигналів на частотах нафти, товщини нафтонасичених пластів та інтенсивність сигналів (у відсотках). При зондуванні інтервалу 5.3-10 км зареєстровані сигнали (відгуки) на частотах зразків 8-ї групи осадових порід (доломіти), а на межі (глибини) 57 км – від 10-ї групи осадових (кременистих) порід. Такі результати дозволяють констатувати, що пробурена свердловина розташована за межами вертикального каналу, по якому нафта могла мігрувати з межі синтезу у верхні горизонти розрізу.

## RESULTS OF DIRECT-PROSPECTING FREQUENCY-RESONANCE METHODS APPROVAL AT THE SITE WITH A DRILLED WELL IN UKRAINE

*Yakymchuk M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., yakymchuk@gmail.com;*

*Korchagin I.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., korchagin.i.n@gmail.com;*

*1 – Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv, Ukraine;*

*2 – Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine*

The results of the mobile direct-prospecting technology approbation at a local site with a drilled well in Ukraine are given. Experimental studies on the site with a well were conducted with the purpose of additional verification of the informativeness of mobile direct-prospecting methods, as well as improvement of the methodology of their practical application during various search problems solving. A detailed sounding (scanning) of the cross-section was carried out in the survey area in order to determine the depths and thicknesses of oil-saturated intervals (layers). By scanning the section in detailed mode in the depth interval of 0.8-4700 m, three intervals of fixation of responses at oil frequencies were selected. The scanning results are presented at three figures using procedures for graphic visualization of scanning data. The figures show the depth intervals of signal fixation at oil frequencies, the thickness of oil-saturated formations, and the intensity of signals (in percent). When sounding the interval 5.3-10 km, signals (echoes) were registered at the frequencies of samples of the 8th group of sedimentary rocks (dolomite), and at the limit (depth) of 57 km - from the 10th group of sedimentary (siliceous) rocks. Such results allow us to state that the drilled well is located outside the vertical channel through which oil could migrate from the synthesis boundary to the upper horizons of the cross-section.

**Вступ.** Мобільна прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків і фотографій [1] в 2019-2023 роках пройшла масштабну апробацію з метою демонстрації її ефективності, інформативності та доцільності практичного застосування під час вирішення різноманітних геолого-геофізичних задач. Під час апробації мобільних прямопошукових методів неодноразово проводилось обстеження локальних ділянок, в межах яких бурились пошуково-розвідувальні свердловини (перебували в процесі буріння або готувалися до буріння). Результати такого роду демонстраційних досліджень опубліковані в статтях і матеріалах конференцій [2, 3]. В тезах наведено результати додаткової апробації у 2024 році мобільної прямопошукової технології на ділянці з пробуреною свердловиною на території України.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження рекогносцирувального характеру проводяться з використанням мало-затратної прямопошукової технології, що

включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки та декодування космічних знімків і фотографій, вертикального електрорезонансного зондування (сканування) розрізу та метод інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності (рудоносності) великих пошукових блоків і локальних ділянок [1]. Окремі компоненти мобільної технології розроблені на принципах «речовинної» парадигми геофізичних досліджень, сутність якої полягає в пошуках конкретної (шуканої в кожному конкретному випадку) речовини. Розроблені методи засновані на стоячих електричних хвилях, відкритих Ніколою Тесла в 1899 році в глибинних горизонтах Землі. В модифікованих версіях методів частотно-резонансної обробки космічних знімків і фотографій, а також вертикального сканування розрізу використовуються існуючі бази (набори, колекції) осадових, метаморфічних і магматичних порід (<https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/sprav/petro/petro-mobil.pdf>), мінералів та хімічних елементів. Більш детально особливості та можливості використовуваних методів, а також методика проведення інструментальних вимірювань описані в [1-7].

У процесі виконання експериментальних досліджень рекогносцирувального або детального характеру (проведення інструментальних вимірювань) в межах блоків і районів зйомки використовується наступна послідовність процедур (графів) обробки окремого супутникового знімка (або його локального фрагмента).

1. Процедура фіксації відгуків (сигналів) з поверхні на частотах наступного набору речовин: нафта, конденсат, газ, бурштин, метаноокислюючі бактерії, горючі сланці, газогідрати, лід, вугілля, антрацит, водень, жива (глибинна) вода, мертва вода, алмази, калійно-магнієва сіль, натрій-хлориста сіль.

2. Процедура реєстрації відгуків від груп осадових, метаморфічних і магматичних порід, що складають розріз.

3. Процедура визначення наявності в районі обстеження глибинних каналів (вулканів), заповнених різними групами порід; оцінка глибин залягання коренів вулканів.

5. Процедура для визначення груп порід (або окремих зразків з груп), з яких фіксуються сигнали на частотах нафти, конденсату, газу та води (глибинної, живої).

6. Процедура реєстрації сигналів від нафти, конденсату, газу і фосфору на поверхні (глибині) 57 км - межі синтезу вуглеводнів і бурштину в глибинних каналах (вулканах), заповнених певними групами порід.

7. Граф реєстрації сигналів від води (глибинної, живої) на поверхнях 11, 46, 57, 68, 69 км - прогнозовані межі синтезу води в вулканах певного типу.

8. Процедура сканування розрізу з різними кроками від поверхні до 15 км для визначення інтервалів глибин, в межах яких реєструються відгуки на резонансних частотах нафти, конденсату та газу. Уточнення глибин залягання найбільш перспективних на вуглеводні інтервалів розрізу при додатковому скануванні з дрібнішим кроком.

9. Граф оцінки глибини верхньої межі (краю) базальтів, а також глибин початку фіксації відгуків на резонансних частотах водню та живої (цілющої) води з базальтів. Здійснюється у разі фіксації на досліджуваній площі відгуків від 6-ої групи магматичних порід (базальтів).

10. Процедура визначення глибин залягання верхньої кромки кімберлітів, а також інтервалу глибин, в межах якого реєструються відгуки на частотах алмазів. Реалізується при встановленні наявності сигналів від 11-ої групи магматичних порід (кімберлітів) на території зйомок.

**Результати обстеження ділянки з пробуреною свердловиною.** *Основна мета експериментальних досліджень демонстраційного характеру.* Детальне зондування (сканування) розрізу на локальній ділянці з пробуреною свердловиною проведено з метою визначення глибин залягання і товщин нафто- та газонасичених інтервалів (пластів) у розрізі та зіставлення отриманих значень зі значеннями глибин і товщин продуктивних пластів, встановлених за результатами буріння та випробування.

*Вихідні фотографії для інструментальних вимірювань.* Під час проведення досліджень демонстраційного характеру використовувалися фотографії локальної ділянки



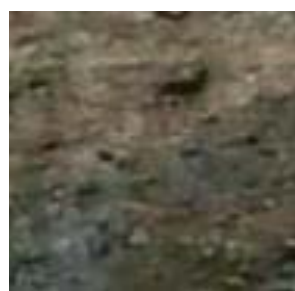
розташування пробуреної свердловини (рис. 1а, б) та зразків нафти (рис. 1в). Відомостей у якому регіоні України розташована свердловина у виконавців не було. Відсутня також інформація з якої свердловини отримано нафту – із показаної на рис. 1а, чи іншої.

При виконанні обмеженої кількості процедур інструментальних вимірювань використовувалися також фотознімки зразків нафти (рис. 2), 8-ї (доломіти) (рис. 3а) та 10-ї (кременисті) (рис. 3б) груп осадових порід.

*Результати сканування розрізу в інтервалі глибин 0.8-4000 м.* Вертикальне сканування (зондування) інтервалу розрізу проведено з кроком 1 см. Результати сканування представлені на двох рисунках (рис. 4 та 5) з використанням процедур графічної візуалізації даних сканування. На рисунках вказані інтервали глибин фіксації сигналів на частотах нафти (рис. 2), потужності нафтонасичених пластів та інтенсивність сигналів (у відсотках).



а)



б)



в)

**Рис. 1. Фрагменти фотографій локальної ділянки розташування свердловини (а, б) та зразків нафти (в), які використовувалися в процесі інструментальних вимірювань**



**Рис. 2. Фотографія зразків нафти, що використовується в процесі інструментальних вимірювань.**



а)



б)

**Рис. 3. Фотографії 8-ї (доломіти) (а) та 10-ї (кременисті) (б) груп осадових порід**

*Результати реалізації деяких додаткових процедур інструментальних вимірів.* У процесі обробки фотознімка свердловини (рис. 1) сигнали (відгуки) на частотах зразків нафти на рис. 2 з інтервалу 0.8-3.7 км почали фіксуватися з 7 с. інструментальних вимірів.

А при обробці фотознімка свердловини (рис. 1) сигнали (відгуки) на частотах зразків нафти на рис. 1в з інтервалу 0.8-3.7 км не фіксувалися протягом 5 хвилин із інструментальних вимірювань!

Під час сканування (зондування) інтервалу розрізу 4.5-4.7 км на рис. 1а з кроком 2.5 см сигнали (відгуки) на частотах зразків нафти на рис. 1в не зафіксовано!

У процесі додаткової обробки фотознімка свердловини (рис. 1б) з інтервалу 5.3-10 км зареєстровані сигнали (відгуки) на частотах зразків 8-ї групи осадових порід (доломіти) (рис. 3а), а на межі (глибині) 57 км – від 10-ї групи осадових порід (кременисті) (рис. 3б). Такі результати дозволяють зробити висновок, що пробурена свердловина розташована за

межами вертикального каналу, по якому нафта могла мігрувати з межі синтезу у верхні горизонти розрізу.

Результати сканування розрізу в інтервалі глибин 4500-4700 м. Під час сканування (зондування) інтервалу розрізу 4.5-4.7 км на рис. 1а з кроком 2.5 см інтенсивні сигнали (відгуки) на частотах зразків нафти на рис. 2 зафіксовані в трьох інтервалах (рис. б).

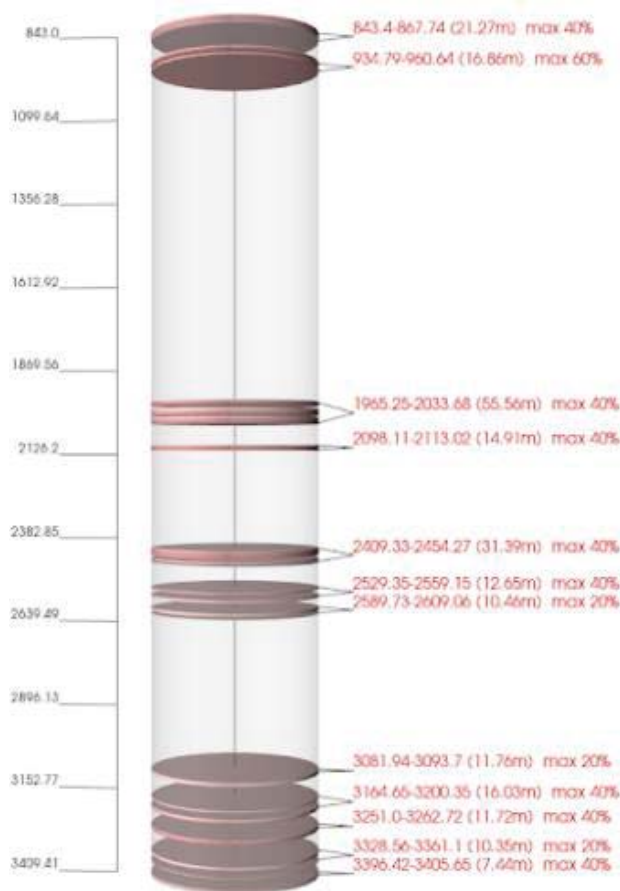


Рис. 4. Графічне зображення результатів сканування розрізу в інтервалі глибин 0,8-3500 м

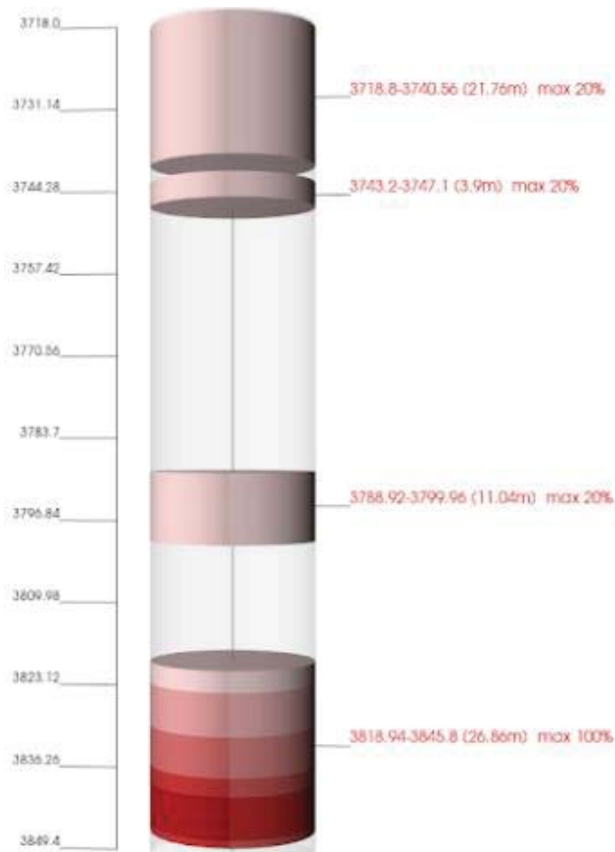


Рис. 5. Графічне зображення результатів сканування розрізу в інтервалі глибин 3500-4000 м

**Коментарі та висновки.** В тезах наведені результати інструментальних вимірювань, отримані в ході експериментальних досліджень з метою додаткової перевірки, а також удосконалення методики застосування мобільних прямопошукових методів при вирішенні різноманітних геологічних задач.

Проведені на локальній ділянці дослідження, носять рекогносцирувальний характер. На ділянці обстеження реалізовано обмежену кількість «пошукових» операцій.

На ділянці з пробуреною свердловиною скануванням розрізу з кроком 1 см визначено потужності і глибини залягання найбільш нафтонасичених пластів. У процесі детального обстеження ліцензійної ділянки зі свердловиною можна виявити вертикальний канал міграції флюїдів (нафти, конденсату, газу) у верхні горизонти розрізу, визначити глибини і потужності нафто- і газонасичених інтервалів в глибоких горизонтах розрізу.

Результати експериментальних робіт, наведених в тезах, а також в інших опублікованих статтях [1-7], виконаних з використанням розроблених вимірювальних процедур є додатковими аргументами на користь «вулканічної» моделі формування різноманітних структурних елементів та зовнішнього вигляду Землі, а також покладів горючих і рудних копалин (водню і води, зокрема).

Результати експериментальних досліджень, проведених у різних регіонах, дозволяють досить обґрунтовано стверджувати наступне.

1. В глибинних каналах (вулканах), заповнених осадовими породами 1-6 груп, майже завжди реєструються сигнали (відгуки) на резонансних частотах вуглеводнів. В дуже багатьох випадках відгуки на резонансних частотах бурштину також фіксуються в межах таких каналів.

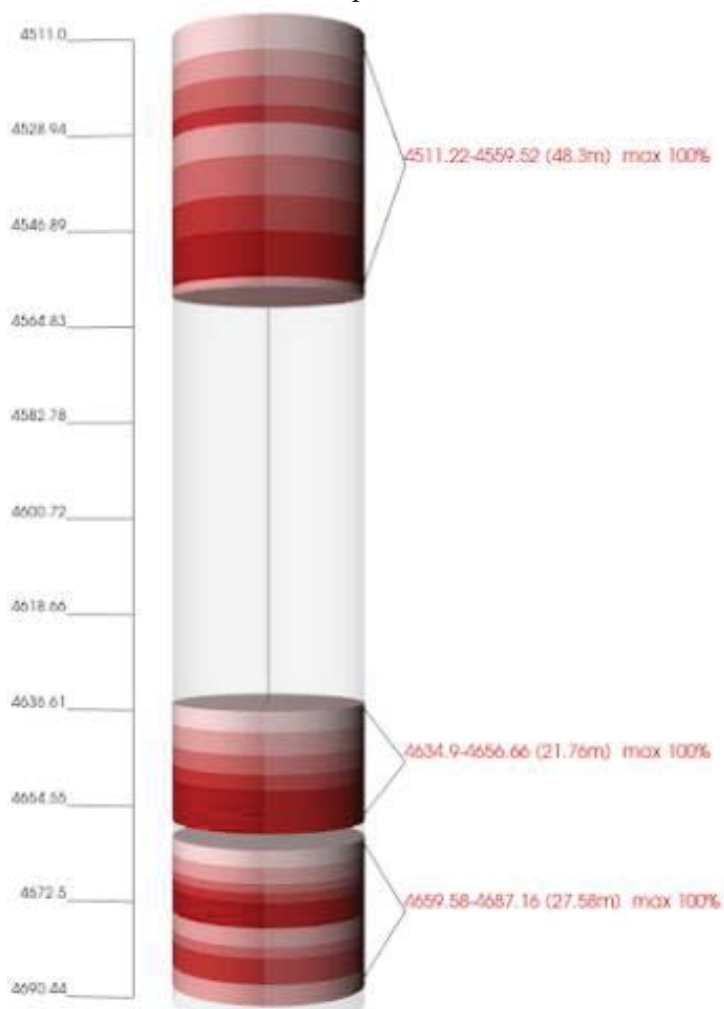
2. В вулканах, виповнених 7 групою осадових порід (карбонати, вапняки), також майже завжди реєструються сигнали на частотах нафти, конденсату і газу. Однак відгуки на частотах бурштину в таких вулканах не зафіксовані.

3. В вулканічних комплексах, виповнених осадовими породами 8-ої (доломіти), 9-ої (мергелі) і 10-ої (кременисті породи) груп, відгуки на частотах нафти, конденсату і газу ніколи не реєструвалися!

4. На обстежених ділянках, в межах яких фіксувалися сигнали ВВ, підтверджено існування межі на глибині 57 км, в районі якої синтезуються нафта, конденсат, газ і бурштин з водню і вуглецю, що мігрують знизу.

5. Отримано додаткові матеріали, що свідчать про синтез води на глибинах 68 і 69 км у вулканічних комплексах певного типу.

6. Для виявлення локальних ділянок можливого накопичення вуглеводнів в межах великих блоків необхідно провести детальні площинні дослідження.



**Рис. 6. Графічне зображення результатів сканування розрізу в інтервалі глибин 4000-5000 м**

д) визначити типи нафти і конденсату, від яких реєструються сигнали (відгуки) в інтервалах розрізу (в частотно-резонансних методах традиційно використовується 117 зразків нафти і 15 зразків газового конденсату).

В межах ділянок і блоків, перспективних для виявлення вуглеводнів, виділених на етапі інтегральної оцінки їх нафтогазоносності, можуть бути проведені детальні дослідження з використанням частотно-резонансних методів обробки супутникових знімків. Детальні дослідження дозволяють:

а) виявляти та локалізувати в межах блоків і ділянок локальні аномальні зони фіксації відгуків (сигналів) на резонансних частотах нафти, конденсату, газу;

б) в межах нанесених на карту аномальних зон, використовуючи методику вертикального сканування розрізу, визначити (і уточнити з більш дрібним кроком сканування) глибини інтервалів відгуків на резонансних частотах нафти, газу та конденсату;

в) в межах інтервалів відгуків на частотах вуглеводнів визначити типи порід-колекторів;

г) встановити, які типи порід є ущільненими (покришками) для виявлених інтервалів відгуків на резонансних частотах нафти, конденсату і газу;

На завершення ще раз зазначимо, що результати частотно-резонансної обробки супутникових знімків локальних ділянок буріння розвідувальних свердловин на шельфі та суші в різних регіонах світу досить переконливо свідчать про доцільність використання розроблених методів (в комплексі із традиційно використовуваними) для вибору оптимальних ділянок розміщення пошуково-розвідувальних свердловин. Супер-оперативний метод інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності та рудоносності дає можливість значно прискорити та оптимізувати процес пошуку горючих і рудних корисних копалин. Відпрацьовану мобільну технологію частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотографій рекомендовано використовувати на території України (а також в інших регіонах світу) з метою попередньої оцінки перспектив нафтогазоносності та рудоносності недостатньо розвіданих та нерозвіданих пошукових блоків та локальних ділянок.

#### **Список використаних джерел:**

1. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоінформатика. 2019. № 1. С. 5-27.

2. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоінформатика. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. Геоінформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоінформатика. 2020. № 1. С. 19-41, Часть IV. Геоінформатика. 2020. № 3. С. 29-62, Часть V. Геоінформатика. 2021. № 3-4. С. 51-88.

3. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Апробация прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков на известных месторождениях углеводородов в различных регионах. Геоінформатика. 2020. № 2. С. 3-38.

4. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки супутникових та фотознімків: результати використання для визначення зон міграції газу та водню на поверхню та в атмосферу. Геоінформатика, 2020, № 3, С. 3-28.

5. Якимчук М.А., Корчагін І.М. Нові свідчення на користь абіогенного генезису вуглеводнів за результатами апробації прямопошукових методів в різних регіонах світу. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2020. № 9. С. 55—62. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.09.055>

6. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Особенности глубинного строения крупных зон водородной дегазации в различных регионах земного шара по результатам частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков. Геоінформатика. 2021. № 1-2. С. 3-42.

7. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. О перспективах использования технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ при проведении профильных геоэлектрических и сейсмических исследований. Геоінформатика. 2021. № 3-4. С. 18-50.



# КРИТИЧНА СИРОВИНА: ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ



## **ОБСЯГИ НАКОПИЧЕННЯ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ У ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОМУ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОМУ БАСЕЙНІ, ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ**

*Іванов Є.А.<sup>1</sup>, д. геог. н., професор, yevhen.ivanov@lnu.edu.ua,  
Ковальчук І.П.<sup>2</sup>, д. геог. н., професор, професор, kovalchukip@ukr.net,  
Біланюк В.І.<sup>1</sup>, к. геог. н., доцент, volodymyr.bilanyuk@lnu.edu.ua,*

*1 – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна,*

*2 – Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна*

Видобування і збагачення кам'яного вугілля у Львівсько-Волинському басейні призвело до накопичення значних обсягів гірничопромислових відходів, що є цінною вторинною сировиною. Існує потреба повторного обліку обсягів гірничопромислових відходів, окреслення проблем й пошуку перспектив їх застосування у сферах господарювання. На основі аналізу топографічної інформації і космознімків з програми Google Earth Pro перераховано площі, що зайняті під териконами, відвалами і хвостосховищами, а також значення максимального перевищення об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні. Виявлено скорочення площ, що зайняті під відвалами і хвостосховищами (з 608,85 до 516,8 га), що зумовлено розбиранням перегорілих порід на різні господарські потреби. До скорочення площ відвалів призводить проведення рекультиваційних робіт на ліквідованих шахтах і спорощення складів вугілля. Максимальні площі властиві для гравітаційного відвалу і хвостосховищ ПАТ “Львівська вугільна компанія”. Максимальне перевищення гірничопромислових об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні може суттєво вирізняється та впливає на розрахунок обсягів відходів. Попри ліквідацію більшості нерентабельних вугільних шахт басейну, продовжуємо спостерігати істотне зростання обсягів накопичених відходів (з 96,22 до 122,05 млн м<sup>3</sup>), що зумовлено приростом об'ємів вуглезбагачення через низьку якість видобутого вугілля. Вивчено спектр геоecологічних проблем, що пов'язані із експлуатацією гірничопромислових об'єктів у басейні, зокрема горіння породи, розвиток небезпечних природно-антропогенних процесів і забруднення складових доквілля. Розглянуто подальші перспективи ефективного комплексного використання гірничопромислових відходів у басейні.

## **VOLUMES OF ACCUMULATION OF MINING WASTE IN THE LVIV- VOLYN COAL BASIN, PROBLEMS AND PROSPECTS OF THEIR USE**

*Ivanov Ye.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geogr.), Prof., yevhen.ivanov@lnu.edu.ua,  
Kovalchuk I.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Geogr.), Prof., kovalchukip@ukr.net,  
Bilanyuk V.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof., volodymyr.bilanyuk@lnu.edu.ua,*

*1 – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine,*

*2 – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Extraction and beneficiation of coal in the Lviv-Volyn basin has led to the accumulation of significant volumes of mining waste, which is a valuable secondary raw material. There is a need to re-account the volumes of mining waste, solve problems and find prospects for their application in the spheres of management. Based on the analysis of topographical information and space photographs from the Google Earth Pro program, the areas occupied by terrycon, dumps and tailings storage facilities, as well as the value of the maximum elevation of the objects above the level of the surrounding earth's surface, are listed. A decrease in the area occupied by dumps and tailings storages (from 608.85 to 516.8 ha) was revealed, which is due to the disassembly of burnt rocks for various economic needs. Reclamation works at liquidated mines and the emptying of coal warehouses lead to a reduction in the area of waste dumps. The maximum areas are typical for the gravity dump and tailings storage facilities of PJSC “Lviv Coal Company”. The maximum elevation of mining facilities above the level of the surrounding earth's surface can be significantly different and affect the calculation of waste volumes. Despite the liquidation of most of the unprofitable coal mines of the basin, we continue to observe a significant increase in the volume of accumulated waste (from 96.22 to 122.05 million m<sup>3</sup>), which is caused by an increase in the volume of coal beneficiation due to the low quality of mined coal. The range of geocological problems associated with the exploitation of mining facilities in the basin, in particular the burning of rock, the development of dangerous natural-anthropogenic processes and the pollution of environmental components, has been studied. Further prospects of effective integrated use of mining waste in the basin are considered.

**Вступ.** Видобування і збагачення кам'яного вугілля призводить до активізації різних небезпечних екзогенних процесів, що трансформують ландшафти у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні, незворотних змін у природному середовищі, накопичення значних обсягів гірничопромислових відходів. За останні 20–25 років



геоекологічна ситуація у басейні суттєво змінилася. У першу чергу, це пов'язано із зменшенням обсягів видобування кам'яного вугілля та закриттям нерентабельних шахтних підприємств. У межах Нововолинського гірничопромислового району (ГПР) вже ліквідовано сім з десяти шахт: № 2–8 “Нововолинські” (НВ), а нова шахта № 10 НВ – залишається недобудованою. Водночас у межах Червоноградського ГПР закрито лише п'ять шахт: № 1 “Червоноградська”, № 5 “Великомостівська” (ВМ), “Бендюзька”, “Візейська” і “Зарічна”, а “Великомостівська” і “Надія” ліквіднують вже у найближчі роки. Безперечно, із ліквідацією нерентабельних і будівництвом нових шахт пов'язані істотні, часом незворотні трансформаційні зміни у процесі накопичення гірничопромислових відходів, а також у пошуку перспектив поводження з ними [5].

Поряд як із діючими, так і ліквідованими вугільними шахтами Львівсько-Волинського басейну розміщені терикони або складні системи відвалів, які головно складені з двох породних відвалів. Здебільшого старі відвали мають конічні, зрідка конічні урізані, а нові – плоскі форми. Це зумовлено різною технологією транспортування відходів на різних етапах експлуатації шахт: на початковій – конвеєрами, а пізніше – головним чином автотранспортом, рідше канатними дорогами і конвеєрами. Відмову від використання конічних відвалів зумовлено складністю подальшого транспортування конвеєрами на віддалені від шахти ділянки та вищою інтенсивністю їхнього горіння. В межах Червоноградського ГПР існують вугільні підприємства з одним, двома або трьома відвалами. Досить часто відвали з'єднані між собою, однак на недіючих шахтах № 3 НВ і № 5 ВМ вони роз'єднані і віддалені на 50–100 м. Нові відвали відрізняються від старих й за складом літологічних відкладів, у нових – переважають вуглисті сланці, що пов'язано зі зниженням якості вугілля та низькою інтенсивністю їхнього горіння.

Загальна площа під териконами у Нововолинському ГПР становить 1,35 км<sup>2</sup>, або 1,9 % від загальної площі району. Площа зайнята териконами, відвалами, хвостосховищами і ставами-відстійниками у Червоноградському ГПР значно більша й складає 4,74 км<sup>2</sup> (7,2 %) [4]. При цьому в межах Нововолинського ГПР нараховують 26 породних відвалів, з яких 84 % є недіючими, а Червоноградського ГПР – 27 (48 %), в яких накопичено 21,02 і 35,02 млн м<sup>3</sup> промислових відходів усіх класів небезпеки [6]. Найбільші об'єкти накопичення гірничопромислових відходів у басейні пов'язані зі збагаченням кам'яного вугілля ПАТ “Львівська вугільна компанія”. Вони накопичені у гравітаційному відвалі та двох хвостосховища загальним об'ємом у понад 40,72 млн м<sup>3</sup> [15].

Більшу частину обсягів промислових відходів у басейні складають пісковики, аргіліти, алевроліти і вуглисті сланці, які належать до четвертого класу небезпеки. Поряд із цим у породну масу входять мергелі і крейда, що складають фундамент найстаріших відвалів і лише місцями виходять на денну поверхню. Екологічно небезпечними хімічними елементами (першого класу небезпеки) у породних відвалах уважають пірити і сірку, на які припадає близько 1,8–2,0 % об'єму гірничопромислових відходів [4].

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо стан накопичення гірничопромислових відходів у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні. Це запитання складне і різнобічне, яке потребує переоцінювання обсягів відходів. Слід відзначити, що існують значні розбіжності у головних показниках териконів, відвалів і хвостосховища, які у 1990–2000-і рр. подавали у ДП “Волиньвугілля” і ДП “Львіввугілля”, але на сьогодні така інформація відсутня через закриття більшості вугільних підприємств, які перестали подавати статистичну звітність щодо обсягів накопичених відходів. Водночас, не зважаючи на ліквідацію шахт обсяги відходів зменшуються через розбирання перегорілої породи на дорожньо-будівельні потреби і виготовлення шлакоблоків. Схожу ситуацію спостерігаємо зі звітністю ПАТ “Львівська вугільна компанія”, підприємства-банкрута, яке продовжує неконтрольовано розробляти відходи вуглезбагачення, що накопичені у хвостосховищах.

Інформацію про наявність гірничопромислових відходів усіх класів небезпеки у Львівсько-Волинському басейні опубліковано у монографіях [4, 11, 15, 18] і статтях [5, 11, 14 та ін.]. Однак ця інформація вже застаріла й потребує оновлення. На основі аналізу

космознімків у програмі *Google Earth Pro* перераховано площі, що займають терикони, відвали і хвостосховища, а також значення максимального перевищення гірничопромислових об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні (табл. 1). Загалом, таблицю складено на основі власних багаторічних геоекологічних досліджень із використанням фондових і статистичних джерел, що надані обласними управліннями статистики і ДП “Львіввугілля”. Для розрахунку обсягів гірничопромислових відходів внесено уточнення із врахуванням коефіцієнтів трансформацій форми рельєфу гірничопромислових об'єктів. Цей коефіцієнт від складності рельєфу відвалу чи хвостосховища змінюється від 0,55 до 0,85. Під час розрахунку варто враховувати, що гірничопромислові об'єкти закладали на корінних відкладах знімаючи верхній нестійкий шар потужністю 2–15 м. Інші підходи щодо використання ГІС-технологій в управлінні вугільними відходами подано у статті [1].

Таблиця 1

**Наявність гірничопромислових відходів усіх класів  
небезпеки у Львівсько-Волинському басейні**

Назва шахти чи вугільного підприємства	Кількість відвалів	Площа, га	Максим. перевищення, м	Обсяг відходів, млн м <sup>3</sup>
<i>Нововолинський ГПР</i>	26	109,03	–	21,64
Шахта № 1 “Нововолинська”	3	17,38	20	3,48
Шахта № 2 “Нововолинська”	2	9,13	18	1,66
Шахта № 3 “Нововолинська”	2	8,47	16	1,39
Шахта № 4 “Нововолинська”	2	7,78	24	1,84
Шахта № 5 “Нововолинська”	4	14,40	24	3,23
Шахта № 6 “Нововолинська”	2	15,34	24	3,44
Шахта № 7 “Нововолинська”	3	11,74	29	2,95
Шахта № 8 “Нововолинська”	2	2,08	15	0,29
Шахта № 9 “Нововолинська”	4	13,12	21	2,74
Шахта “Бужанська”	1	3,49	7	0,30
Шахта № 10 “Нововолинська”	1	6,10	6	0,32
<i>Червоноградський ГПР</i>	24	187,03	–	35,33
Шахта “Великомостівська”	2	9,62	12	0,88
Шахта “Бендюзька”	1	3,85	7	0,30
Шахта “Межирічанська”	3	28,57	11	3,08
Шахта “Відродження”	2	24,39	25	4,76
Шахта № 5 “Великомостівська”	3	23,04	27	4,19
Шахта “Лісова”	3	13,97	17	1,98
Шахта “Зарічна”	1	16,70	28	4,07
Шахта “Візейська”	3	12,34	33	3,51
Шахта “Надія”	2	14,53	37	4,59
Шахта “Степова”	1	15,47	22	3,37
Шахта № 1 “Червоноградська”	2	6,62	2	0,21
Шахта “Червоноградська”	1	17,93	30	4,39
<i>ПАТ “Львівська вугільна компанія”</i>	3	220,74	–	65,08
Гравітаційний відвал	1	86,38	64	48,89
Хвостосховище № 1	1	71,23	5	6,59
Хвостосховище № 2	1	63,13	12	9,60
<i>Разом</i>	53	516,8	–	122,05

Старі породні відвали у 1960–1980-их рр. сильно горіли, унаслідок чого гірські породи кристалізувалися. Інтенсивне фізичне вивітрювання призвело до утворення



численних скам'янілих метаморфізованих останців висотою до 10–25 м. У кам'яному вугіллі і промислових відходах, що піднімають на поверхню під час добування вугілля, виявлено понад 70 хімічних елементів, вміст яких, зазвичай, до 0,1 % [7]. Зазначимо, що саме у відходах міститься пірит, який швидко окислюється. У результаті цього утворюється сірчана кислота, яка знижує реакцію водних розчинів (рН) породи й інфільтратів до 2,0–3,5 [8].

Загалом, як перегорілі, так і свіжі (не горілі) породи є найбільшими накопичувачами хімічних елементів та зумовлюють утворення аномалій на поверхні відвалів. Середній вміст багатьох хімічних елементів (цинку, хрому, кобальту, миш'яку та ін.) перевищує у декілька разів ГДК, а вміст міді й нікелю, відповідно, – аж у 32 і 12 разів [8]. Одночасно максимальні рівні хімічного забруднення за багатьма шкідливими елементами вищі за ГДК у 20–200 разів [4]. Делювіальні відклади, які здебільшого змиває з породних відвалів талий і дощовий стік, зумовлюють поховання сучасних ґрунтів. Тому угіддя, розміщені поблизу відвалів вміщують засолені сульфатами горизонти на глибині понад 20–30 см. За таких умов розвиток трав'яної рослинності стає неможливим, а її відсутність є індикатором значного вмісту токсичних елементів та їхніх сполук поблизу териконів. Площі, зайняті пошкодженою або знищеною рослинністю внаслідок впливу відвалів шахт, є значними і перевищують площу териконів у три-п'ять разів [7].

Мінеральний і хімічний склад породи, нагромадженої у териконах, відвалах і хвостосховищах, впливає як на навколишнє природне середовище, так і на здоров'я мешканців вугільних районів, оскільки мікроелементи (наприклад ванадій, залізо чи мідь), що накопичені у відвалах й перевищують ГДК, утворюють сполуки, що можуть призвести до отруєння рослинного й тваринного світу та людей.

У зв'язку із кризовою геоекологічною ситуацією у Червоноградському ГПР і відсутністю додаткових площ для розміщення вуглевідходів ПАТ “Львівська вугільна компанія” у 1990-х рр. винила потреба у вийманні мулів із переповнених хвостосховищ та їхнього введення у повторну експлуатацію [3]. У 1999 р. розпочате розроблення відходів вуглезбагачення, яке з різною інтенсивністю продовжується й сьогодні. При цьому технології видобування сировини різні: на хвостосховищі № 1 – екскаваторами та автотранспортом; на хвостосховищі № 2 – земснарядом, а потім брандспойтами. Це дало змогу повністю, або частково очистити карти хвостосховищ і продовжити роботу фабрики [2]. У 2015 р. припинено перероблення і відвантаження вугілля та розпочато процедуру банкрутства ПАТ “Львівська вугільна компанія”. Однак розроблення і продаж відходів підприємства продовжено, а в останні роки активізовано. Вугільних шлаків у хвостосховищах накопичено стільки, що його вистачить на 10–15 років існування причетних до продажу осіб і фірм, навіть після повної зупинки фабрики. У 2019 р. робили спроби “реанімувати” роботу компанії за рахунок постачання російського вугілля для розубоження високозольним вугіллям Донбасу і Львівсько-Волинського басейну. Ще одна незаконна схема мала на меті знищити вугільні шахти басейну, економічно підтримувала приватні енергетичні компанії і країну-агресора.

Використання застарілих й малоефективних технологій накопичення, розроблення і транспортування гірничопромислових відходів у Львівсько-Волинському басейні, відсутність дієвого екологічного контролю, слабка реалізація рекультиваційних заходів посилює трансформацію і забруднення природного середовища довкола териконів, відвалів і хвостосховищ. Загалом проблеми антропогенізації ландшафтів, підходів оцінювання їхнього стану, пошуку діагностичних ознак виділення, моделювання екзогенних процесів розглянуто у працях [10, 17].

Загалом, економічна ефективність комплексного використання відходів у басейні можлива у різних напрямках. Передусім це й супутнє вилучення цінних компонентів (здебільшого германію), які присутні у породі відвалів і хвостосховищ. Ці гірничопромислові об'єкти є техногенними родовищами корисних копалин. Відходи вуглезбагачення у хвостосховищах придатні для спалювання у котельних установках

теплових електростанцій. Однак головно гірничопромислові відходи використовують для виробництва будівельних матеріалів чи відсіпання основ автошляхів, дамб і підтоплених ділянок. Останні два напрями мають досвід успішної реалізації, а обговорення щодо першого – періодично відновлюють, існують відповідні проекти майбутнього виконання [9].

Застосування енерго- і ресурсозберігаючих технологій видобування і збагачення кам'яного вугілля спричинить поліпшення екологічної ситуації в Україні. Новітні технології, виправдовують себе протягом стислого терміну та забезпечують ефективніший вихід кінцевого продукту у розрахунку на одиницю вихідної мінеральної сировини [13]. При цьому собівартість товарної продукції з гірничопромислових відходів значно нижче, ніж з видобутої традиційними способами мінеральної сировини. Проблеми раціонального використання мінеральних ресурсів пов'язані із запровадженням сучасних безвідходних технологій видобування кам'яного вугілля [16].

**Висновки.** На основі перерахунку площ гірничопромислових об'єктів та обсягів відходів у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні слід зробити такі висновки.

1. Виявлено загальне скорочення площ, що зайняті під відвалами і хвостосховищами – з 608,85 до 516,8 га. Це може бути пояснено точнішим визначенням площ за допомогою космознімків, а також не врахуванням складів вугілля й породи, що на сьогодні здебільшого порожні. Середня площа шахтного відвалу у Нововолинському ГПР становить 4,19 га, а в Червоноградському ГПР – 7,79 га. Найбільші площі під відходи відведені на шахтах “Межирічанській” (28,57 га), “Відродження” (24,39 га) і № 5 ВМ (23,04 га). Усі шахти розміщені у Червоноградському ГПР. Серед вугільних підприємств у Нововолинському ГПР із найбільшими плащами, що відведені під відходи виокремимо шахти № 1 НВ (17,38 га), № 6 НВ (15,34 га) і № 5 НВ (14,40 га). Зрозуміло, що максимальні площі властиві для гравітаційного відвалу (86,38 га), хвостосховищ № 1 (71,23 га) і № 2 (63,13 га) ПАТ “Львівська вугільна компанія”. Водночас зупинимося й на найменших за площею породних господарствах. Це шахти № 8 НВ (2,08 га), “Бужанська” (3,49 га) і “Бендюзька” (3,85 га).

2. Скорочення площ під відвалами зумовлено розбиранням перегорілих порід на різні господарські потреби. Найінтенсивніше процеси виймання породи спостерігаємо на відвалах шахт № 2, 8, 9 НВ, “Великомостівська” і “Бендюзька”. Ці шахти мають найкращі під’їдні шляхи і розміщені неподалік від споживача мінеральної сировини. До скорочення площ відвалів призводить проведення рекультиваційних робіт на ліквідованих вугільних шахтах.

3. Максимальне перевищення гірничопромислових об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні може суттєво вирізняється і суттєво впливає під час розрахунку обсягів відходів. Найвищим відвалом є гравітаційний відвал ПАТ “Львівська вугільна компанія”, який височіє на 64 м. Серед вугільних підприємств найвищі перевищення спостерігаємо на шахтах “Надія” (37 м), “Візейська” (33 м), “Червоноградська” (30 м) і № 7 НВ (29 м). Середні значення відносної висоти відвалів становлять: у Червоноградському ГПР – 20,9 м; у Нововолинському ГПР – 18,5 м.

4. Попри ліквідацію більшості вугільних шахт басейну, продовжуємо спостерігати істотне зростання обсягів накопичених відходів – з 96,22 (у 2007 р.) до 122,05 млн м<sup>3</sup>. Це пояснюємо інтенсивнішим приростом об'ємів відходів вуглезбагачення ПАТ “Львівська вугільна компанія” (на 24,36 млн м<sup>3</sup>, або 94,3 % від загального зростання). Якщо проаналізувати зміни ситуації для вугільних підприємств, то зрозуміло, що збільшення обсягів відходів припадає на діючі шахти: “Червоноградська” (на 2,01 млн м<sup>3</sup>), “Надія” (на 1,58 млн м<sup>3</sup>), “Відродження” (на 0,44 млн м<sup>3</sup>). Водночас, для ліквідованих шахт властиве зменшення об'ємів відходів: “Бендюзька” (на 0,60 млн м<sup>3</sup>), № 8 НВ (на 0,55 млн м<sup>3</sup>), № 3 НВ (на 0,46 млн м<sup>3</sup>), № 2 НВ (на 0,27 млн м<sup>3</sup>).

5. Сучасну геоекологічну ситуацію у басейні зумовлено продовженням накопичення гірничопромислових відходів, що призводить до забруднення атмосферного повітря, поверхневих, ґрунтових і підземних вод, ґрунтового і рослинного покривів, підвищеного

захворювання місцевого населення. Окреслено перспективи ефективного використання гірничопромислових відходів у басейні, які можливі у напрямках: супутньому вилученні цінних компонентів (германію), спалюванні збагаченої вугіллям сировини у котельних установках теплових електростанцій, виробництві будівельних матеріалів, відсіпанні основ автодоріг, дамб і підтоплених ділянок.

#### Список використаних джерел:

1. Андрейчук Ю. М., Іванов Є. А., Книш І. Б. Геоінформаційні технології в управлінні відходами вугільної промисловості. *Геоінформаційні технології у територіальному управлінні*: матер. III-ої міжнарод. наук.-практ. конф. Одеса : ОРІДУ НАДУ, 2016. С. 6–9.
2. Іванов Є. Геоекологічні проблеми використання відходів ПАТ “Львівська вугільна компанія”. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку*: матер. 77-ої Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. Переяслав, 2022. Вип. 77. С. 8–12.
3. Іванов Є. А. Еколого-ландшафтне обґрунтування можливості використання вуглевідходів ЦЗФ “Червоноградська” як альтернативного джерела енергії. *Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні*: матер. I-ої наук.-практ. конф. Львів, 2001. С. 275–280.
4. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій: монографія. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 334 с.
5. Іванов Є. А. Накопичення і використання гірничопромислових відходів у Львівській області: актуальні екологічні проблеми і шляхи їх вирішення. *Розроблення та реалізація регіональних Програм поводження з відходами: проблемні питання та кращі практики*: зб. матер. Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2020. С. 77–81.
6. Іванов Є. А. Природно-господарські системи гірничопромислових територій Західного регіону України: функціонування, моделювання, оптимізація: автореф. дисер. ... д-ра геогр. наук. Київ: ФОП Корпан Б. І., 2017. 40 с.
7. Іванов Є. А., Андрейчук Ю. М., Книш І. Б. Аналіз ландшафтно-геохімічних умов породного терикону шахти “Візейська”. *Довготермінові спостереження довкілля: досвід, проблеми, перспективи*: матер. міжнарод. наук. семін. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2019. С. 127–131.
8. Іванов Є. А., Андрейчук Ю. М., Книш І. Б. Ландшафтно-екологічні основи рекультивації породного терикону шахти “Візейська”. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування*: матер. 5-ої міжнарод. наук.-практ. конф.: у 2-ох т. Київ: ДКЗ, 2018. Т. 2. С. 68–74.
9. Іванов Є. А., Біланюк В. І. Проблеми рекультивації і ревіталізації земель, порушених гірничими роботами. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування*: матер. 4-ої міжнарод. наук.-практ. конф.: у 2-х т. Київ: ДКЗ, 2017. Т. 2. С. 257–265.
10. Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Антропогенізація ландшафтів: підходи, діагностування, моделювання. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2012. Вип. 612–613: Географія. С. 54–59.
11. Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Накопичення гірничопромислових відходів у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні: сучасний стан, проблеми і перспективи поводження. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 75–84.
12. Іванов Є., Ковальчук І., Терещук О. Геоекологія Нововолинського гірничопромислового району: монографія. Луцьк: Волин. націон. ун-тет ім. Л. Українки, 2009. 208 с.
13. Іванов Є. А., Сивий М. Я. Проблеми раціонального використання гірничопромислових відходів у контексті сталого розвитку регіонів України. *Дорожня карта реалізації Закону України “Про управління відходами”*: зб. матер. Київ: Всеукраїнська екологічна ліга, 2022. С. 158–162.

14. Ковальчук І. П., Іванов Є. А., Терещук О. С. Геоекологічна ситуація в межах Нововолинського гірничопромислового району та шляхи її покращення. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2010. № 7. С. 3–10.
15. Рудько Г. І., Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України: монографія. Київ–Чернівці: Букрек, 2019. Т. 1. 464 с.
16. Тимошенко Є. В., Іванов Є. А. Сучасні технології гірничих робіт із залишенням породи у виробленому просторі у складних гірничо-геологічних умовах України. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування*: матер. 8-ої міжнарод. наук.-практ. конф. Київ: ДКЗ, 2023. С. 397–402.
17. Denysyk H., Kanskyi V., Kanska V., Denysyk B. Anthropogenic landscapes of Ukraine and their reconstruction. *Czasopismo Geograficzne*. 2022. Vol. 93(3). P. 417–433.
18. Ivanov Ye. Formation and Development of Post-Mining Geosystems in the Lviv-Volyn Coal Basin. *Managing the Change: Tasks of Post-Mining in Ukraine* / Editors: Ch. Melchers, P. Goerke-Mallet, N. Lubenska. Bochum: Selbstverlag der Technischen Hochschule Georg Agricola, 2023. P. 153–166.



## ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМПЛЕКСНИХ РОДОВИЩ НА ПРИКЛАДІ КАПІТАНСЬКОГО РОДОВИЩА НІКЕЛЬ ХРОМІТОВИХ РУД

*Фалькович О.Л.<sup>1</sup>, к. геол. н., falkovich.oleksii@gmail.com,*

*Настенко А.О.<sup>2</sup>, аспірант, stasya0063@gmail.com,*

*1 – ТОВ «Геологічна сервісна компанія, ГСК», Київ, Україна,*

*2 – Харківський Національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна*

На прикладі Капітанського родовища розглянуто проблеми та принади комплексного освоєння рудних родовищ корисних копалин. Для видобування Капітанського родовища пропонуються два види основної корисної копалини. Перша це силікатний нікель який в основному розташований в нонтронітових корах вивітрювання, другий це хромітові руди який зосереджений в гіпербазитах однойменного масиву. Освоєння родовища припускає два варіанти розкриття та видобутку, а також в наявності два технологічних типи руд. Це все ускладнює процес освоєння об'єкту, але комплексне освоєння значно збільшує економічний ефект від видобування руд. І це не поодинокий приклад складності наших українських надр. вигідніше відпрацювати відразу кору, а потім відпрацювати кристалічні породи глибше; або є сенс забрати кору після відпрацювання рудника в кристалічних породах. Наступна проблема яку необхідно вирішувати при відпрацюванні комплексних руд з різними вміщуючими породами це різні технологічні типи збагачуваності руд. Як правило це передбачає будування окремих технологічних ліній збагачування.

Нами було розглянуто декілька варіантів отримання кінцевої продукції та отримання відповідного економічного ефекту. Так була побудована модель Капітанського родовища яка враховує видобування всіх корисних компонентів з єдиної рудної маси. вартість ресурсної бази комплексних родовищ в надрах прямо пропорційно залежить від комплексного освоєння та отримання кінцевої продукції максимальної переробки.

## PECULIARITIES OF EXPLOITATION OF COMPLEX DEPOSITS ON THE EXAMPLE OF THE KAPITANSKY DEPOSIT OF NICKEL CHROMITE ORES

*Falkovich O.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), falkovich.oleksii@gmail.com,*

*Nastenko A.<sup>2</sup>, postgraduate, stasya0063@gmail.com,*

*1 – Geological Service Company LLC, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Kharkov National University named after V. N. Karazin, Kharkov, Ukraine*

On the example of the Kapitansky deposit, the problems and benefits of complex development of ore deposits of minerals are considered. Two types of the main mineral are proposed for the extraction of the Kapitansky deposit. The first is silicate nickel, which is mainly located in nontronitic crusts of weathering, the second is chromite ores, which is concentrated in hyperbasite of the massif of the same name. The development of the deposit involves two options for opening and extraction, as well as the availability of two technological types of ores. All this complicates the process of object development, but complex development significantly increases the economic effect of ore extraction. And this is not an isolated example of the complexity of our Ukrainian bowels. it is more profitable to work the crust immediately, and then to work the crystalline rocks deeper; or it makes sense to take the bark after working out the mine in crystalline rocks. The next problem that needs to be solved when processing complex ores with different host rocks is different technological types of ore beneficiation. As a rule, this involves the construction of separate technological enrichment lines.

We considered several options for obtaining final products and obtaining the appropriate economic effect. This is how the model of the Kapitansky deposit was built, which takes into account the extraction of all useful components from a single ore mass. the value of the resource base of complex deposits in the subsoil directly proportionally depends on complex development and obtaining final products of maximum processing.

Гірничозбагачувальні підприємства вважають комплексні родовища не дуже привабливими для експлуатації. І це завдяки тому що це потребує різних підходів, як в видобуванні, так і в збагаченні комплексних руд.

Так, на прикладі Капітанського родовища для видобування пропонуються два види основної корисної копалини. Перший це силікатний нікель, який в основному, розташований в нонтронітових корах вивітрювання, другий це хромітові руди, які зосереджені в гіпербазитах однойменного масиву.

Таким чином, освоєння родовища припускає два варіанти розкриття та видобутку, а також в наявності два технологічних типи руд. Це все ускладнює процес освоєння об'єкту, але комплексне освоєння значно збільшує економічний ефект від видобування руд. І це не

поодинокий приклад складності наших українських надр. Таким чином наші родовища необхідно в першу чергу розглядати в комплексному освоєнні.

В адміністративному відношенні Капітанське родовище хромових руд розташоване на орних землях Капітанської сільської ради та частково під селом Капітанка Голованівського району Кропивницької області. В 1,5 км на південний схід від родовища знаходиться ТОВ «Побузький феронікелевий комбінат» із добре розвинутою інфраструктурою (рис. 1). Останні довоєнні роки комбінат працював на закордонній сировині. В свій час були відпрацьовані два невеликих родовища силікатного нікелю в корах вивітрювання, а хромітові руди взагалі не були відпрацьовані.

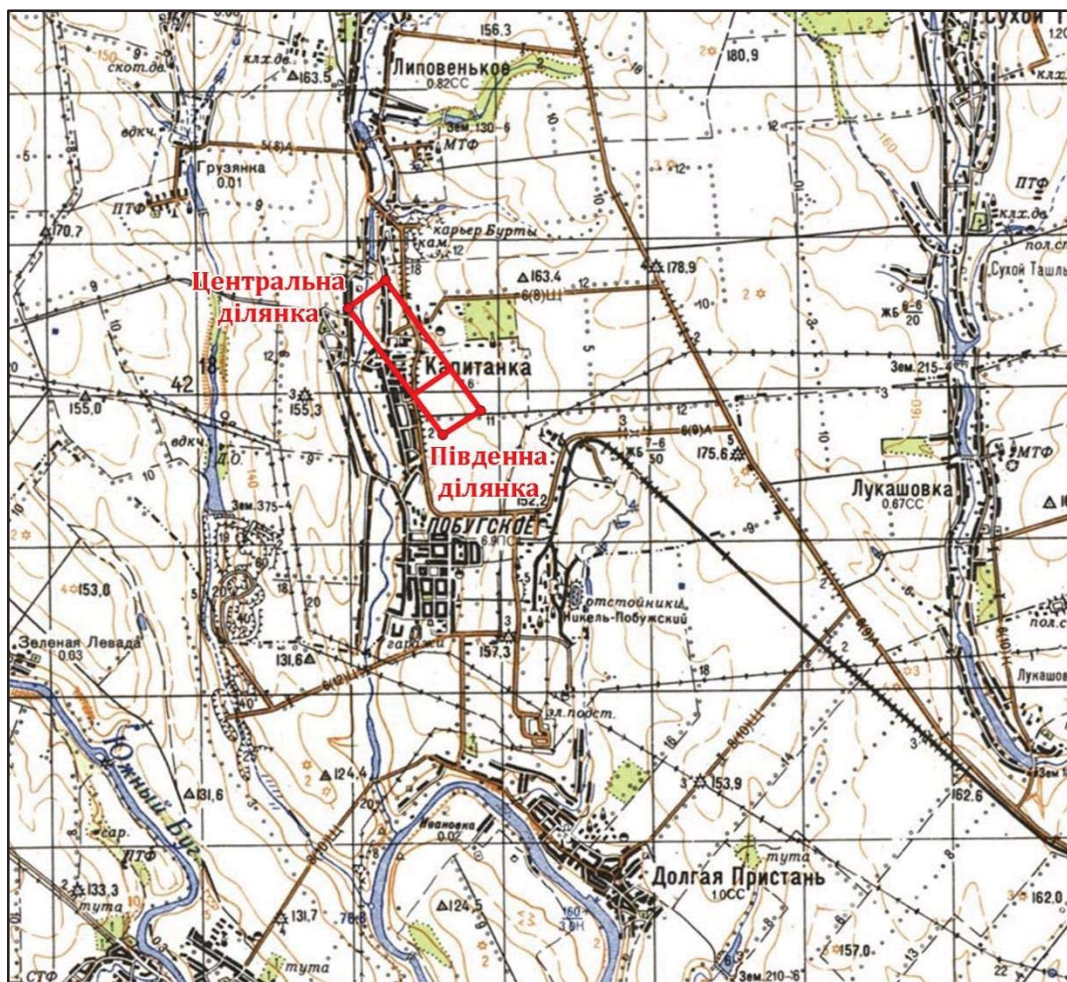


Рис. 1. Оглядова карта району Капітанського родовища (Центральна та Південна ділянки)  
Масштаб 1:100 000

Нікелеве зруденіння в корах вивітрювання представлено нонтронітовими корами з складною морфологією. Потужність кори вивітрювання в межах родовища коливається від 10 до 20 м. Поблизу західного контакту ультрабазитів з силіманіт-кордієритовими гнейсами кора вивітрювання досягає 120 м (центральна частина родовища) – 270 м (південна частина родовища), утворює так звані кишенькоподібні-каньйоноподібні заглиблення, виповнені вохрами, нонтронітами і бурими залізняками і є лінійною корою вивітрювання.

1. Верхній шар потужністю 2-3 м складений бейделіт-каоліновими глинами строкатого вохристо-зеленого кольору. Вміст Ni складає 0,1-0,2 %.

2. Нижче залягає дуже невитриманий горизонт вохр і щільних бурих залізняків, потужність яких змінюється від 0 до 25 м. Бурі залізняки і вохри, як правило мають промислові вмісти нікелю, утворюють комплексні залізо-нікелеві руди. Вохриста зона містить в середньому 0,6 % нікелю, 0,04 % кобальту і 41,7 % заліза.

3. Донизу залізняки поступово змінюються нонтронітами, що представляють собою рудний шар потужністю від кількох до 30-40 м, найчастіше 10-15 м. Нонтроніти і обохрені нонтроніти утворюють суцільний горизонт на усій площі поширення серпентинітів.



Ободрення нонтроніту обумовлене розкладанням його з виділенням гідроокисів заліза. Зона вохристих буро-зеленкуватих нонтронітів має середню потужність її 7,0 м, середній вміст нікелю 0,65 %, кобальту 0,03 %, заліза 29 %. Ця зона, як правило, повністю входить в промислові рудні поклади.

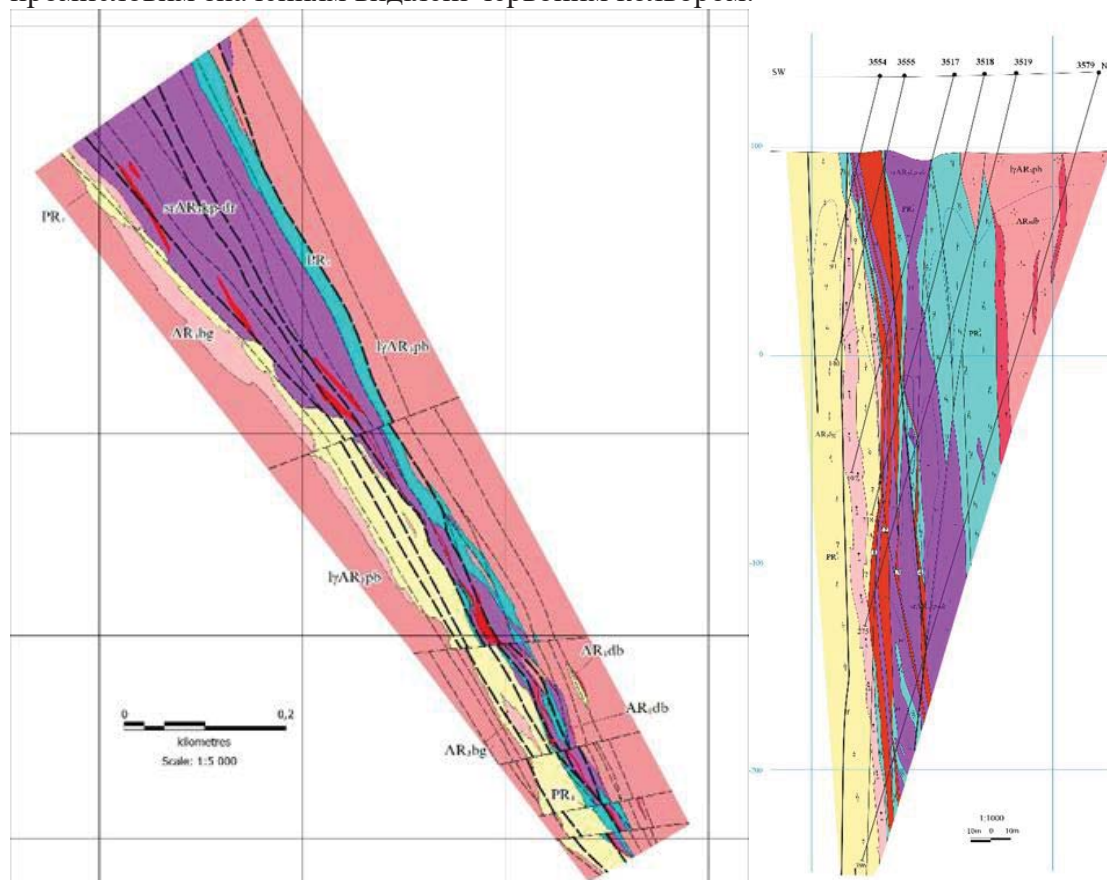
Тіла хромових руд представлені жилами складної морфології і невтриманої потужності. Крім того, з корою вивітрювання ультраосновних порід пов'язані силікатні нікелеві руди потужністю від 1 до 50 м із середнім вмістом нікелю 0,99 %.

Промислові хромові руди представлені 2 типами: суцільні, які не потребують збагачення (біля 20 % загальних запасів), і густовкраплені, які потребують збагачення (80 % розвіданих запасів). За вмістом  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  виділяються хромові руди: бідні – 6-15 %; вкраплені – 15-29 %; густовкраплені – 29-30 %; масивні або суцільні – 40-45 %.

Руди верхніх горизонтів родовища, які складають близько 35 % запасів суцільних і близько 40 % густовкраплених руд, залягають у корі вивітрювання і перетворені в пухкі (порошкові) різновиди. Вміст  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в суцільних рудах змінюється по рудних тілах від 36,1 до 42,7 %,  $\text{SiO}_2$  присутній в них від 4,3 до 7,7 %. В густовкраплених рудах середній вміст змінюється по рудних тілах в наступних межах:  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  від 24,1 до 34,6 %,  $\text{SiO}_2$  7,5 до 21,5 %. Технічним вимогам промисловості феросплавів відповідають тільки щільні суцільні руди Капітанського родовища, які відносяться до середньо залізистих марок і сортів 11-13, для яких середнє відношення  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  до  $\text{FeO}$  повинне бути в межах 2,0-2,7, при вмісті  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  34-44 %,  $\text{SiO}_2$  не більше 8,5 і  $\text{CaO}$  не більше 3,0 %.

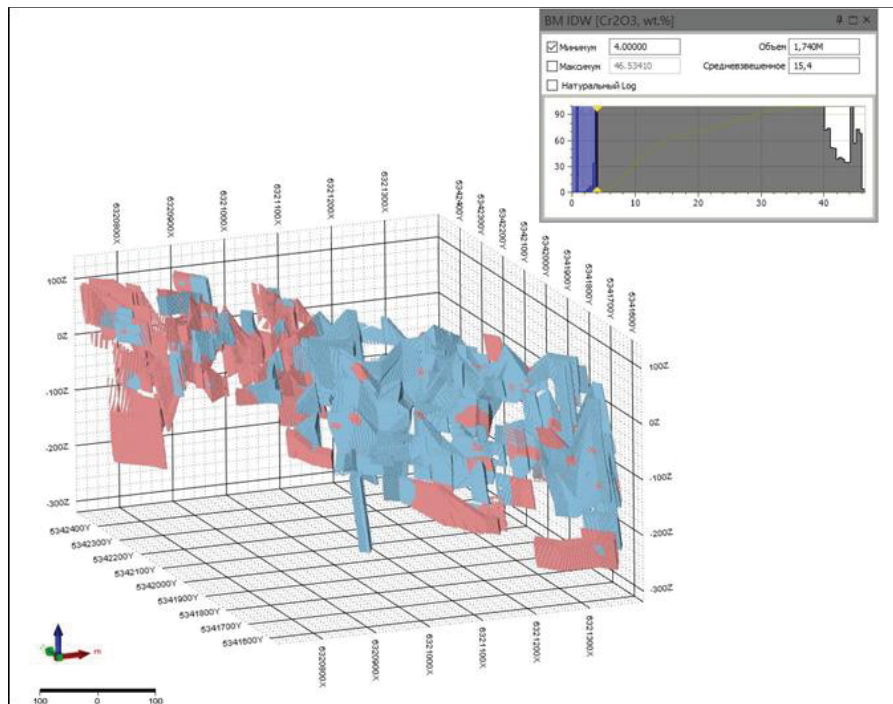
В центральній частині родовища виділяється 11 рудних тіл хрому, в південній – 4 рудних тіла хрому (які продовжують тіла центральної частини) і 3 – силікатного нікелю.

Таким чином крутопадаючі тіла хромітових руд та нонтронітова лінійна кора вивітрювання нікелевих руд передбачає підземний спосіб відпрацювання всього родовища. Нижче наведені геологічна карта та характерний геологічний розріз (рис. 2), де рудні тіла з промисловим значенням виділені червоним кольором.



**Рис. 2. Геологічна карта та геологічний розріз Капітанського родовища**

Для більш зрозумілого прийняття морфології рудних тіл хромітових руд була побудована попередня модель з бортовим вмістом  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  4% (рис. 3).



**Рис. 3. Попередня модель хромітових руд Капітанського родовища**

Враховуючи різну міцність вміщуючих порід для нікелевих та хромітових руд були запропоновані різні варіанти розкриття та відпрацювання рудних тіл.

Весь шар кори виймати і деформувати ризиковано. Під пісками потрібно буде залишити цілик 15-25 м (уточнюється геотехнічними розрахунками деформацій), щоб не деформувати піски в покрівлі. Під захистом цілика нижні близько 5-10 м з вмістом нікелю 0,8-0,99 % можна, в принципі, відпрацювати.

Запропоновано розглянути варіант відпрацювання без БВР, щоб не стрясати і не деформувати масив в покрівлі. Механізована виїмка руди або прохідницькими комбайнами, або continuous miner. Міцність порід невелика і опірність різанню теж не буде високою

Система розробки – довгими камерами чи шарами із закладкою (cut & fill) або камерно-стовпова (room & pillar) із закладанням. Геотехнікам потрібно буде розрахувати стійкість і максимальне відслонення

Необхідно задуматися про порядок відпрацювання родовища: вигідніше відпрацювати відразу кору, а потім відпрацювати кристалічні породи глибше; або є сенс забрати кору після відпрацювання рудника в кристалічних породах. Наскільки зрозуміло, рудник планується відпрацьовувати із закладкою. Тому вище розміщена кора вивітрювання не буде деформована, особливо, якщо залишити під нею цілик по кристалічним породам, який потім можна буде відпрацювати.

Це, звичайно, концепція, яку, потрібно буде прорахувати.

Втрати при таких системах розробки 25-40%. Залежить від розмірів ціликів. Розміри дає геотехніка.

Наступна проблема яку необхідно вирішувати при відпрацюванні комплексних руд з різними вміщуючими породами це різні технологічні типи збагачуваності руд. Як правило це передбачає будівництво окремих технологічних ліній збагачування. Так для кор вивітрювання основною операцією є відмучування глинистих мінералів та флотація, тоді як для хромітових руд це в першу чергу подрібнювання та подальше збагачення в залежності від вмісту  $Cr_2O_3$ . Це все призводить до збільшення як капітальних так експлуатаційних витрат, Але дає значний економічний ефект в отриманні кінцевих продуктів, а також що важливо до комплексного використання надр.

Нами було розглянуто декілька варіантів отримання кінцевої продукції та отримання відповідного економічного ефекту. Так була побудована модель Капітанського родовища яка враховує видобування всіх корисних компонентів з єдиної рудної маси (рис. 4). Середня вартість врахованих корисних компонентів в 1 тонні рудної маси становить 146,94 \$. При



розрахунку умовного  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ціни на нікель 15745 \$ США та кобальт 31995 \$ США застосовані станом на 20.11.2020. Ціна на  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  отримана в компанії за тону руди 270 \$ США. Розрахунок проводився на 40% руди.

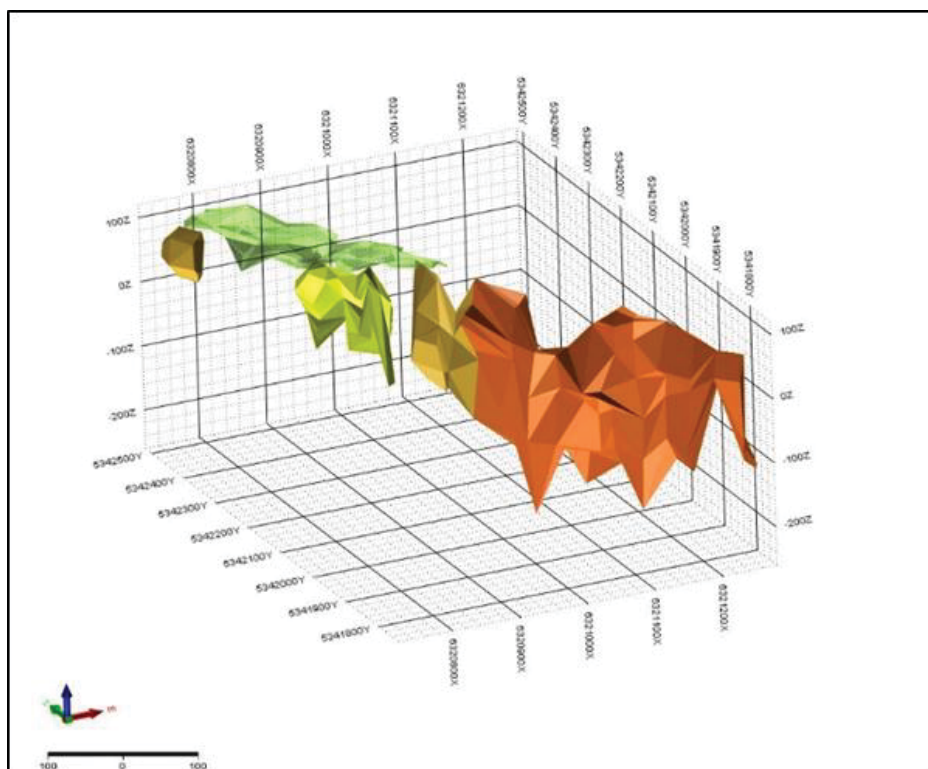


Рис. 4. Попередня тривимірна модель Капітанського родовища

Згідно виконаного моделювання була проведена попередня оцінка вартості руди в надрах всіх корисних компонентів (табл. 1).

Таблиця 1

**Вартість компонентів в надрах**

Каркаси, показники	Маса руди в тонах	$\text{Cr}_2\text{O}_3$ умовний		$\text{Cr}_2\text{O}_3$		Ni		Co	
		Вміст%	Об'єм	Вміст%	Об'єм	Вміст%	Об'єм	Вміст%	Об'єм
Оге хром умов.	3991546	20.515	818867	6.464	258023	0.546	21787	0.028	1122
Оге нікель в корах	390613	20.157	78734	4.292	16766	0.659	2575	0.011	41.4
Всього в %, тонах	5936904	21.75	1291598	7.58	450159	0.56	33331	0.023	1366.8
Ціна в тис. \$		872411.4		303857.3		524823.3		43730.8	
% участі в ціні				34.83		60.16		5.01	

Крім цього були розглянуті варіанти вартості ресурсної бази родовища у відповідності з отриманням різних кінцевих продуктів (табл. 2-4).

Таблиця 2

**Варіант з отриманням хромітового концентрату та нікелю і кобальту**

	Запаси	Ціна \$/т	Цінність компонентів в надрах Ціна×Тонаж, М\$	Вартість ресурсів \$М (с коеф.)
концентрат $\text{Cr}_2\text{O}_3$	1632.65	270	440.82	324.44
Ni	33.3	17520.0	583.96	429.79
Co	1.4	37995.0	51.93	38.22
<b>Сума</b>			<b>1076.71</b>	<b>792.46</b>

Вартість ресурсної бази з урахуванням коефіцієнтів приведення вартості ресурсів у надрах до кінцевої товарної продукції:

$K_1$  – вихід товарної продукції із кількості руди = 27.25%

$K_2$  – облік геологічних ризиків = 0.9-0.92

$K_3$  – облік втрат при видобутку та переробці = 0.8

Таблиця 3

**Варіант з отриманням ферохрому, нікелю та кобальту**

	Запаси	Ціна \$/т	Цінність компонентів в надрах Ціна×Тонаж, М\$	Вартість ресурсів \$М (с коеф.)
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	450.16	2200.00	990.35	728.90
Ni	33.33	17520.00	583.96	429.79
Co	1.37	37995.00	51.93	38.22
<b>Сума</b>			<b>1626.24</b>	<b>1196.91</b>

Вартість ресурсної бази з урахуванням коефіцієнтів приведення вартості ресурсів у надрах до кінцевої товарної продукції:

$K_1$  – вихід товарної продукції із кількості руди = 16.2%

$K_2$  – облік геологічних ризиків = 0.9-0.92

$K_3$  – облік втрат при видобутку та переробці = 0.8

Таблиця 4

**Варіант з отриманням металевого хрому, нікелю і кобальту**

	Запаси	Ціна \$/т	Цінність компонентів в надрах Ціна×Тонаж, М\$	Вартість запасів и ресурсів \$М (с коеф.)
Cr	306.11	11000.00	3367.19	2478.25
Ni	33.33	17520.00	583.96	429.79
Co	1.37	37995.00	51.93	38.22
<b>Сума</b>			<b>4003.08</b>	<b>2946.27</b>

Вартість ресурсної бази з урахуванням коефіцієнтів приведення вартості ресурсів у надрах до кінцевої товарної продукції:

$K_1$  – вихід товарної продукції із всієї кількості металу = 16.2%

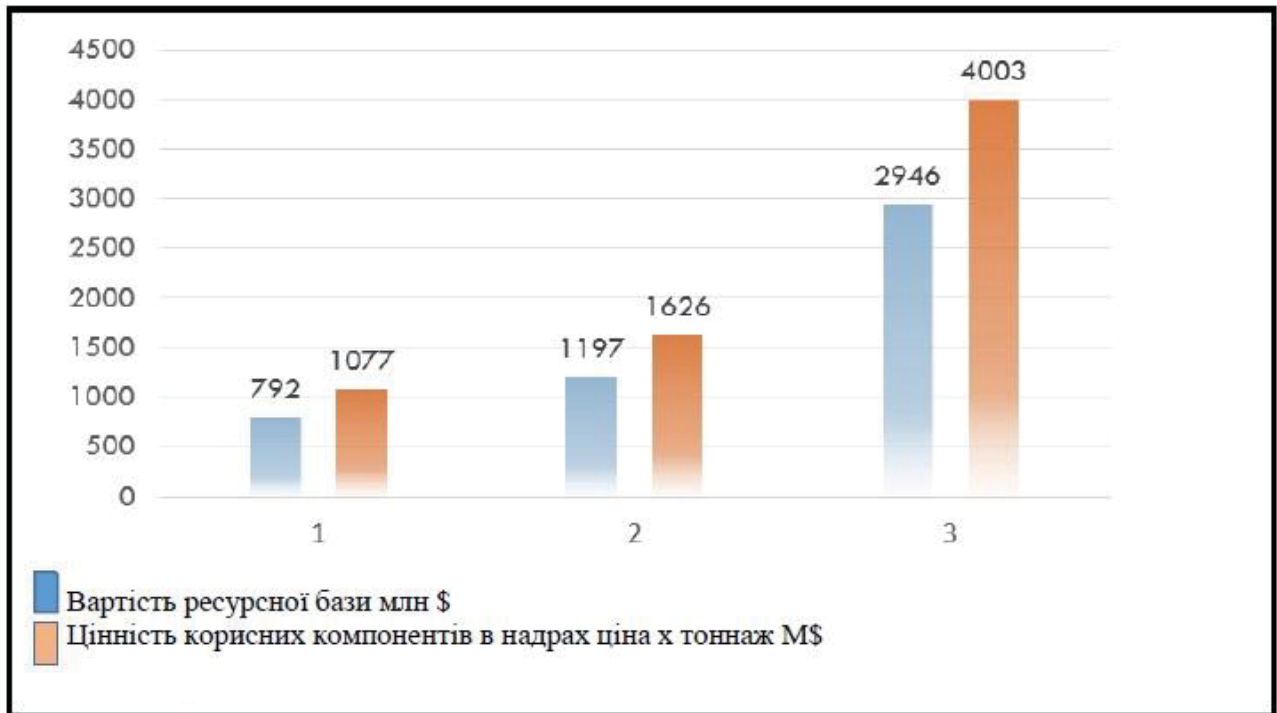
$K_2$  – облік геологічних ризиків = 0.9-0.92

$K_3$  – облік втрат при видобутку та переробці = 0.8

Таким чином вартість ресурсної бази комплексних родовищ в надрах прямо пропорційно залежить від комплексного освоєння та отримання кінцевої продукції максимальної переробки.

Нижче наведено співставлення різних варіантів отримання кінцевої продукції та вартісної оцінки ресурсної бази (рис. 5).

Таким чином можна констатувати, що для комплексних родовищ вигідно економічно відпрацьовувати всі види корисних компонентів з отриманням продукції глибокої переробки незважаючи на збільшення капітальних та експлуатаційних витрат. Так при відпрацюванні тільки однієї основної корисної копалини такі родовища знаходяться на кордоні рентабельності, не кажучи вже за раціональне використання надр, що передбачено діючою законодавчою базою.



**Рис. 5. Співставлення варіантів вартості ресурсної бази від отримання різної кінцевої продукції**

**Список використаних джерел:**

Закон України Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року// <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17#Text>

Клочков В.М., Шевченко О.М., Клочков С.В., Белєвцева М.Р. Геологічна карта основних структурних поверхів України. Масштаб 1:1 000 000. – Київ, 2015

Павлюк В.М. Попередня геолого-економічна оцінка Капітанського родовища хромових руд у Кіровоградській області (станом на 01.01.2019 р.). Київ, 2018.

Critical raw materials// [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en)

Australian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. – Joint Ore Reserves Committee, 2012. – 44 p.

## CONTRIBUTION OF UKRAINE'S RAW MATERIAL BASE TO THE DEVELOPMENT OF CLEAN AND RENEWABLE TECHNOLOGIES

*Pashchenko O., pashchenko.o.a@nmu.one,*

*Khomenko V., homenko.v.l@nmu.one,*

*Voita M., voita.m.o@nmu.one,*

*Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine*

This article examines the crucial role of Ukraine's raw material base in advancing clean and renewable technologies. It highlights the significance of essential resources such as lithium, nickel, titanium, and rare earth metals, which are vital for producing components in renewable energy systems like solar panels and wind turbines.

The discussion includes the importance of these resources for Ukraine's domestic market and their export potential, positioning the country as a key player in the global transition to renewable energy. However, the article also addresses challenges such as environmental and social risks, infrastructure limitations, and regulatory hurdles that hinder effective resource utilization.

The prospects for improvement are explored, focusing on advancements in extraction and processing technologies, as well as the importance of state and private initiatives and international cooperation.

In conclusion, the article evaluates Ukraine's potential contributions to the renewable energy sector and offers recommendations for maximizing resource utilization. It emphasizes the need for sustainable practices and collaboration to facilitate a responsible transition to a greener economy, underscoring the intersection of raw material management and renewable energy development.

**Introduction.** The global transition to clean technologies and renewable energy sources has become an urgent necessity in light of environmental degradation, climate change, and the growing depletion of traditional fossil fuels. Nations around the world are intensifying efforts to reduce carbon emissions and adopt sustainable energy practices, leading to a surge in demand for critical raw materials essential for green technologies. Ukraine, with its rich and diverse raw material base, is well-positioned to play a significant role in this transition. The country's vast reserves of minerals like lithium, cobalt, and nickel, which are crucial for renewable energy technologies such as solar panels, wind turbines, and electric vehicles, present unique opportunities for both economic development and environmental sustainability.

This article aims to assess and highlight the contribution of Ukraine's raw material base in supporting the global shift towards clean technologies and renewable energy sources. By analyzing the country's mineral resources and their potential, the article will provide insights into how Ukraine can leverage its natural wealth to foster the development of green technologies and facilitate its own energy transition.

Research tasks:

Analyze the key raw materials available in Ukraine that are critical for the development of renewable energy technologies.

Investigate how Ukraine's raw material base supports the global green economy, particularly in the production of clean technologies.

Discuss the future opportunities and challenges for Ukraine in contributing to the global transition towards renewable energy, focusing on policy, investment, and environmental considerations.

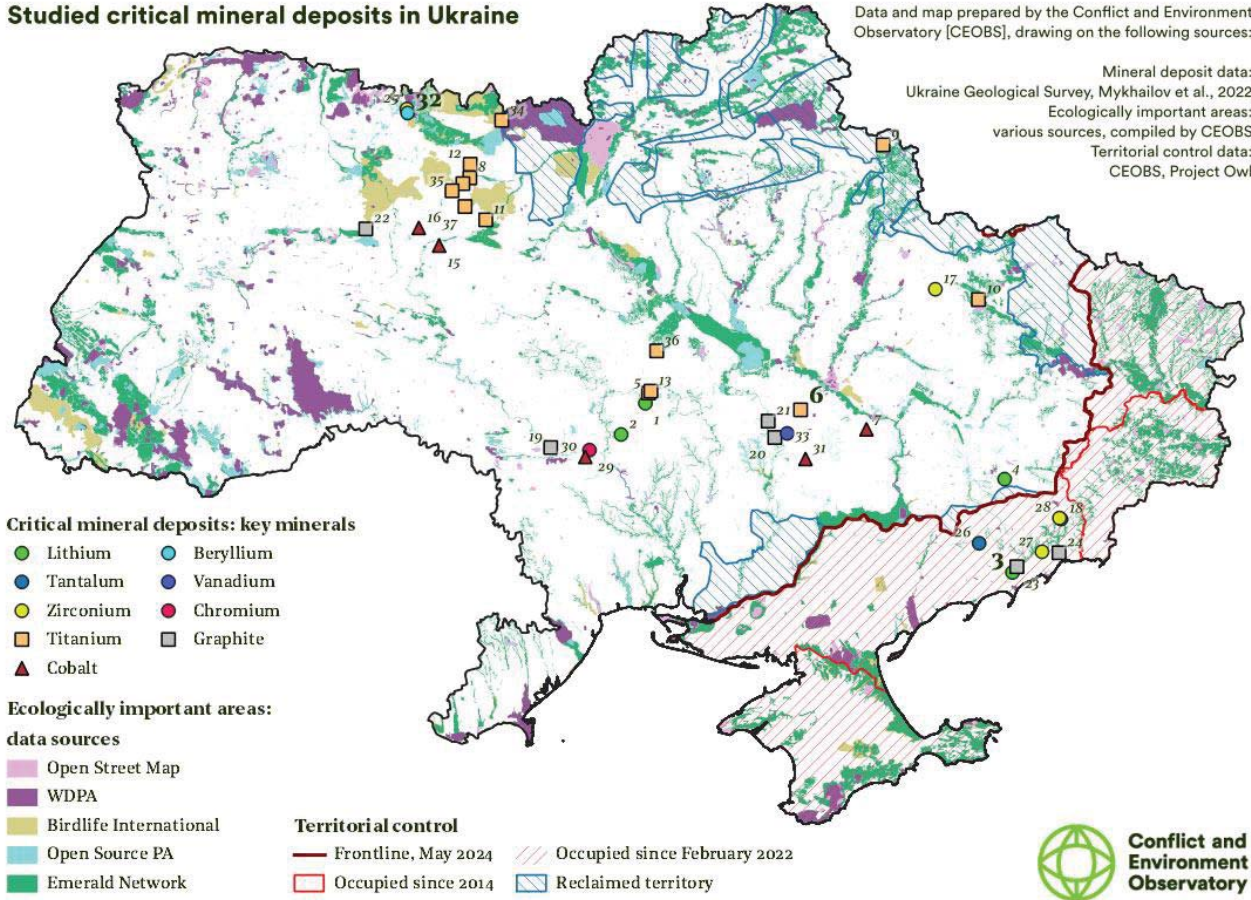
**Main material.** Ukraine is home to a vast array of critical raw materials that are essential for the development of clean and renewable energy technologies (fig. 1). These resources, which include lithium, nickel, titanium, and various rare metals, have significant potential to support the global green economy. As renewable energy becomes the cornerstone of modern energy systems, these materials are indispensable for the production of technologies such as solar panels, wind turbines, and batteries for energy storage.

Ukraine has large lithium reserves, which are crucial for manufacturing lithium-ion batteries, a key component in electric vehicles (EVs) and renewable energy storage solutions. The rising demand for EVs and grid-scale energy storage makes lithium one of the most sought-after resources worldwide. Ukraine's lithium deposits, particularly in the Donetsk and Kirovohrad regions, position it as a potentially strategic supplier for Europe's transition to cleaner energy.



Nickel is vital for producing high-performance batteries and components used in electric vehicles and renewable energy systems. Ukraine has substantial nickel reserves, which are essential for making battery cathodes that improve energy density and performance in EVs and other renewable technologies.

**Studied critical mineral deposits in Ukraine**



**Fig. 1. Studied critical mineral deposits in Ukraine [1]**

Known for its strength and lightweight properties, titanium is used in wind turbine blades and other components of clean technology infrastructure. Ukraine is one of the world's largest producers of titanium, and its reserves are integral for the production of strong yet lightweight materials necessary for renewable energy systems, including aerospace applications linked to cleaner transportation methods.

Ukraine also holds rare earth elements and metals like gallium and indium, which are critical in the production of solar panels, photovoltaic cells, and semiconductors. These materials are indispensable in the development of efficient, low-carbon energy sources and play a major role in the advancement of solar energy technologies.

Ukraine’s raw material base plays a pivotal role in supporting the global clean energy transition. These critical resources contribute to the production of the key components necessary for renewable energy technologies:

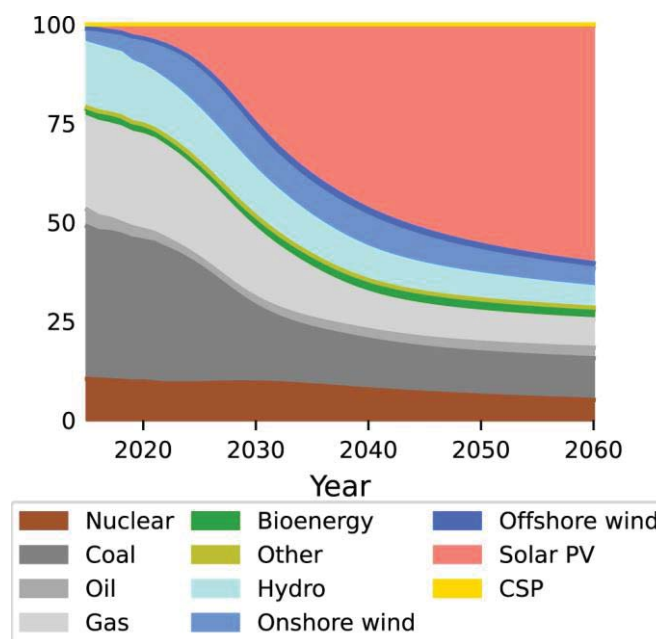
- Rare metals such as gallium and indium are crucial for the efficient functioning of photovoltaic cells in solar panels. Ukraine’s deposits of these materials enable the manufacturing of high-efficiency solar technology, which is a major pillar of global renewable energy systems.
- Titanium and rare earth elements are used in the production of wind turbines. Ukraine’s titanium reserves contribute to the production of strong and durable turbine blades, while rare earth elements are used in turbine generators to convert wind into electricity.

- Lithium and nickel are key to the development of energy storage systems and electric vehicles. With global demand for clean energy storage rapidly increasing, Ukraine's lithium and nickel reserves are essential for the production of batteries that power both renewable energy systems and EVs.

**Research and Discussion.** Ukraine's rich deposits of critical raw materials - such as lithium, nickel, titanium, and rare metals - position the country as a key player in the green energy transition, both domestically and globally. These resources are essential for the development of clean technologies, which are at the heart of efforts to reduce carbon emissions and promote sustainability.

As Ukraine looks to modernize its economy and transition toward more sustainable energy systems, the role of its raw materials is becoming increasingly significant. The development of clean technologies, such as solar energy, wind power, and electric vehicles (EVs), depends heavily on a steady supply of these critical resources. By harnessing its own raw material base, Ukraine can reduce reliance on imported components, foster local industries, and accelerate its transition to renewable energy sources.

The increasing demand for energy storage solutions (fig. 2), particularly in renewable energy systems and electric vehicles, places Ukraine's lithium and nickel reserves at the forefront of domestic green technology development. By capitalizing on its own resources, Ukraine can stimulate local production of batteries, reducing costs and driving growth in the domestic renewable energy sector.



**Fig. 2. Worldwide share in electricity production of various technologies [2]**

Wind turbines, solar panels, and other renewable energy infrastructure rely on materials like titanium and rare earth elements, which are abundant in Ukraine. Using domestic resources will help Ukraine build its clean technology infrastructure more affordably, while also creating jobs in mining and manufacturing sectors.

Investing in local clean technology development using domestic resources not only boosts energy security but also strengthens Ukraine's role in the global green economy. By processing and refining its raw materials domestically, Ukraine can foster industries focused on high-tech, sustainable products and services, further advancing its position in the transition to green energy.

While Ukraine's rich raw material base presents a significant opportunity for the development of clean and renewable technologies, several challenges must be addressed to ensure sustainable and efficient utilization of these resources. These challenges span environmental, technological, and regulatory domains, and overcoming them is crucial for Ukraine to fully realize its potential in the global green economy.

The extraction of critical raw materials, such as lithium, nickel, and titanium, comes with inherent environmental and social risks. Mining activities often lead to significant environmental degradation, which can have long-lasting effects on ecosystems and local communities [3].

Mitigating these risks will require Ukraine to adopt stringent environmental regulations and promote community engagement, ensuring that mining activities are conducted in a way that balances economic growth with environmental preservation and social responsibility.

Ukraine faces significant infrastructure and technological limitations that hinder the efficient extraction and processing of its critical raw materials. While the country is rich in resources, its ability to fully capitalize on them is constrained by outdated mining infrastructure and a lack of advanced processing technologies.

Much of Ukraine's mining infrastructure relies on older, less efficient technologies that are not suited for the high-volume extraction of critical materials like lithium and rare earth metals. This inefficiency can increase production costs, reduce profitability, and lead to higher environmental impact due to less efficient resource use.

Extracting raw materials is only one part of the equation; processing them into usable forms for clean technologies (such as refining lithium for batteries) requires advanced technological capabilities that Ukraine currently lacks. Without significant investment in these areas, Ukraine may remain dependent on foreign processing, limiting the added value from its resource exports.

Addressing these challenges will require substantial investment in modernizing mining technologies and developing domestic processing capabilities. This will not only improve resource extraction efficiency but also allow Ukraine to move up the value chain by exporting processed materials rather than raw commodities.

Ukraine's current legislative and regulatory framework presents several obstacles to the effective and sustainable exploitation of its raw material base. These challenges stem from outdated laws, bureaucratic inefficiencies, and gaps in regulations related to environmental protection and sustainable mining practices.

To overcome these legislative and regulatory challenges, Ukraine needs to reform its mining laws, streamline the permitting process, and enforce stricter environmental and social protections. By creating a more transparent and efficient regulatory environment, Ukraine can attract greater investment in its raw materials sector while ensuring that extraction activities are conducted responsibly.

The utilization of Ukraine's raw material base for the development of clean and renewable technologies faces several critical challenges. Addressing the environmental and social risks of extraction, overcoming infrastructure and technological barriers, and reforming the legislative framework are all essential steps in ensuring that Ukraine's rich resource potential can be harnessed sustainably. Solving these challenges will not only enable Ukraine to support its own green economy but also strengthen its position as a key supplier of critical raw materials for the global energy transition [4].

**Results.** Ukraine holds significant potential in contributing to the global green economy, thanks to its vast reserves of critical raw materials essential for clean technologies. However, to unlock this potential, it is crucial to enhance technological processes, encourage both state and private sector involvement, and foster international cooperation. These factors collectively will shape Ukraine's ability to contribute effectively to the development of clean technologies and renewable energy sources.

To fully leverage Ukraine's rich deposits of lithium, titanium, and rare earth metals, the country must focus on improving its extraction and processing technologies. Modernizing these processes is essential for reducing environmental impacts and enhancing the sustainability of resource utilization.

- Developing new, more sustainable methods of extracting raw materials can significantly reduce the negative effects on ecosystems and local communities. Innovations such as bioleaching, where microorganisms are used to extract metals from ores, offer promising solutions that are less harmful to the environment compared to traditional mining practices.



- In addition to sustainable extraction, improving the processing of raw materials into usable forms for technologies like solar panels, wind turbines, and electric vehicle batteries is critical. Investment in advanced refining and production technologies will ensure that Ukraine can move beyond raw material exports to supply higher-value, processed products for the green economy.

- Incorporating digital technologies and automation in mining and processing can increase efficiency, reduce waste, and optimize resource use. This shift will not only improve environmental outcomes but also make Ukraine's mining sector more competitive globally.

The development of Ukraine's raw material base requires a coordinated effort between the government and private sector to provide the necessary infrastructure, investment, and policy framework.

- The Ukrainian government has a crucial role to play in fostering an environment conducive to sustainable mining. This includes offering incentives for the adoption of green technologies in the extraction and processing of critical materials, implementing environmental regulations, and providing financial support for research and development in clean technology applications.

- Ukrainian and international companies are key drivers of innovation and technological advancement in the mining sector. Private investment in clean mining technologies, as well as partnerships with universities and research institutions, can lead to breakthroughs that minimize environmental impact while maximizing output and efficiency. Programs like public-private partnerships (PPP) can stimulate growth in critical material production while ensuring sustainable practices.

- Engaging the public and local communities in these initiatives is vital for maintaining social license to operate. Ensuring that local populations benefit from the economic opportunities brought by resource extraction, while minimizing disruptions to their lives, will be key for the long-term sustainability of the mining sector in Ukraine.

International partnerships are essential for accelerating the development of Ukraine's raw material base and positioning the country as a global leader in supplying critical materials for clean technologies.

- Ukraine's geopolitical position and rich resource deposits make it an attractive partner for countries in the European Union and North America, particularly as these regions seek to reduce dependence on non-renewable energy sources. Collaborative agreements focused on resource extraction, technology transfer, and investment can provide Ukraine with the technical expertise, capital, and market access needed to scale its production of critical materials.

- Ukraine has the potential to become a significant player in global supply chains for clean technologies by supplying raw materials to manufacturers of solar panels, wind turbines, and electric vehicle batteries. Integrating Ukrainian resources into international supply chains will require collaboration with multinational companies and participation in global sustainability initiatives aimed at responsible sourcing of critical materials.

- Cooperation with global organizations and adhering to international environmental and social governance (ESG) standards will be crucial for Ukraine's reputation as a responsible supplier. Aligning with international best practices in mining and processing will make Ukrainian materials more attractive to foreign buyers, ensuring that the country becomes a key player in the global green economy.

Ukraine's raw material base plays a pivotal role in supporting the country's renewable energy initiatives. By leveraging its vast resources, Ukraine has embarked on various projects aimed at enhancing energy sustainability and reducing reliance on fossil fuels. This section will explore notable Ukrainian projects in wind, solar, and other renewable energy sectors while providing a comparative analysis of Ukraine's raw material base in relation to other countries.

When comparing Ukraine's raw material base and its contributions to renewable energy development with other countries, several key points emerge:



1. Ukraine is rich in various minerals and raw materials critical for renewable energy technologies, such as lithium, titanium, and rare earth metals. Countries like China and Australia dominate the global supply of these resources, but Ukraine's potential for local production can create a competitive edge, especially for European markets seeking to diversify their supply chains.

2. While countries like Germany and Denmark have made significant investments in renewable technologies and infrastructure, Ukraine is catching up quickly. The support from international investors and organizations, alongside domestic policies encouraging renewable energy, positions Ukraine favorably to enhance its renewable energy capacity. However, it still lags in terms of infrastructure development and technology adoption compared to these frontrunners.

3. Nations such as Sweden and Finland have established comprehensive policy frameworks that support the transition to renewable energy through incentives and subsidies. Ukraine is in the process of implementing similar measures, yet ongoing political and economic challenges may hinder swift progress.

4. According to the International Renewable Energy Agency (IRENA), Ukraine has significant potential for both wind and solar energy, like countries like Spain and Italy. However, the effective realization of this potential depends on the continuous development of its raw material base, investments in technology, and favorable regulatory conditions.

**Conclusion.** Ukraine's transition to renewable energy is fundamentally supported by its rich raw material base, which includes critical resources such as lithium, nickel, titanium, and rare earth metals. These materials are essential for developing clean technologies like solar panels, batteries, and wind turbines. The assessment of Ukraine's potential indicates that the country possesses significant opportunities to enhance its role in the global renewable energy market while simultaneously addressing domestic energy needs.

The contribution of Ukrainian resources to the renewable energy transition is multifaceted. Ukraine's strategic geographical location, combined with its abundant natural resources, positions the country as a potential hub for renewable energy production in Eastern Europe. By capitalizing on its raw material base, Ukraine can significantly reduce its dependence on fossil fuels, enhance energy security, and contribute to global sustainability efforts. The ongoing projects in wind, solar, and biomass energy exemplify how these resources can be harnessed effectively, paving the way for a greener economy.

To maximize the potential of Ukraine's raw material base in supporting the transition to renewable energy, several steps are needed at both the state and business levels:

1. The government should implement robust policies that promote renewable energy initiatives and create a favorable investment climate. This includes providing incentives for research and development, facilitating access to financing for clean technology projects, and streamlining regulatory frameworks.

2. There is a pressing need for investments in infrastructure to support the extraction, processing, and distribution of raw materials. Enhancing transport and logistics networks will be vital for ensuring that resources can be efficiently utilized in renewable energy projects.

3. Encouraging collaboration between the public sector and private enterprises can foster innovation and expedite the development of clean technologies. Joint ventures can leverage the expertise and resources of both sectors, driving efficiency and sustainability.

4. Investing in workforce training and education programs will be crucial for developing the necessary skills to support the renewable energy sector. This includes technical training for sustainable extraction methods and the operation of advanced clean technologies.

5. Establishing strict environmental regulations and best practices for resource extraction can mitigate the ecological impacts associated with mining and processing activities. This approach will ensure that Ukraine's transition to renewable energy is both sustainable and responsible.

Ukraine stands at a crossroads where its rich raw material base can significantly contribute to the global shift toward clean energy. By taking decisive action at the state and business levels, the

country can not only harness its potential but also establish itself as a key player in the renewable energy landscape, ultimately leading to a more sustainable future.

**References:**

1. CEOBS. (2023, April 19). The environmental risks from a critical minerals rush in Ukraine. Centre for Energy and Development. <https://ceobs.org/the-environmental-risks-from-a-critical-minerals-rush-in-ukraine/>
2. Nijssse, F.J.M.M., Mercure, JF., Ameli, N. et al. The momentum of the solar energy transition. *Nat Commun* 14, 6542 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41971-7>
3. IEA. (2021). The role of critical minerals in clean energy transitions. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
4. European Commission. (2020). Critical raw materials for strategic technologies and sectors in the EU. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42989>

## ІНТЕГРАЦІЯ УКРАЇНСЬКОЇ ГЕОЛОГІЧНОЇ ГАЛУЗІ У СВІТОВЕ СПІВ- ТОВАРИСТВО. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ

*Синчук В.В., v.synchuk@nucsystems.com.ua,  
Бакаржієв Ю.А., y.bakarzhiyev@nucsystems.com.ua,  
Лисенко О.А., к. геол. н., o.lysenko@nucsystems.com.ua,  
ТОВ «Атомні енергетичні системи України», м. Київ, Україна*

Проаналізовано проблемні питання стосовно впровадження міжнародних стандартів у сфері розвідки корисних копалин, підрахунку і класифікації запасів. Надано пропозиції щодо поетапного запровадження міжнародних стандартів в геологорозвідувальну практику в Україні.

## INTERGRATION OF UKRAINIAN GEOLOGICAL INDUSTRY INTO WORLD GEOLOGICAL COMMUNITY OUR CHALLENGES

*Synchuk V., v.synchuk@nucsystems.com.ua,  
Bakarzhiev Y., y.bakarzhiyev@nucsystems.com.ua,  
Lysenko A., Ph.D (Geol.), o.lysenko@nucsystems.com.ua,  
Nuclear Energy Systems of Ukraine LLC, Kiev, Ukraine*

Made the review of correlation between Ukrainian and international classifications of resources in terms of exploration, resources and reserves calculation. Made the propositions for the integration of international classifications into Ukrainian geological industry.

**Вступ.** Останніми роками Геологічна служба України проводить активну роботу щодо співробітництва України з Євросоюзом та США у сфері видобутку критичних мінералів для задоволення як власних так і потреб Євросоюзу і США.

ЄС уклав Стратегічне партнерство з сировини з наступними третіми країнами: Австралія, Аргентина, Канада, Чилі, Конго (Демократична Республіка), Гренландія, Казахстан, Намібія, Норвегія, Руанда, Україна, Узбекистан, Замбія [1].

18 липня 2024 року Україна стала членом Minerals Security Partnership (MSP) Forum [2]. MSP Forum – це нова платформа для співпраці в галузі критичної сировини (CRM), життєво важливої для зеленого та цифрового переходу.

Метою Форуму є налагодження партнерства з країнами, багатими на ресурси, і країнами з високим попитом на ці ресурси для вивчення взаємовигідних проєктів.

23 травня 2024 року набрав чинності Європейський закон про критичну мінеральну сировину [3] і спрямований на забезпечення диверсифікованого, безпечного та сталого постачання критично важливих сировинних матеріалів для промисловості ЄС. Гарантований доступ до них є необхідним для стратегічних секторів, включаючи зелені технології, цифровізацію, оборонну й аерокосмічну галузі. Зазначений закон зміцнює внутрішні потужності та консолідує сталість і циклічність ланцюжків постачання критично важливих сировинних матеріалів у ЄС, продовжуючи при цьому зусилля з їх диверсифікації.

В якості першого практичного кроку реалізації цього закону Єврокомісія відкрила прийом заяв від гірничодобувних компаній про визначення проєктів з видобутку, збагачення та переробки мінеральної сировини, які становлять спільний інтерес через їх важливість у створенні безпеки постачання сировини та функціонування внутрішнього ринку Євросоюзу та країн-партнерів [4].

«Стратегічні проєкти отримують низку стимулів для їх реалізації. Зокрема, їм буде забезпечений доступ до фінансів і механізмів зменшення ризиків для інвестування. Також компанії зможуть пройти процедуру з отримання спеціальних дозволів та пов'язаних з цим процесів в режимі онлайн і в стислі терміни, – пояснює Голова Держгеонадр Роман Опімах. Серед вимог до проєктів – оприлюднення у вільному онлайн доступі на ресурсі ЄС інформації про родовища та прояви мінеральних корисних копалин, що містять критичну сировину. Їх запаси й ресурси повинні бути оцінені за міжнародною класифікацією РК ООН». Європейський Союз та Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР) під егідою InvestEU під-

писали угоду про новий механізм залучення інвестиції обсягом близько 100 мільйонів євро для розвідки критичних мінералів, які є необхідними для здійснення цифрового та «зеленого» переходу ЄС.

Кредитна лінія використовуватиме значний досвід ЄБРР у фінансуванні гірничодобувних проєктів, а також у країнах, де працює ЄБРР за межами ЄС, охоплених програмою Horizon Europe. Серед таких країн є Україна. За даними Європейської Комісії ЄБРР планує інвестувати в 5-10 гірничодобувних компаній (малі та середні підприємства або невеликі компанії з середньою капіталізацією), які здійснюють розвідку корисних копалин, та які відповідають критеріям відбору.

В серпні 2024 року Європейська комісія отримала 170 заяв для визначення проєктів стратегічними в рамках Закону ЄС про критичну мінеральну сировину (CRMA) [5]. Крайнім строком для подання документів було визначено 22 серпня 2024 року. Проєкти охоплюють багато критично важливих сировинних матеріалів, визначених у CRMA, включаючи літій, нікель, кобальт і графіт для батарей, а також рідкісноземельні елементи для постійних магнітів. Крім того, подані заяви стосуються всіх етапів ланцюжка створення вартості: 77 заяв зосереджені на видобутку, 58 – на переробці, 30 – на переробці відходів і п'ять – на заміщенні. На сьогодні невідомо, чи були подані заяви від України.

Наступний термін прийняття заяв – 1 квартал 2025 року. На наш погляд, Україна має приймати участь в цьому проєкті і скористатися можливостями, які відкриває ініціатива Єврокомісії щодо відбору найбільш перспективних проєктів з розвідки та видобутку корисних копалин в Україні.

#### **Впровадження міжнародних стандартів в геологічну галузь**

Для подальшої успішної співпраці з Євросоюзом і США вкрай важливим є впровадження західних стандартів у сфері розвідки корисних копалин, підрахунку і класифікації запасів. Ця доповідь спрямована на аналіз найбільш принципових розбіжностей між західними та українськими стандартами.

Згідно до вимог Євросоюзу запаси й ресурси повинні бути оцінені за міжнародною класифікацією РКООН [6]. Терміни «запаси» і «ресурси» є базовими у геологорозвідувальній сфері України, однак цього не можна сказати про Рамкову класифікацію викопних енергетичних та мінеральних запасів і ресурсів Організації Об'єднаних Націй 2009 року (РКООН-2009), у якій ці терміни відсутні. *(Значення термінів «ресурс» та «ресурси» не визначаються в РКООН, оскільки в різних секторах існують особливі визначення, що відрізняються один від одного. Тут ці терміни використовуються виключно у загальному значенні).* Таким чином, для ефективного використання механізмів Євросоюзу для залучення інвестицій в геологорозвідку та видобуток корисних копалин в Україні необхідно обґрунтовано перевести категорії запасів і ресурсів, які діють в Україні, в стандарти РКООН.

На наш погляд, для цього доцільно використати стандарти комерційних кодексів типу JORC або NI 43-101. У цих кодексах детально прописані критерії, за якими концентрація або залягання твердої корисної копалини, що представляє економічний інтерес, в земній корі відносяться до запасів або ресурсів, які, в свою чергу, відносяться до різних категорій вивченості. Також ці кодекси є найбільш поширеними у світі і є неодмінною складовою пакету документів для інвестора.

Порівнявши вимоги кодексу JORC [7] (в подальшому будемо посилатися тільки на цей кодекс для зручності викладу матеріалу) з фактичними геологорозвідувальними даними по конкретному родовищу в Україні, можна попередньо віднести запаси та ресурси за українською класифікацією до категорій кодексу JORC. Після цього, також попередньо, можна віднести ці категорії до категорій РКООН, скориставшись відповідними правилами переходу. Вживання терміну попередньо викликано тим, що всі ці маніпуляції **має право здійснювати компетентна особа** [8].

В таблиці 1 наведено порівняння термінів запаси і ресурси в українській класифікації з класифікацією JORC.



Таблиця 1

Термін	Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. Постанова КМУ від 5 травня 1997 р. № 432	Кодекс JORC
Ресурси	Обсяги корисних копалин і компонентів невідкритих родовищ, оцінені як можливі для видобутку і переробки при сучасному техніко-економічному рівні розробки родовищ даного виду мінеральної сировини	Концентрація або залягання твердої корисної копалини, що представляє економічний інтерес, в земній корі в такій формі, з таким вмістом корисного компонента (або такої якості) і в такій кількості, що існують розумні перспективи його повного економічно ефективного вилучення. Розташування, кількість матеріалу, вміст корисного компонента (або якості), безперервність та інші геологічні характеристики мінерального ресурсу вивчені, оцінені або інтерпретовані на основі конкретних геологічних даних та знань, включаючи відбір проб. У порядку підвищення достовірності геологічних даних мінеральні ресурси поділяються на передбачувані, зазначені та вимірні мінеральні ресурси.
Запаси	Обсяги корисних копалин і компонентів, виявлені та підраховані на місці залягання за даними геологічного вивчення відкритих (ідентифікованих) родовищ корисних копалин	Запаси руди – економічно вилучена частина Вимірних та/або Вказаних мінеральних ресурсів. Вони включають матеріали розубожіння та поправки на втрати, які можуть мати місце при видобуванні або вилученні матеріалу, що визначаються за необхідності на рівні Pre-Feasibility або Feasibility, і включають облік модифікуючих факторів. Такі дослідження показують, що під час підготовки звітів вилучення може бути обґрунтованим.
Модифікуючі фактори (в українській класифікації сюди можна віднести техніко-економічне вивчення корисних копалин)	Изначення гірничо-технічних, географо-економічних, соціально-екологічних та інших умов розробки родовищ корисних копалин і переробки мінеральної сировини, а також умов реалізації товарної продукції гірничого виробництва для геолого-економічної оцінки промислового значення нагромадження корисних копалин	Обмеження, що використовуються при переведення мінеральних ресурсів у запаси руди. Вони включають (але не тільки) гірничі, переробні, металургійні, інфраструктурні, економічні, маркетингові, правові, екологічні, соціальні та державні чинники.
Pre-Feasibility Study в українській класифікації – сюди можна віднести стадію «Техніко-економічне обґрунтування», ДБН А.2.2-3-2014 [9]	ТЕО обґрунтовує основні проєктні рішення, потужність виробництва, номенклатуру та якість продукції, якщо вони не задані директивно, кооперацію виробництва, забезпечення сировиною, матеріалами, напівфабрикатами, паливом, електро- та теплоенергією, водою і трудовими ресурсами, включаючи вибір конкретної ділянки для будівництва, вартість будівництва та основні	комплексне дослідження кількох варіантів гірничого проєкту на технічну здійсненність та економічну доцільність; цей проєкт просується до етапу, коли встановлені переваги системи розробки у разі підземного відпрацювання або границі розробки у разі відкритого відпрацювання та визначено ефективну технологію переробки. Pre-Feasibility Study включає фінансовий аналіз на підставі обґрунтованих припущень про модифікуючі фактори та оцінки будь-яких інших доречних факторів, достатній для того, щоб Компетен-

	техніко-економічні показники. При підготовці ТЕО повинна здійснюватись всебічна оцінка впливів планованої діяльності на стан навколишнього середовища (ОВНС) згідно з ДБН А.2.2-3 [9]; рекомендовані рішення ТЕО мають обґрунтовуватися результатами ОВНС; матеріали ОВНС, оформлені у вигляді спеціальної частини (розділу) документації, є обов'язковою складовою ТЕО.	тна особа, діючи обґрунтовано, могла визначити на момент підготовки звіту, що всі або частина мінеральних ресурсів можуть бути переведені в запаси руди. Pre-Feasibility Study має нижчий рівень впевненості, ніж Feasibility Study.
Feasibility Study в українській класифікації – сюди можна віднести стадію проектування «Проект» ДБН А.2.2-3-2014 [9]	Склад Проекту згідно з Додатком Е ДБН А.2.2-3-2014	Комплексне техніко-економічне дослідження обраного варіанта відпрацювання запасів як гірничого проекту, який включає відповідний рівень деталізації оцінки чинних модифікуючих факторів, інших доречних факторів експлуатації та детальний фінансовий аналіз. Мета в тому, щоб продемонструвати, що на момент підготовки звіту вилучення запасів є доцільним (запаси економічно видобувні). Результати дослідження можуть гарантовано бути основою для прийняття остаточного рішення ініціатором проекту або фінансовим інститутом продовжити роботу або здійснювати фінансування розробки проекту. Дозвільна документація з боку громадськості, органів екологічного нагляду, органів влади є або її отримання знаходиться на завершальному етапі в межах очікуваних термінів підготовки родовища до освоєння

Як можна бачити, існує принципова відмінність понять «ресурси» і «запаси» в українській класифікації і в класифікації JORC. В українській класифікації ресурси – це обсяги корисних копалин у **невідкритих** родовищах, в класифікації JORC ресурси визначені у конкретних відкритих родовищах за фактичними даними геологорозвідувальних робіт.

Запаси в українській класифікації – обсяги корисних копалин і компонентів, виявлені та підраховані **на місці залягання** за даними геологічного вивчення відкритих (ідентифікованих) родовищ корисних копалин. Техніко-економічною підставою для оцінки запасів є ТЕО постійних кондицій. В класифікації JORC запаси – це лише частина **Вимірних** та/або **Вказаних** мінеральних ресурсів з урахуванням модифікуючих факторів. Віднесення ресурсів до запасів можливе тільки після розробки Pre-Feasibility Study або Feasibility Study. Детальність і достовірність Pre-Feasibility Study або Feasibility Study є значно вищою від ТЕО постійних кондицій і вона є достатньою для прийняття рішення про інвестування проекту.

**Висновок.** Існують дуже серйозні відмінності між термінами «запаси» і «ресурси» в українській класифікації і в класифікації кодексу JORC. Очевидно, що для відносин з Євросоюзом і США пріоритет має кодекс JORC, тому необхідно провести клопітку роботу з попереднього приведення української класифікації до стандартів кодексу JORC, після чого привести їх до стандартів РКООН.

11-12 червня 2024 року у Берліні на Конференції з відновлення України (URC2024) Голова Держгеонадр Роман Опімах повідомив, що «Уряд пропонує близько 100 проектів з покладами найбільш затребуваних мінералів. Це неліцензовані родовища, що можуть бути номіновані на відкриті аукціони або міжнародні конкурси» [10].

Для ефективного просування проєктів по цих 100 родовищах важливо до яких класів класифікації РКООН відносяться ці 100 проєктів.

Видається доцільним наступний алгоритм цього оцінювання:

1. Використовуючи Таблицю 1 кодексу JORC «Контрольний перелік критеріїв оцінки у звіті» віднести попередньо запаси і ресурси за українською класифікацією по конкретному родовищу до запасів і ресурсів кодексу JORC.

2. Використовуючи перехідну таблицю, наведену в таблиці 2 [11], визначити попередньо категорії і класи РКООН [12].

При аналізі проєктів необхідно звернути увагу на наявність та використання під час розвідки системи забезпечення якості та контролю якості (Quality Assurance (QA) and Quality Control (QC)). Це є дуже важливим аспектом, оскільки:

- NI 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects в розділі 3.3. вимагає, щоб емітент повинен включити в письмове розкриття коротку інформацію про «програму забезпечення якості та заходи контролю якості, що застосовуються під час виконання робіт, про які повідомляється».

- В пункті 11. Form 43-101 F1 Technical Report «Підготовка проб, аналізи і безпека» викладені вимоги щодо розкриття інформації про програму забезпечення якості та заходи контролю якості.

- Кодекс звітності JORC в таблиці 1 в розділах «Методи скорочення і підготовки проб; Якість аналізів і лабораторні дослідження; Розташування місць взяття проб» наведені вимоги щодо надання інформації про програму забезпечення якості та заходи контролю якості

**Таблиця 2**

Стандартна модель CRIRSCO		Відповідна категорія РКООН			Клас РКООН	
Публічний звіт та типи досліджень	Стандартні визначення					
Детальне техніко-економічне дослідження або план на весь термін служби гірничодобувного підприємства (для гірничодобувного підприємства, що діє)	Мінеральні запаси	Доведені	E1	F1	G1	Життєздатні проєкти
		Можливі			G2	
Попереднє техніко-економічне дослідження	Мінеральні запаси	Доведені	E2	F2	G1	Потенційно життєздатні проєкти
		Можливі			G2	
Детальне техніко-економічне дослідження, план на весь термін служби гірничодобувного підприємства (для гірничодобувного підприємства,	Мінеральні ресурси (без мінеральних запасів)	Оцінені	E2	F2	G1	
		Виявлені			G2	
		Передбачувані			G3	
Звіт про попереднє дослідження або інший публічний звіт про оцінку мінеральних ресурсів	Мінеральні ресурси	Оцінені	E2	F2	G1	
		Виявлені			G2	
		Передбачувані			G3	
Публічний звіт про проєкти на етапі геологорозвідувальних робіт	Мета дослідження	E3	F3	G4	Перспективні проєкти	
	Результати геологорозвідувальних робіт	Оцінки не публікуються				
Не застосовується	Оцінки, отримані з попередніх звітів				Нежиттєздатні проєкти	

Відсутність системи забезпечення якості та контролю якості може бути серйозною перешкодою для подальшого просування проєкту.

Важливо розуміти, що після попереднього визначення категорій і класів РКООН для підготовки заяви на участь у конкурсі Єврокомісії та вибору найбільш привабливих об'єктів необхідно найняти компетентну особу/осіб, як цього вимагає [8]. Це буде потребувати чималих фінансових витрат.

**Висновок.** Проведене оцінювання дозволить виділити проєкти, які є найбільш сприятливими для інвестицій. Крім того, за результатами аналізу можна визначити, які зміни на

державному рівні потрібно внести в нормативно-методичну базу проведення геологорозвідувальних робіт з метою гармонізації її з міжнародними кодексами.

Перехід від категорій кодексу JORC (сімейство кодексів CRIRSCO) до категорій і класів РКООН наведено в табл. 2.

#### **Список використаних джерел:**

1. <https://euneighbourseast.eu/news/latest-news/eu-welcomes-ukraine-as-new-member-of-minerals-security-partnership-forum/>
2. [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/raw-materials-diplomacy\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/raw-materials-diplomacy_en)
3. REGULATION (EU) 2024/1252 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 April 2024 <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1252/oj>
4. [https://single-market-economy.ec.europa.eu/calls-expression-interest/call-applications-strategic-projects-under-critical-raw-materials-act\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/calls-expression-interest/call-applications-strategic-projects-under-critical-raw-materials-act_en)
5. [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/strategic-projects-under-crma\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/strategic-projects-under-crma_en)
6. [https://single-market-economy.ec.europa.eu/document/download/1481b3f8-f60b-42bf-987b5b0e38945c\\_en?filename=DRAFT\\_Guide%20for%20Applicants\\_CRMA\\_Strategic%20Projects.pdf](https://single-market-economy.ec.europa.eu/document/download/1481b3f8-f60b-42bf-987b5b0e38945c_en?filename=DRAFT_Guide%20for%20Applicants_CRMA_Strategic%20Projects.pdf)
7. [https://www.jorc.org/docs/JORC\\_code\\_2012.pdf](https://www.jorc.org/docs/JORC_code_2012.pdf)
8. Guidance Note on Competency Requirements for the Estimation, Classification and Management of Resources. UNECE Expert Group on Resource Management. 25 October 2022.
9. СКЛАД ТА ЗМІСТ ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА БУДІВНИЦТВО ДБН А.2.2-3:2014 із Зміною № 1 та Зміною № 2.
10. <https://www.geo.gov.ua/vidbuvsia-forum-partnerstvo-zarady-bezpeky-v-syrovynniy-haluzi/>
11. Связующий документ для Стандартной модели Комитета по международным стандартам отчетности о минеральных запасах и Рамочной классификации ресурсов Организации Объединенных Наций\* Женева, 22–26 апреля 2024 года.
12. Рамочная классификация ресурсов Организации Объединенных Наций. Обновленный вариант 2019 года.



## СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ КРЕЙДЯНО-ПАЛЕОГЕНОВИХ НАФТОГАЗОНОСНИХ ВІДКЛАДІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

*Попп І.Т., к. геол.-мін. н., с. наук. с., itpopp@ukr.net,*

*Гавришків Г.Я., к. геол. н., galinah2404@gmail.com,*

*Гаєвська Ю.П., к. геол. н., yuhaievska@ukr.net,*

*Мороз П.В., petro.m.v@gmail.com,*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Виділені чотири етапи седиментогенезу в історії геолого-палеоокеанографічного розвитку Карпатського флішового басейну: ранньокрейдвий (етап I), пізньокрейдвий (етап II), палеоцен-еоценовий (етап III), олігоцен-ранньоміоценовий (етап IV), кожному з яких притаманні певні геохімічні умови седименто-, діагенезу. Показано, що формування крейдяно-палеогенових флішових відкладів Українських Карпат відбувалося під впливом дуже мінливих геолого-палеоокеанографічних і геохімічних факторів, спільна дія яких зумовила нафтогазоносність цього осадового комплексу. Сформувалися потужні товщі псамітолітів, що нагромаджувалися в періоди лавинної теригенної седиментації і є резервуарами вуглеводнів, а також бітумінозні нафтоматеринські кременисто-глинисті відклади, утворення яких пов'язане зі сповільненням процесів теригенного осадонагромадження і фазами океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 (баррем-альб) і ОАЕ-4 (олігоцен).

## SEDIMENTOGENESIS OF CRETACEOUS-PALEOGENE OIL AND GAS-BEARING DEPOSITS OF UKRAINIAN CARPATHIANS

*Popp I., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), senior scientist, itpopp@ukr.net,*

*Havryshkiv H., Cand. Sci. (Geol.), galinah2404@gmail.com,*

*Hayevska Yu., Cand. Sci. (Geol.), yuhaievska@ukr.net,*

*Moroz P., petro.m.v@gmail.com,*

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals, NAS Ukraine, Lviv, Ukraine*

Four stages of sedimentogenesis in the history of geological and paleoceanographic development of the Carpathian sedimentary basin are described in the article: Early Cretaceous (stage I), Late Cretaceous (stage II), Paleocene-Eocene (stage III), Oligocene-early Miocene (stage IV), each of which has specific geochemical conditions of sedimentogenesis and diagenesis. It is shown that forming of Cretaceous-Paleogene flysch deposits of Ukrainian Carpathian took place under action of very changeable geological-paleoceanographic and geochemical factors the common action of that stipulate oil and gas capacity of this sedimentary complex. The powerful layers of psammitolites were formed in periods of avalanche terrigenous sedimentation, that are the reservoirs of hydrocarbons. Formation of bituminous parent-rocks-of-oil siliceous-clayey sedimentation is related to deceleration of processes of terrigenous sedimentation and phases of ocean anoxic events of OAE-1 (Bareme-Alb) and OAE-4 (Oligocene).

**Вступ.** Перспективним об'єктом досліджень з точки зору нафтогазоносності є крейдяно-палеогенові флішові відклади Українських Карпат. Метою даної роботи є показати еволюцію геолого-палеоокеанографічних і геохімічних умов осадонагромадження в Карпатському сегменті океану Тетис, виділити основні етапи седиментогенезу, до яких приурочене формування нафтогазоматеринських і нафтогазоносних відкладів.

**Літолого-геохімічні і літолого-фаціальні типи відкладів.** Серед осадових утворень крейдяно-палеогенового флішу Українських Карпат поширені переважно кластичні і глинисті, рідше біогенні породи. Нами [10, 14, 15] розроблена літолого-генетична класифікація цих осадових утворень яка враховує як характер теригенної (лавинна, сповільнена) і біогенної (карбонатна, кремениста) седиментації, так і геохімічні умови середовища осадонагромадження і діагенетичних перетворень (окисні, відновні, лужні, кислі). За геохімічними умовами осадонагромадження ми виділяємо літолого-геохімічні, а за характером теригенної седиментації літолого-фаціальні типи відкладів. Дані з літології подаються нами згідно стратиграфічної схеми [1, 2].

Виділені три головні літолого-геохімічні типи (ЛГХТ) осадових утворень, що відрізняються вмістом породоутворювальних інгредієнтів біогенного походження ( $\text{SiO}_2^{\text{біог}}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{C}_{\text{орг}}$ ), реакційноздатних форм заліза, марганцю і сірки та складом аутигенних мінералів (силікатів, карбонатів, сульфідів): сірі вапняковисто-глинисто-теригенні (ЛГХТ I); невапняковисті або слабковапняковисті, часто строкаті глинисто-теригенні (ЛГХТ II); чорні

вуглецевмісні скременілі теригенно-глинисті (ЛГХТ III) відклади. Седиментація осадових товщ цих трьох типів відбувалася в різних фізико-хімічних умовах середовища (окисних, відновних), спричинених флуктуаціями глибини карбонатної компенсації (ГКК) та змінами характеру океанічної циркуляції і, відповідно, газового режиму придонних вод (аеробного, анаеробного). В окисних умовах нагромаджувалися відклади ЛГХТ I (коньяк-маастріхт – низи палеоцену, стрийська світа; середній еоцен, пасічнянська світа; олігоцен – нижній міоцен, кросненська світа, лоп'янецька або середньоменілітова підсвіта, поляницька світа) і ЛГХТ II (верхня крейда, яловецька, ілемкінська світи; палеоцен, ямненська світа; еоцен манявська, вигодська, бистрицька світи); перші – вище, другі – нижче рівня ГКК. Осадів утворення ЛГХТ III (верхній баррем – альб, шипотська, спаська світи; олігоцен – нижній міоцен, нижньо- і верхньоменілітова підсвіти, дусинська світа) це відклади зони кисневого мінімуму (КМ), які формувалися переважно вище, іноді нижче рівня ГКК. Їх утворення згідно [11, 14, 15, 19, 22, 23] пов'язане з глобальною фазою океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 [18, 23] в пізньому барремі – альбі і регіональною фазою ОАЕ-4 в олігоцені – ранньому міоцені, які спричинили нагромадження і фосилізацію величезної кількості органічної речовини (ОР). Такі товщі розглядаються як нафтогазоматеринські.

Як окремі літолого-фаціальні типи флішових осадових утворень виділяємо відклади турбідних, зернових або піскуватих (грейніти), грубоуламкових і пастоподібних потоків, а також глинисті і біогенні пелагіти. Турбідіти і грейніти є відкладами другого рівня лавинної седиментації (підніжжя континентального схилу) і можуть бути резервуарами вуглеводнів.

**Еволюція умов седиментогенезу в Карпатському флішовому басейні.** Виділено [15] чотири етапи седиментогенезу в історії геолого-палеоокеанографічного розвитку Карпатського сегменту північної континентальної окраїни океану Тетіс: ранньокрейдвий (етап I), пізньокрейдвий (етап II), палеоцен-еоценовий (етап III), олігоцен-ранньоміоценовий (етап IV). Кожному з них притаманні певні геохімічні умови седименто-, діагенезу. На ранньокрейдвовому етапі (етапі I) в аноксичному середовищі переважало відновне середовище ( $E_h < 0$ ) при значних коливаннях рН. Для пізньокрейдвового етапу (етапу II) переважно були характерні лужно-окисні умови ( $E_h > 0$ ) вище рівня глибини карбонатної компенсації (ГКК). На ділянках морського дна, які знаходилися нижче рівня ГКК встановлювалися слабколужні і слабкокислі окисні умови ( $E_h > 0$ ), які різко переважали під час палеоцен-еоценового етапу (етапу III). В олігоцені – ранньому міоцені (етап IV) в різних частинах басейну в залежності від положення рівня ГКК і поширення зони кисневого мінімуму (КМ) домінували відновні ( $E_h < 0$ ) лужно-окисні умови ( $E_h > 0$ ). Спільна дія певних геолого-палеоокеанографічних і геохімічних факторів зумовила нафтогазоносність відкладів карпатського флішу. Геохімічні умови седиментогенезу і діагенезу істотно вплинули на специфічні особливості літогенезу відкладів, виділених нами літолого-геохімічних типів (сірих вапняковисто-глинисто-теригенних (ЛГХТ I); невапняковистих або слабковапняковистих, часто строкаті глинисто-теригенних (ЛГХТ II); чорні вуглецевмісних скременілих теригенно-глинистих (ЛГХТ III) товщ) і, відповідно, на формування їх колекторських властивостей. В періоди лавинної теригенної седиментації сформувалися потужні товщі псамітолів, які є резервуарами вуглеводнів, Утворення бітумінозних нафтоматеринських кременисто-глинистих відкладів пов'язане зі сповільненням процесів теригенного осадоагромадження і фазами океанічних безкисневих безкисневих подій ОАЕ-1 (баррем-альб) і ОАЕ-4 (олігоцен).

На ранньокрейдвовому етапі (етап I) відбулося нагромадження відкладів валанжин-альбського віку, нижня частина яких залягає на відкладах дофлішового етапу історії розвитку Карпат. Серед них поширені переважно темноколірні товщі. Їх літологічний дозволяє розділити етап I на два підетапи: валанжин-ранньобарремський (підетап I-1) і пізньобаррем-альбський (підетап I-2). На валанжин-ранньобарремському підетапі (підетапі I-1) відбулося зародження флішового басейну в режимі тектонічного розтягу літосферних плит. В таких палеогеографічних умовах формувалися флішоїдні відклади кам'янопотокської і рахівської світ ("дикий фліш"). Пізньобаррем-альбський (підетап I-2)

приурочений до глобальної фази “океанічних безкисневих подій” ОАЕ-1 в баррем-альбі, під час якої в багатьох частинах Світового океану існував дефіцит кисню, що було сприятливою умовою для нагромадження і фосилізації в осадах великих кількості органічної речовини. В Карпатському флішовому басейні дія апвелінгового ефекту спричинила бурхливий розвиток організмів з кремнієвою функцією. Наслідком таких обставин було формування чорних вуглецевмісних теригенно-глинистих відклади шипотської і спаської світ (ЛГХТ III).

Етап II (сеноман – ранній палеоцен) седиментації в Карпатському басейну приурочений до інтенсивного пізньокрейдового карбонатнагромадження Світовому океані. Виділяємо два підетапи етапу II: сеноман-туронський (підетап II-1) і пізньотуронський-ранньопалеоценовий (підетап II-2). Сеноман-туронські відклади Карпат можна вважати аналогами сучасних пелагічних глинистих і карбонатно-глинистих мулів. Чітко спостерігається фаціальний перехід від менш глибоководних карбонатних осадів (головнінська світ), що нагромаджувалися вище рівня ГКК, до більш глибоководних безкарбонатних глинистих утворень (ілемкінська і яловецька світ), формування яких відбувалося нижче рівня ГКК. Для пізньотуронсько-ранньопалеоценового підетапу (підетапу II-2) характерна набагато потужніша теригенна седиментація, пов’язана з евстатичними коливаннями рівня моря. Нагромаджується вапняковисті теригенні флішові відклади стрийської світ (Скибова зона) та його аналоги в інших структурно-фаціальних зонах.

Седиментація барем-альбських вуглецевмісних скременілих теригенно-глинистих відкладів відбувалася в зоні кисневого мінімуму (КМ), переважно нижче глибини карбонатної компенсації (ГКК). Поступовий перехід від нижньокрейдяних чорносланцевих до верхньокрейдяних карбонатних і строкатих (зеленувато-сірих і червоних) відкладів вверх по розрізу є свідченням зміни фізико-хімічних умов в придонних водах седиментаційного басейну від анаеробних відновних до аеробних окисних, а також підвищення рівня моря (рисунок). Червоні глинисті верстви в нижній частині яловецької світ (сеноман) є свідченням глобальної події CORBs (Cretaceous Oceanic Red Beds), коли в пелагіалі океанічних басейнів переважали різкоокисні умови [6, 24]. Окремі прошарки чорних аргілітів в товщах головнінської (сеноман-турон) і березнянської (сантон) світ можна інтерпретувати як ймовірні прояви фаз океанічних безкисневих подій ОАЕ-2 і ОАЕ-3 [5, 15]. Але це питання вимагає більш детального вивчення.

Палеоцен-еоценовий етап (етап III) седиментогенезу в Карпатському сегменті океану Тетіс характеризується потужним теригенним осадонагромадженням, яке особливо сильно себе проявило в палеоцені (ямненська світ) і середньому еоцені (вигодська світ). Виділяємо два підетапи етапу III: палеоценовий (підетап III-1) і еоценовий (підетап III-2). В кінці еоценової епохи внаслідок колізії континентів відбувається відокремлення від основного басейну океану Тетіс напівзамкненого моря Паратетіс.

Найбільш значною геолого-палеоокеанографічною і седиментологічною подією олігоцен-ранньоміоценового етапу (етапу IV) седиментогенезу в Карпатському сегменті північної континентальної країни океану Тетіс було нагромадження відкладів з підвищеним вмістом  $C_{org}$  і  $SiO_{2bio}$ , спричинене дефіцитом кисню в наддонних морських водах. Згідно [14] формування таких товщ пов’язуємо з регіональною океанічною безкисневою подією ОАЕ-4. В планетарному масштабі на межі еоценового (етапу III) і олігоценового (етапу IV) часу відмічається глобальна біотична криза (масове вимирання окремих груп морських організмів), ймовірніше всього пов’язана похолоданням клімату [7, 14, 15, 20, 21]. В Карпатському флішовому басейні у зв’язку з цим відбувається різка зміна характеру біогенної седиментації. В розрізі досліджуваної товщі вона виражена тим, що вище глобігерінових мергелів шешорського горизонту залягають силіцити нижнього кременистого горизонту нижньоменілітової підсвіти.

Виділяємо три підетапи етапу IV: ранньоолігоценний (підетап IV-1), середньоолігоценний (підетап IV-2) і пізньоолігоцен-ранньоміоценовий (підетап IV-3). Відновлення дії Карпатського апвелінгу в ранньому олігоцені (підетап IV-1), яке корелюється з глобальною зміною клімату, трансгресією моря та екологічною (біотичною)

кризою, привело до розвитку анаеробної зони в проміжних водах басейну, підвищення рівня ГКК і нагромадження відкладів з високим вмістом  $C_{org}$  і  $SiO_2_{биог.}$ . Період формування цієї товщі, яка в сучасному заляганні представлена вуглецевмісними скременілими породами нижньоменілітової підсвіти і дусинської світи, виділяємо як підфазу безкисневих подій ОАЕ-4а в Карпатському сегменті океану Тетис. Глобальна регресія в середині олігоцену (підетап IV-2) спричинила різке пониження рівня ГКК у Світовому океані, тимчасове припинення дії апвелінгу на північній континентальній окраїні Тетису і нагромадження в Карпатському седиментаційному басейні сірих карбонатно-теригенних відкладів лопянецького типу, що характеризуються низьким вмістом  $C_{org}$  і  $SiO_2_{биог.}$ . З пізньоолігеновою трансгресією (підетап IV-3) ми пов'язуємо відновлення дії апвелінгу, підйом рівня ГКК і новий спалах біогенного кремненагромадження, який фіксується появою в розрізі верхнього кременистого горизонту менілітової світи. Різке підвищення біопродукції в зоні апвелінгу спричинило до повторного встановлення в мезопелагічній частині басейну анаеробних умов (підфаза безкисневих подій ОАЕ-4б в Карпатському сегменті океану Тетис) і нагромадження скременілих вуглецевмісних відкладів верхньоменілітової підсвіти.

Верстви вуглецевмісних силіцитів, які підстеляють бітумінозні товщі тільки маркувальними горизонтами в стратиграфії флішу Карпат, а і важливими літологічними корелятивами, що фіксують різкі зміни океанологічних обставин в Карпатському олігеновому басейні. Фаціальні переходи між чорними вуглецевмісними скременілими теригенно-глинистими (ЛГХТ III) і сірими вапняковисто-глинисто-теригенними (ЛГХТ I) товщами пояснюємо різними співвідношеннями зони кисневого мінімуму (КМ) і рівня ГКК в різних частинах басейну. Формування перехідних товщ між між менілітовими і кросненськими та між менілітовими і лоп'янецькими або поляницькими пов'язуємо з флуктаціями рівня ГКК, а також нижньої та верхньої границь зони КМ, під час яких аноксичні відновні умови седиментогенезу відкладів змінювалися окисними.

**Нафтогазоносні і нафтогазоматеринські відклади в розрізі карпатського флішу.** В крейдяних флішових відкладах Передкарпатського прогину і Складчастих Карпат промислових покладів нафти і газу поки що не виявлено, проте вони залишаються перспективним об'єктом для їх пошуків. Чорні бітумінозні кременисто-глинисті відклади спаської і шипотської світ (баррем-альб) розглядаються як нафтогазоматеринські і потенційно нафтогазоносні товщі. Потенційними колекторами вуглеводнів є пласти псамітових порід спаської світи, зокрема тершівські пісковики.

Перспективними для пошуків покладів вуглеводнів в Бориславсько-Покутській зоні Передкарпатського прогину і в північних скибах Скибової зони є відклади стрийської світи верхньої крейди. Літологічні особливості цих осадових утворень, а саме присутність в їх складі потужних алеврито-піскуватих пластів, дозволяють прогнозувати поширення зон порід-колекторів [8, 16, 17].

Промислові поклади вуглеводнів в палеогенових флішових відкладах Передкарпатського прогину і Складчастих Карпат пов'язані з потужними товщами псамітолітів (ямненські пісковики палеоцену, вигодські пісковики середнього еоцену, піскуваті горизонти менілітової світи олігоцену). В цих товщах розвинені зони порід-колекторів порового типу [3, 4, 10, 13].

З вуглецевмісними скременілими теригенно-глинисті товщами барем-альбу і олігоцену (ЛГХТ III), які характеризуються як нафтогазоматеринські, можуть бути пов'язані "нетрадиційні" коектори тріщинного і змішаного (порово-тріщинного) типів [9, 10, 12].

**Висновок.** Спільна дія певних геолого-палеоокеанографічних і геохімічних факторів зумовила нафтогазоносність відкладів карпатського флішу. В одному осадовому комплексі сформувалися як потужні товщі псамітолітів, що нагромаджувалися в періоди лавинної теригенної седиментації і є резервуарами вуглеводнів, так і бітумінозні нафтоматеринські кременисто-глинисті відклади, утворення яких пов'язане зі сповільненням процесів теригенного осадоагромадження і фазами океанічних безкисневих безкисневих подій ОАЕ-1 (баррем-альб) і ОАЕ-4 (олігоцен).



### Список використаних джерел:

1. Вялов О.С., Гавура С.П., Даныш В.В. и др. История геологического развития Украинских Карпат. Киев: Наук. думка, 1981. 180 с.
2. Вялов О.С., Гавура С.П., Даныш В.В. и др. Стратотипы меловых и палеогеновых отложений Украинских Карпат. Киев: Наук. думка, 1988. 203 с.
3. Гавришків Г.Я. Мінералого-петрографічні особливості палеоценових відкладів Берегової і Орівської скиб Українських Карпат в аспекті їх нафтогазоносності. Автореф. дис. канд. геол. наук. Львів, 2019 р. 24с.
4. Гаєвська Ю.П. Літолого-фаціальні особливості еоценових відкладів Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського та передових скиб Скибової зони Українських Карпат у зв'язку з їх нафтогазоносністю. Автореф. дис. канд. геол. наук. Львів, 2019 р. 24с.
5. Гнилко О., Гнилко С., Наварівська К. Стратиграфія та умови накопичення чорносланцевих товщ Українських Карпат. Палеонтологічний збірник. 2021. 53. 35–54. <https://doi.org/10.30970/pal.53.03>.
6. Гнилко С.Р., Гнилко О.М., Супрун І.С. та ін. Стратиграфія верхньокрейдових відкладів з океанічними червоноколірними верствами (CORBs), Українські Карпати. Геол. журн. 2023. № 3 (384). С. 79–107. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.281067>.
7. Кеннет Дж. П. Морская геология. М.: Мир, 1987. Т.2. 384с.
8. Колодій В.В., Бойко Г.Ю., Бойчевська Л.Е. та ін. Карпатська нафтогазоносна провінція. Львів–Київ: ТОВ “Український Видавничий центр”, 2004. 390 с.
9. Крупський Ю.З., Куровець І.М., Сеньковський Ю.М. та ін. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Кн. 2. Західний нафтогазоносний регіон. Київ: Ніка-Центр, 2014. 400 с.
10. Попп І.Т. Окремі аспекти проблеми літогенезу нафтогазоносних відкладів крейдово-палеогенового флішового комплексу Передкарпатського прогину та українських Карпат. Частина 1. Седиментогенез і постседиментаційні перетворення. Геологія і геохімія горючих копалин, 2005. № 3–4. С. 43–59.
11. Попп І.Т., Сеньковський Ю.М. Біогенні вуглецьвмісні силіцити баррем-альбу і олігоцену Українських Карпат – свідчення океанічних безкисневих подій. Частина 1. Петрографія і стадійні перетворення. Геологія і геохімія горючих копалин. 2003. № 3–4. С. 65–82.
12. Попп І., Мороз П., Шаповалов М. Літогеохімія чорних аргілітів фанерозою заходу України – нетрадиційних колекторів вуглеводнів. Геологія і геохімія горючих копалин. 2022. № 1–2 (187–188). С. 82–102. <https://doi.org/10.15407/ggcm2022.01-02.082>.
13. Сеньковський Ю.М., Гавришків Г.Я., Гаєвська Ю.П., Семенюк М.В. До літології псефіто-псамітових модулів палеоцену фєнових побудов Карпатського седиментаційного басейну. Геологія і геохімія горючих копалин. – 2004. – № 4. – С. 27–38.
14. Сеньковський Ю.М., Колтун Ю.В., Григорчук К.Г. та ін. Безкисневі події океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент. Київ: Наук. думка, 2012. 183 с.
15. Сеньковський Ю.М., Григорчу К.Г., Колтун Ю.В. та ін. Літогенез осадових комплексів океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент. Київ: Наукова думка, 2018. 158 с.
16. Шлапінський В.Є., Гавришків Г.Я., Гаєвська Ю.П. Колектори нафти і газу в крейдово-палеоценових відкладах Скибового покриву Українських Карпат (північно-західна і центральна ділянки) та перспективи їх нафтогазоносності. Геол. журн. 2020. № 3 (372). С. 47–64. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.3.207341>.
17. Шлапінський В.Є., Лазарук Я.Г., Попп І.Т., Гавришків Г.Я. Літолого-стратиграфічні особливості нижньокрейдових відкладів Скибового і Дуклянсько-Чорногорського покривів Українських Карпат та перспективи їх нафтогазоносності. Геол. журнал. 2024. № 1 (386). С. 62–80. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.283657>.
18. Jenkyns H.C. Geochemistry of oceanic anoxic events, *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2010. 11, Q03004. 30 p. <https://doi.org/10.1029/2009GC002788>.
19. Koltun Yu.V. Source rock potential of the black formation of the Ukrainian Carpathians. // *Acta Geologica Hungarica*, 1993, № 2 (36). P. 251–261.

20. Ozsvárt P., Kocsis L, Nyerges A. et al. The Eocene-Oligocene climate transition in the Central Paratethys. // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2016. 459. P. 471–487. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.07.034>.
21. Popp I.T., Haiyevska Y.P., Bubniak I.M.. Carbonate and siliceous rock horizons at the boundary of Eocene and Oligocene deposits in the Ukrainian Carpathians as geotourism sites. // *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*. 2022. 31 (2). P. 363–379. <https://doi.org/10.15421/112234>.
22. Sachsenhofer R.F., Koltun Y.V. Black shales in Ukraine e A review. *Marine and Petroleum Geology*. 2012. 31, 1. P. 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.08.016>.
23. Shlanger S.O., Jenkyns H.C. Cretaceous oceanic anoxic events causes and consequences. *Geologie en Mijnbouw*. 1976. V. 55. P. 179–184.
24. Wang C., Xiumian Hu, Huang Y. et. al. Cretaceous oceanic red beds as possible consequence of oceanic anoxic events. *Sedimentary Geology*. 2011. 235. P. 27–37. URL: <http://www.mikrotax.org> (Last accessed: 30.04.2023).

## НЕТИПОВИЙ ПОТЕНЦІЙНИЙ РЕСУРС ТИТАНОВИХ МІНЕРАЛІВ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

*Комлев О.О.<sup>1</sup>, д. геогр. н., професор, morpha2007@ukr.net;*  
*Ремезова О.О.<sup>2,5</sup>, д. геогр. н., професор, titania2305@gmail.com;*  
*Бейдик О.О.<sup>3</sup>, д. геогр. н., професор, aabeydik@gmail.com;*  
*Спиця Р.О.<sup>4</sup>, к. геогр. н., с. н. с., spysyaroman@ukr.net;*  
*Жилкін С.В.<sup>4</sup>, наук. співр., morfo75@ukr.net;*  
*Комлева М.О.<sup>1</sup>, асп., mariannaemerald@ukr.net;*

*1 – КНУ імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,*

*2 – Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна,*

*3 – член Українського географічного товариства, Київ, Україна,*

*4 – Інститут географії НАН України, Київ, Україна,*

*5 – Житомирський державний політехнічний університет, Житомир, Україна*

Важливою особливістю геологічної будови території Українського щита (УЩ) є розвинута каолінова кора вивітрювання (ККВ), яка сформована в мезозой-кайнозой. ККВ представляє фізичне тіло, потужність якого може досягати десятки метрів. ККВ площинна, а в тріщинуватих зонах тектонічних розломів формувалася лінійна кора, яка місцями простягається в глибину на сотні метрів і накладається на площинну. Каоліновий горизонт, який насичується водою, стає пластичним і здатний розтікатись у горизонтальному напрямку. На ділянках ільменітових розсипів УЩ виявлені вертикальні і нахилені деформації каолінового горизонту, які нагадують формою діапіри і названі «діапірові структури» (ДС). Висота ДС досягає 10-12 м. Вертикальні деформації каолінового горизонту виникають під дією зовнішніх тригерів, основний з яких структурно-тектонічний. ДС розвинуті в зонах тектонічних розломів, тріщинуватості, на контакті дрібних тектонічних блоків, для яких характерні інверсійні рухи, режим «стиснення-розтягнення», розвинута лінійна ККВ. В рельєфі їх відображує своєрідний геолого-геоморфологічний парагенезис, зокрема «ДС-позитивна форма рельєфу (лінійно-витагнуте або кільцеве пасмо, горб)». Чергування векторів стиснення і розтягнення створює умови для *вижимання* (утворення ДС) і *утворення* лінійної кори вивітрювання. В межах північно-західної частини УЩ, завдяки поєднанню різних чинників, утворились значні розсіпні поля і родовища мінералів титану (ільменіту). ДС містять останні і, на наш погляд, становлять практичний інтерес. Ландшафтно-геоморфологічний аналіз території за допомогою МАКЗ представляє швидкий ефективний метод пошуків ДС.

## ATYPICAL POTENTIAL RESOURCE OF TITANIUM MINERALS IN THE UKRAINIAN SHIELD

*Komliev O.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geogr.), prof., morpha@ukr.net;*  
*Remezova O.<sup>2,5</sup>, Dr. Sci. (Geogr.), prof., titania2305@gmail.com;*  
*Beydik O.<sup>3</sup>, Dr. Sci. (Geogr.), prof., aabeydik@gmail.com;*  
*Spysia R.<sup>4</sup>, Cand. Sci. (Geogr.), senior researcher, spysyaroman@ukr.net;*  
*Zhylkin S.<sup>4</sup>, researcher, morfo75@ukr.net;*  
*Komlieva M.<sup>1</sup>, postgraduate, mariannaemerald@ukr.net;*

*1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*3- Member of the Geographical Society of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

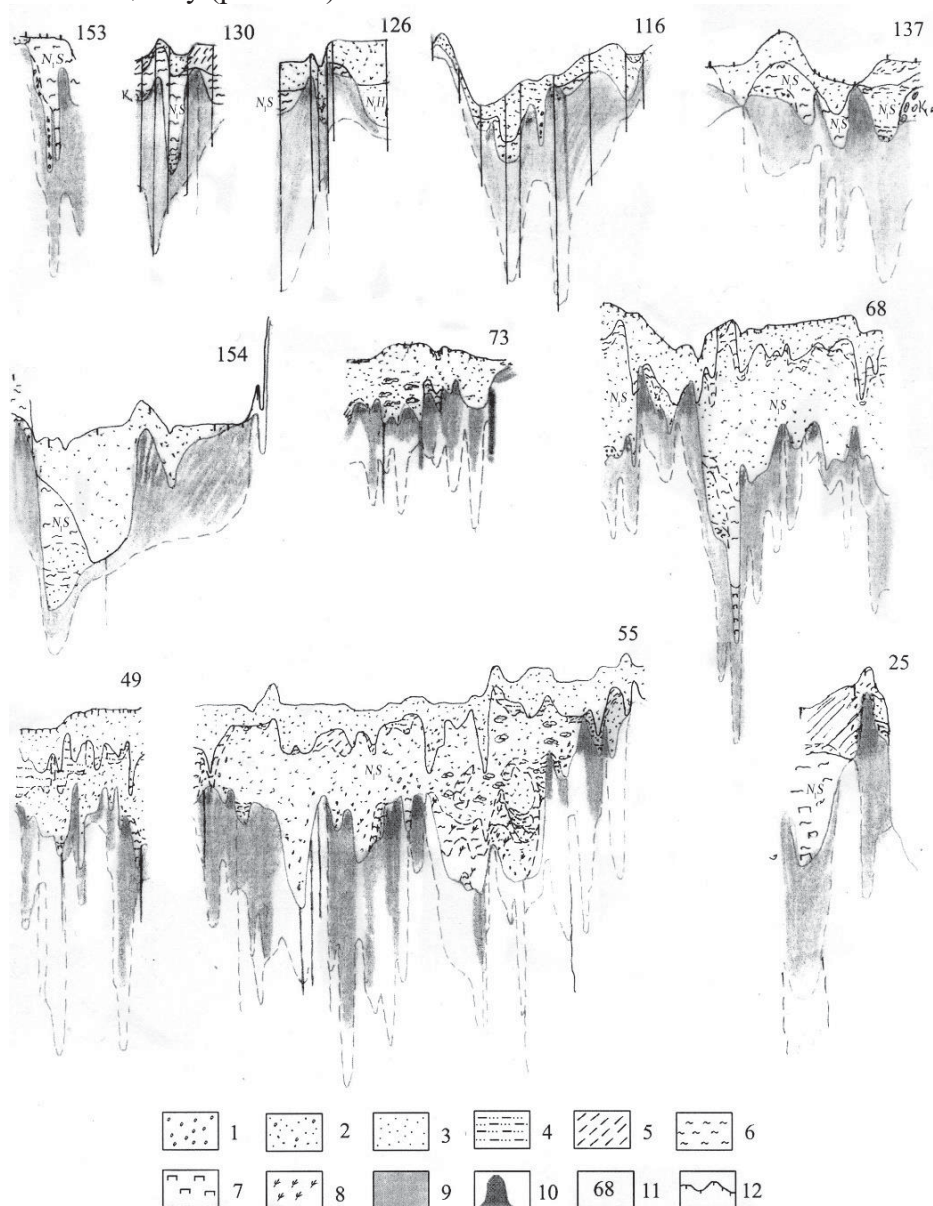
*4 – Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*5 – Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine*

An important feature of the geological structure of the Ukrainian Shield (USH) is the developed kaolin weathering crust (KWC), which was formed in the Mesozoic-Cenozoic. The KWC is a physical body whose thickness can reach tens of metres. The KWC is planar, and in fractured tectonic fault zones, a linear crust was formed, which in some places extends hundreds of metres deep and overlies the planar crust. The kaolin horizon, which is saturated with water, becomes plastic and can spread horizontally. Vertical and inclined deformations of the kaolin horizon resembling the shape of diapirs and called «diapiric structures» (DSs) were found in the areas of ilmenite placers at the USH. The height of the DSs reaches 10-12 m. Vertical deformations of the kaolin horizon occur under the influence of external triggers, the main one being structural and tectonic. DSs are developed in the zones of tectonic faults, fractures, at the contact of small tectonic blocks, which are characterised by inversion movements, compression-stretching mode, and developed linear KWC. They are reflected in the relief by a peculiar geological and geomorphological paragenesis, in particular, «a DSs-positive relief form (linearly elongated or annular ridge, hump)». The alternation of compression and tensile vectors creates conditions for *squeezing* (formation of a DSs) and the *formation* of a linear weathering crust.

Within the north-western part of the USh, due to a combination of various factors, significant placer fields and deposits of titanium (ilmenite) minerals have been formed. The DSs contain the latter and, in our opinion, are of practical interest. Landscape and geomorphological analysis of the territory using MASS is a fast and effective method of prospecting for DSs.

Важливою особливістю геологічної будови території Українського щита (УЩ) є розвинута каолінова кора вивітрювання (ККВ), яка сформована в мезозої-кайнозої. ККВ – це промисловий об’єкт і основне джерело для різних осадових корисних копалин, зокрема титанових і титан-цирконієвих розсипів. ККВ представляє фізичне тіло, потужність якого може досягати десятки метрів, яке зустрічається у вигляді фрагментів, площа яких досягає тисячі – десятки тисяч км<sup>2</sup>. ККВ розвинута на всіх елементах древнього (похованого) рельєфу. В долинах сучасних річок ККВ часто розмита. Каоліновий горизонт підстеляється горизонтами гідролюд і жорстви. ККВ площинна, а в тріщинуватих зонах тектонічних розломів формувалася лінійна кора, яка місцями простягається в глибину на сотні метрів і накладається на площинну (рис. 1-3).



**Рис. 1. Деякі геолого-геоморфологічні розрізи території Звягельського тектонічного блоку Українського щита (номери розрізів на карті)**



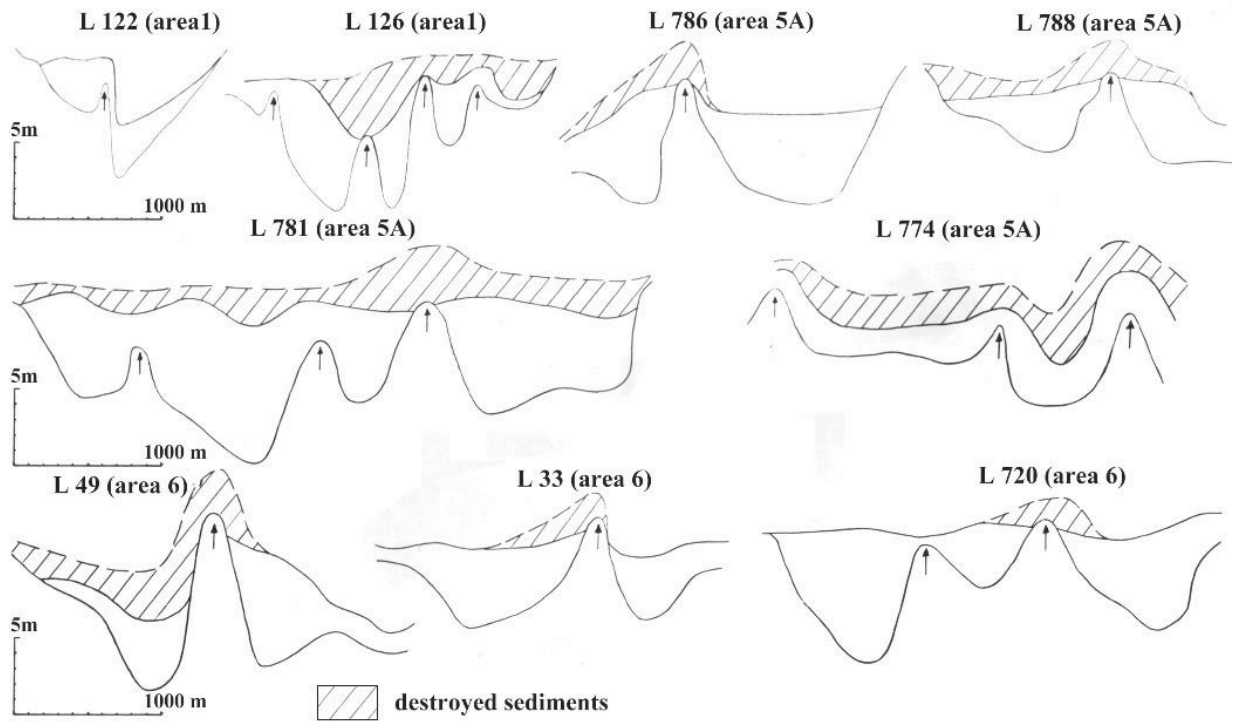


Рис. 2. Морфологічні деформації в похованих долинах, викликані діапіровими структурами

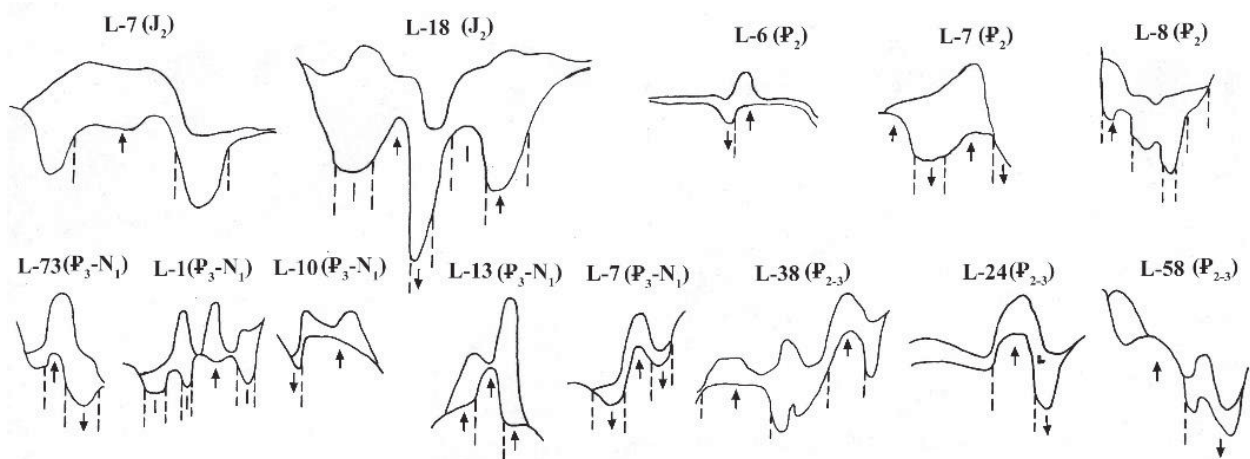


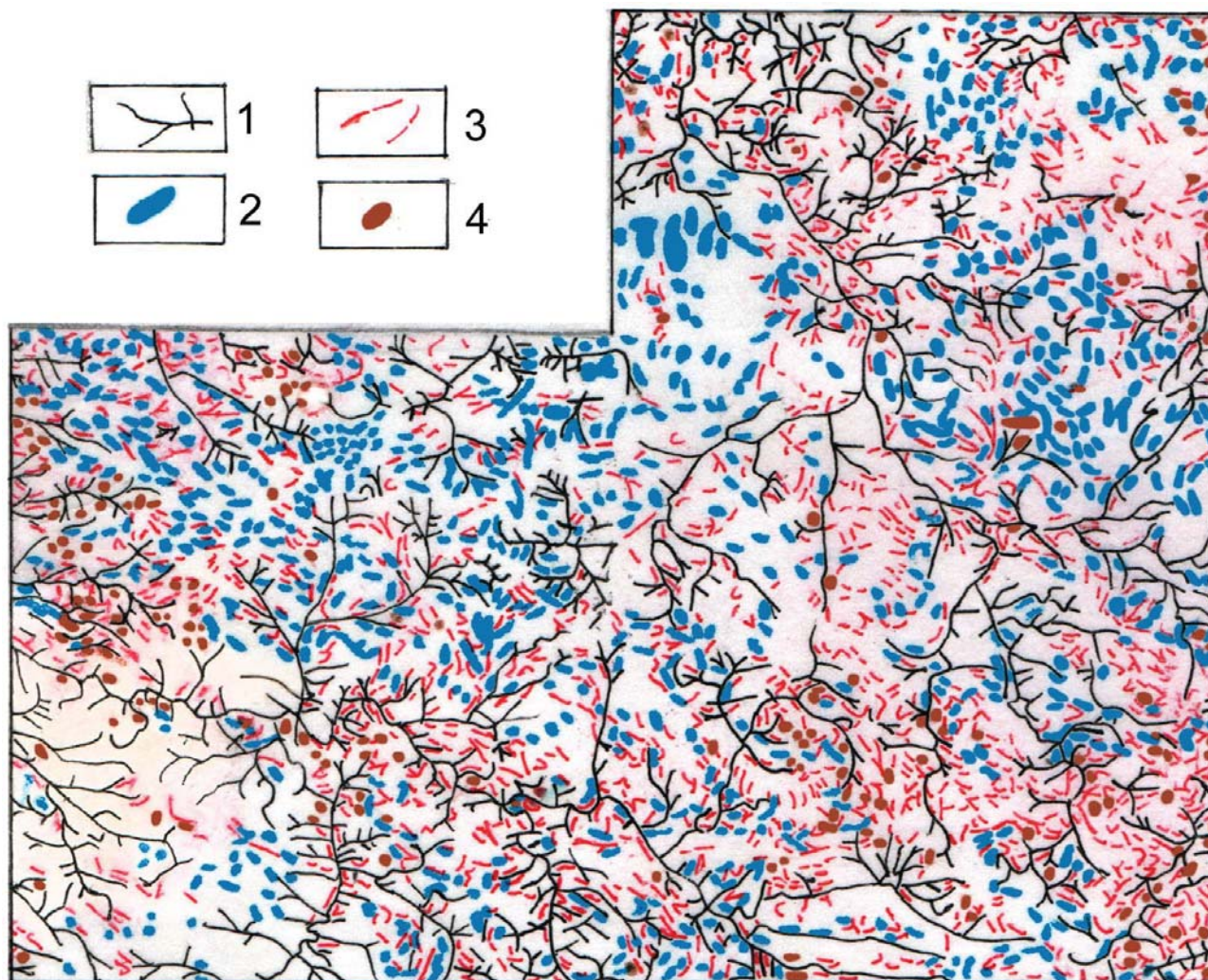
Рис. 3. Деформації літолого-стратиграфічних горизонтів мезозой-кайнозойського осадового покриву

ККВ є необхідною стадією для формування титанових (ільменітових) розсіпних родовищ УЩ. Так, на плутонах УЩ (Коростенському, Новоград-Миргородському) формується потужна кора вивітрювання на основних і ультраосновних породах кристалічного фундаменту. Титанові мінерали в них зустрічаються переважно як акцесорні. Теоретичний хімічний склад ільменіту в них:  $TiO_2$  (52,7%);  $Fe_2O_3$  (47,3 %). В ККВ титанові мінерали вивільнюються з магматичних порід і відбувається первинне збагачення з утворенням на окремих ділянках елювіальних розсіпів. В хімічному складі ільменіту з'являється  $FeO$ . В процесі наступних розмивів ККВ екзогенними процесами і осадової диференціації її продуктів руйнації виникають різні генетичні типи континентальних і прибережно-морських титанових і титан-цирконієвих розсіпів.

Каоліновий горизонт, який насичується водою, стає пластичним і здатний розтікатись у горизонтальному напрямку. Але в природніх і штучних (кар'єри) виїмках, зокрема на ділянках розвитку ільменітових розсіпів УЩ виявлені вертикальні і нахилені деформації каолінового горизонту, які нагадують формою діапіри і названі як ДС. Видима висота ДС в

цих розрізах досягає 10-12 м. Але, корні зрізаних діапівр спостерігаються в дні котлованів, де ведеться розробка. Такі вертикальні деформації каолінового горизонту могли відбуватись під дією зовнішніх тригерів, основним з яких є певні структурно-тектонічні умови. ДС розвинуті в зонах тектонічних розломів, тріщинуватості, на контакті дрібних тектонічних блоків, для яких характерні інверсійні рухи, режим «стиснення-розтягнення», розвинута лінійна ККВ. В результаті тут виникає своєрідний геолого-геоморфологічний парагенезис «ДС-позитивна форма рельєфу (лінійно-витагнуте або кільцеве пасмо, горб)». Чергування векторів стиснення і розтягнення створює умови для вижимання (утворення ДС) і утворення лінійної кори вивітрювання. Характер геологічної будови ділянок розвитку ДС свідчить про 2 епізоди їх утворення - межа юрського і крейдового періодів (початок розпаду Пангеї) і межа олігоцен-міоцен (початок неотектонічного етапу). Над ДС також спостерігається зміна кольору морени дніпровського льодовика (з рудого на сизий) (рис.4-5).

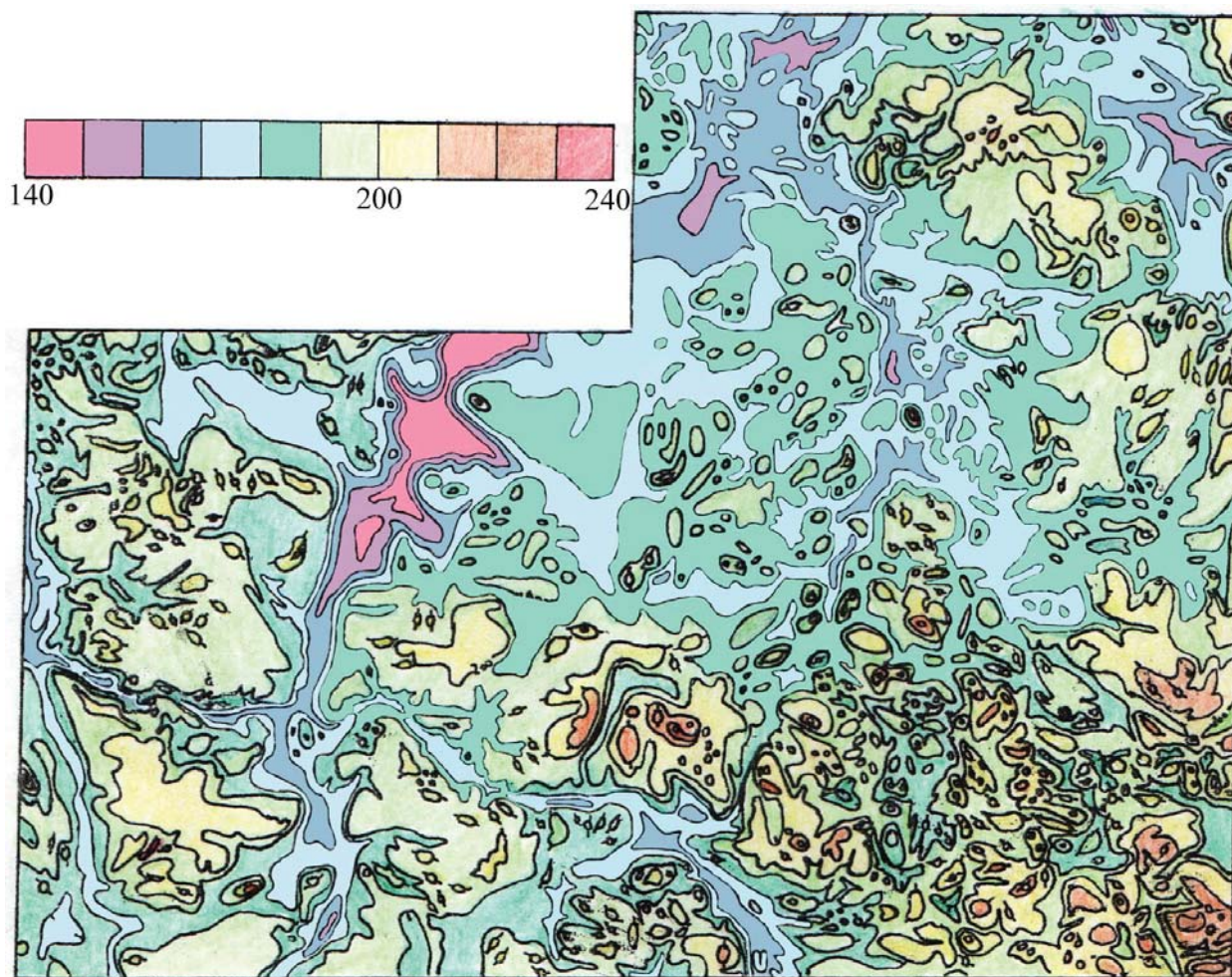
В межах північно-західної частини УЩ, завдяки поєднанню основних їх чинників (корінні породи, ККВ, тектонічний режим, палеогеографічні і палеогеоморфологічні умови), утворились значні розсіпні поля і родовища мінералів титану (ільменіту). ДС також містять останні і, на наш погляд, становити значний їх потенційний ресурс. Швидкий і ефективний метод пошуків ДС є ландшафтно-геоморфологічний аналіз території, який маже вестись за допомогою МАКЗ. Також можуть використовуватись топографічні карти крупного масштабу, а також цифрові моделі рельєфу (ЦМР) [1-3].



1 – тальвеги річкових долин, 2 – болота, 3 – піщані пасма, 4 – горби

Рис. 4. Ландшафтно-геоморфологічна карта району розвитку діапирових структур





**Рис. 5 Карта гіпсометрії поверхні кори вивітрювання кристалічних порід фундаменту території Звягельського тектонічного блоку**

**Список використаних джерел:**

1. Комлев А.А. Мезокайнозойский долинный морфолитогенез северо-западной части Украинского щита и его влияние на образование россыпей. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. - К., 1988.- 24 с.
2. Кошик Ю.А., Тимофеев В.М., Чмыхал В.Н. Особенности рельефа ледниковой области Житомирского Полесья. - К.: Наукова думка, 1976.- 47 с.
3. Тимофеев В.М. Разломно-блоковые структуры и их отражение в рельефе северо-западной части Украинского щита (на прмере Коростенского плутона). Автореф. дисс... канд. геол.-мин. наук. - М., 1982.- 22 с.

## КРИСТАЛОХІМІЯ КОЛУМБІТІВ ПЕРЖАНСЬКОГО РОДОВИЩА

*Хоменко В.М.<sup>1</sup>, к. геол.-мін. н., с. н. с., vladimir.khom@yahoo.com,*

*Черниш Д.С.<sup>1</sup>, к. геол. н., chernysh\_d@ua.fm, Ніссен Й.<sup>2</sup>,*

*1 – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України,  
Київ, Україна,*

*2 – Центр електронної мікроскопії, Технічний університет, Берлін, Німеччина*

Детальне дослідження методами електронного мікроаналіза, мікро-РФА і оптичної мікроскопії серії непокритих шліфів рудних метасоматитів Пержанського родовища дало змогу отримати нові дані щодо кристалохімії колумбіту, наявності в ньому елементів-домішок та характеру їхнього розподілу між нееквівалентними структурними позиціями. Мінерал представлений виключно колумбітом-(Fe). У породі його дрібні зерна (до 10×250 μm) сконцентровані в мікротріщинах між кристалами польових шпатів. У колумбіті-(Fe) виявлено ознаки неупорядкованого розподілу катіонів між позиціями А і В, а також спільного ізоморфного входження в структуру вольфраму і титану. Серед інших нестехіометричних домішок поширені Zn, Pb, Ca, U. Частина іонів заліза, вірогідно, знаходиться у формі Fe<sup>3+</sup> і бере участь у гетеровалентних ізоморфних заміщеннях за участю W і Ti. Хоча ніобій не утворює значних концентрацій у родовищі, його видобуток в якості супутнього компонента разом з іншими критичними металами може бути економічно рентабельним.

## CRYSTAL CHEMISTRY OF COLUMBITES OF THE PERHA DEPOSIT

*Khomenko V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), senior researcher, vladimir.khom@yahoo.com,*

*Chernysh D.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), chernysh\_d@ua.fm, Nissen, J.<sup>2</sup>,*

*1 – M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine,*

*2 – Center for Electron Microscopy (ZELMI), Technische Universität, Berlin, Germany*

A detailed study of a series of uncoated sections of ore metasomatites of the Perha deposit by the methods of electron microanalysis, optical microscopy and micro-XRF made it possible to obtain new data on the crystal chemistry of columbite, the presence of impurity elements in it and about their distribution between non-equivalent structural positions. The mineral is represented exclusively by columbite-(Fe). In the rock, its small grains (up to 10×250 μm) are concentrated in microcracks between feldspar crystals. In the analyzed samples signs of a disordered distribution of cations between positions A and B were detected. Joint isomorphic entry into the columbite structure of tungsten and titanium were revealed. Among other non-stoichiometric impurities, Zn, Pb, Ca, U are the most common. Part of the iron ions is probably in the form of Fe<sup>3+</sup> and takes part in heterovalent isomorphic substitutions involving W and Ti. Although niobium does not form significant concentrations in the Perha deposit, its extraction from columbite-(Fe) in complex with other critical metals can be economically profitable.

Для безпеки і економічної незалежності будь-якої держави вкрай важливим є забезпечення окремими видами природних мінеральних ресурсів. Відсутність останніх на території країни та висока залежність від імпорту можуть стати серйозними проблемами для функціонування економіки. Беручи до уваги дані про запаси, рентабельність видобутку, надійність постачальників, монополізацію ринку тощо Європейська Комісія, починаючи з 2011 р., кожні три роки оприлюднює переліки критично важливої сировини для країн Євросоюзу [7]. У 2021 р. Рада національної безпеки і оборони України схвалила Перелік металічних руд та неметалічних корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності нашої держави [4].

Ніобій і тантал включені до переліку критичної сировини країн Євросоюзу, також їх віднесено до стратегічних корисних копалин в Україні. Завдяки своїм фізичним властивостям (високі температури плавлення, міцність, твердість, електропровідність, стійкість до корозії) ці елементи використовують для виробництва конденсаторів в електронних пристроях (комп'ютери, мобільні телефони); в авіації та аерокосмічній промисловості для виробництва деталей турбін літаків, космічних ракет, супутників; в медицині для виготовлення імплантів та хірургічних інструментів; у металургії як добавки для отримання високоміцної легованої сталі, поліпшення властивостей різних сплавів. З кожним роком економічна важливість ніобію зростає, оскільки збільшується використання сплавів на його основі у сучасних високотехнологічних галузях (робототехніка, безпілотники, вітрові турбіни, 3D-друк).



Наразі найбільшим світовим виробником і постачальником ніобію до країн Євросоюзу є Бразилія (92%), танталу – Демократична республіка Конго (35%) [7]. Україна до війни забезпечувала свої потреби в тантало-ніобієвих концентратах за рахунок імпорту переважно з родовищ Кольського півострова (російська федерація).

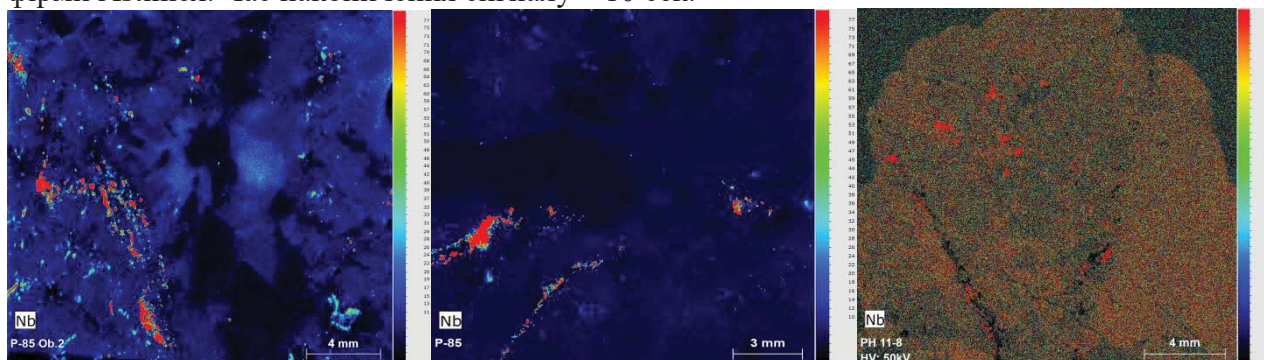
Відомі в Україні родовища і рудопрояви ніобію і танталу залежно від вмісних порід відносять до таких типів [2]:

- рідкіснометалево-фосфатні;
- рідкіснометалеві лужні граніти і метасоматити лужно-гранітного складу;
- рідкіснометалеві пегматити;
- ільменітові, цирконові і циркон-ільменіт-рутилові кори вивітрювання і розсипища.

Пержанське комплексне Be-Nb-REE-Rb-поліметальне родовище належить до другого типу цієї класифікації, руди тут пов'язані зі строкатими метасоматитами лужно-гранітного складу («апогранітами»), причому ніобій не утворює значних концентрацій, але його видобуток в якості супутнього компонента разом з іншими критичними металами може бути економічно рентабельним.

Хоча ніобій і тантал утворюють спільно 36 мінеральних видів [8], для видобутку і виготовлення промислових концентратів найважливішими є мінерали групи колумбіту-танталіту, пірохлор і лопарит. У Пержанському родовищі лєвова частка ніобію (>90%) сконцентрована у колумбіті [1, 3], який у метасоматитах трапляється в асоціації з альбітом, КПШ, флюоритом, цирконом, кварцом, каситеритом і гентгельвіном [5]. Незважаючи на велику кількість публікацій з мінералогії Пержанського рудного вузла, вивченість більшості мінералів досі залишається на фрагментарному рівні і застарілій аналітичній базі 70–80-х років минулого століття.

З метою поглибленого вивчення кристалохімії колумбіту, наявності і розподілу в ньому елементів-домішок, нами проведено детальне дослідження серії непокритих шліфів рудних метасоматитів з відвалів шахти родовища методами електронного мікроаналіза, мікро-РФА і оптичної мікроскопії. Електронний мікроаналіз проводили на приладі JEOL Nureprobe JXA-8530F з п'ятьма спектрометрами. В якості стандартів використовували набір фірми Astimex. Час накопичення сигналу – 10 сек.

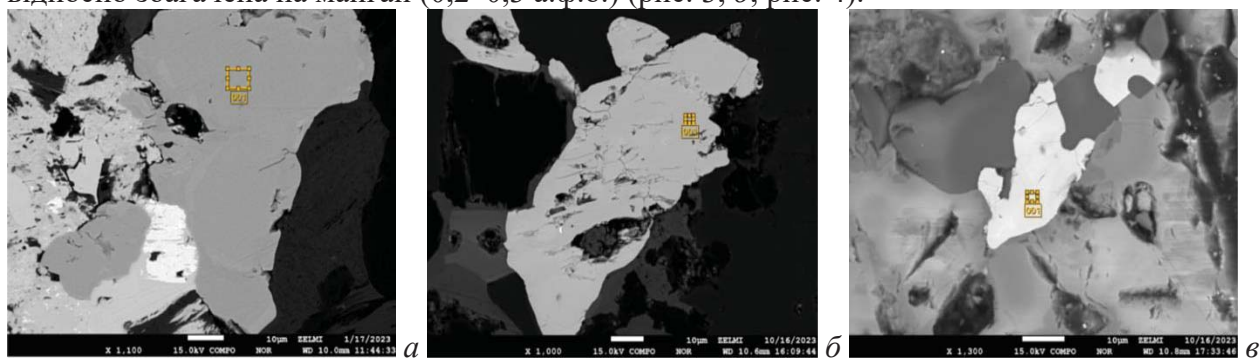


**Рис. 1. Приклади розподілу колумбіту (червоний колір) у зразках метасоматитів Перги (метод мікро-РФА, концентраційні мапи Nb)**

У метасоматитах зерна колумбіту неправильної форми тяжіють до мікротріщин, часто разом з цирконом і флюоритом утворюють «ланцюжки» між великими кристалами польових шпатів, рідше трапляються у вигляді невеликих скупчень дрібних кристалів (рис. 1). Колумбіт здебільшого присутній у формі залишків окремих кристалів з кородованими краями розмірами до  $10 \times 250 \mu\text{m}$ , інколи до 1,5 мм (рис. 2), а також в якості включень у цирконі та зростків з каситеритом. Контакти колумбіту з флюоритом та бастнезитом мають реакційний характер. У деяких зернах спостерігаються ознаки зональності.

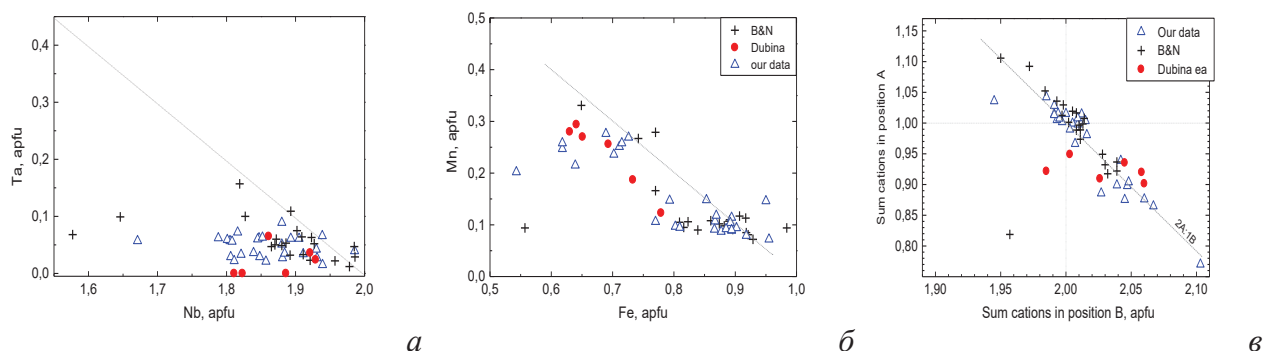
За складом усі проаналізовані зразки Пержанського родовища відносять до колумбіту-(Fe), причому інтервали коливань основних компонентів відносно вузькі (0–0,15 а.ф.о. Та; 0,07–0,33 а.ф.о. Mn) (рис. 3). Водночас за вмістом мангану виокремлюють дві групи зразків:

кількісно переважаюча з концентрацією Mn у вузьких межах від 0,08 до 0,15 а.ф.о. та відносно збагачена на манган (0,2–0,3 а.ф.о.) (рис. 3, б; рис. 4).

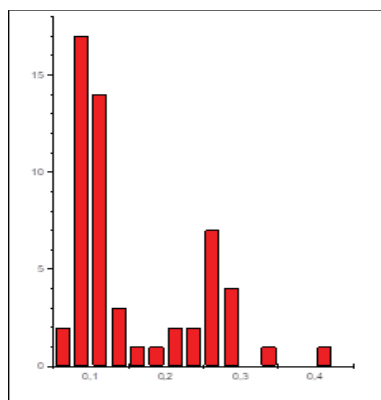


**Рис. 2.** Колумбіт (зерна з виділеними місцями аналізів EDX) в метасоматитах Пержанського родовища: *a* — у контакті з КПШ, флюоритом і бастнезитом; *б* — у зальбанді кварцової жили; *в* — включення колумбіту в Y-флюориті

Незвичною рисою колумбітів Перги є нечітка негативна кореляція між вмістом Fe і Mn і практично відсутність кореляції між Nb і Ta (рис. 3, *a*, *б*), що свідчить про складні схеми ізоморфізму з залученням основних елементів в обох структурних позиціях. Водночас чітка негативна кореляція між сумами елементів, які заселяють позиції А і В в колумбітах з упорядкованою структурою (рис. 3, *в*) однозначно вказує на входження в позиції А HFSE, які зазвичай концентруються в позиції В.

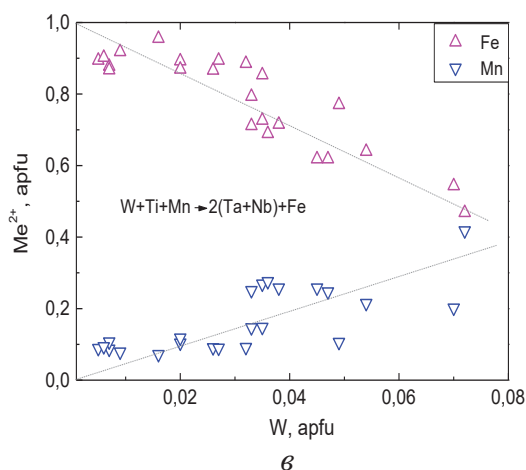
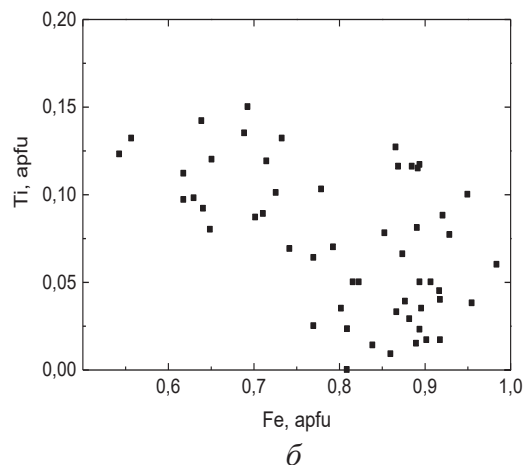
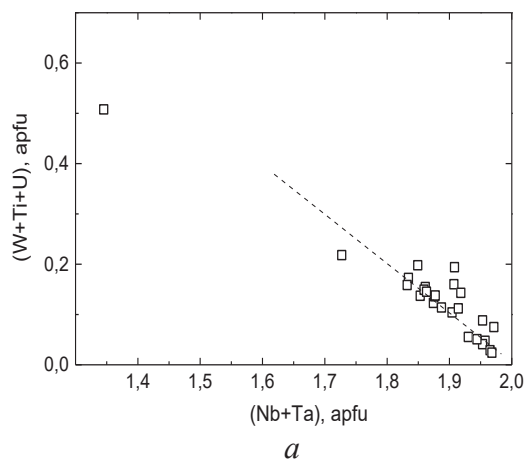


**Рис. 3.** Кореляції між вмістом Nb і Ta (*a*), Fe і Mn (*б*), та сумарним вмістом елементів у структурних позиціях А (Fe+Mn+Zn+Ca+Pb+REE) і В (Nb+Ta+Ti+W+Sn+U+Th) (*в*). Окрім наших даних, використані опубліковані мікрозондові аналізи [1, 6]. Пунктирними лініями позначені теоретичні (стехіометричні) залежності



**Рис. 4.** Гістограма концентрацій мангану в колумбітах Пержанського родовища за даними 55 точкових аналізів

Найпоширенішими домішками у складі колумбітів є Ti, Al, W, Mg, Ca [10]. Отримані нами результати показують, що в колумбітах Пержанського родовища найпоширенішими другорядними елементами є Ti, W, Zn, Pb. За даними [9], вольфрам входить у позиції В структури колумбіту разом з титаном за схемою  $2(\text{Nb}+\text{Ta})^{5+} \rightarrow \text{W}^{6+}+\text{Ti}^{4+}$ . Такий ізоморфізм поширений також у досліджених нами зразках, що впливає з кореляції на рис. 5 (*a*).



**Рис. 5. Графіки кореляцій між сумами високозарядних катіонів: а — (Nb+Ta) і (W+Ti+U); б — Fe і Ti; в — W і Fe та Mn. Для побудови графіка б використано дані [1, 6]**

Таким чином, частина іонів заліза має перебувати у колумбіті у трьохвалентній формі, а позитивна кореляція між W та Mn (рис. 5, в) є уявною, що виникає за рахунок поєднання заміщень  $Ti^{4+} + Mn^{2+} \rightarrow 2Fe^{3+}$  та  $2(Nb+Ta)^{5+} \rightarrow W^{6+} + Ti^{4+}$  у позиціях А і В, відповідно.

Для кращого розуміння виявлених кристалохімічних особливостей колумбіту-(Fe) Пержанського родовища, їхнього типоморфного значення і фізико-хімічних чинників, які їх обумовлюють, заплановано додаткові дослідження методами рентгенівської дифрактометрії, електронної мікроскопії і ІСР.

#### Список використаних джерел:

1. Бучинская К.М., Нечаев С.В. Тантал-ниобиевая минерализация Пержанского рудного узла. *Минералогический журнал*. 1994. 16, №1. С. 15–29.
2. Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И., Кулиш Е.А., Нечаев С.В., Третьяков Ю.И., Шумлянский В.А. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины: в 2-х т. Т. 1. Металлические полезные ископаемые. Киев–Львов: Центр Европы, 2005. 785 с.
3. Металиди С.В., Нечаев С.В. Суцано-Пержанская зона (геология, минералогия, рудоносность). Киев: Наукова думка, 1983. 136 с.
4. Перелік металічних руд та неметалічних корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0046525-21#n66> (дата звернення 25.09.2024).
5. Chernysh D.S., Khomenko V.M., Nissen J. Typical features of the chemical composition of columbites from Perha metasomatites, North-West of Ukrainian Shield. *Programme and abstracts of 4th European mineralogical conference, Dublin 18–23 August 2024*. P. 287.
6. Dubyna O., Kryvdik S., Belsky V., Vyshnevskiy O. Features of berillium and rare metal mineralization in syenite of the Perga deposit (Ukrainian shield). *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сер. Геологія*. 1(88)/2020. С. 92–97.

7. Grohol M., Veeh C. Study on the critical raw materials for the EU 2023 – Final report. Publications Office of the European Union, 2023. Режим доступу: <https://data.europa.eu/doi/10.2873/725585> (дата звернення: 25.09.2024).

8. The New IMA List of Minerals. Режим доступу: [https://cnmnc.units.it/files/IMA\\_Master\\_List\\_\(2024-09\)-1.pdf](https://cnmnc.units.it/files/IMA_Master_List_(2024-09)-1.pdf) (дата звернення 25.09.2024).

9. Siachoque A., Garcia R., Vlach S.R.F. Occurrence and Composition of Columbite-(Fe) In the Reduced A-Type Desemborque Pluton, Graciosa Province (S-SE Brazil). *Minerals*, 2020, 10, 411. doi:10.3390/min10050411.

10. Wenger, M., Armbruster, T., and Geiger, C.A. Cation distribution in partially ordered columbite from the Kings Mountain pegmatite, North Carolina. *American Mineralogist*. 1991. 76. P. 1897–1904.



# ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗРОБКОЮ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН



## **РОЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ВИДОБУВАННЯ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПОКЛАДІВ НА ЗМІНИ ЕКОЛОГО- ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА**

*Касьяненко Д.Л., аспірант, law@kasyanenko.com.ua,*

*Улицький О.А., д. геол. н., проф., olegulytsky@gmail.com;*

*Д'яченко Н.О., к. геол. н., с.н.с., natalidyachenko1969@gmail.com;*

*Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, м. Київ, Україна*

У статті наведено результати дослідження та розрахунків максимальних параметрів майбутнього кар'єру Гуляйпільського родовища залізистих кварцитів в залежності від існуючих гірничо-геологічних, структурно-тектонічних та гідрогеологічних умов ділянки дослідження. Визначено, що до негативних наслідків приводять процеси зрушення бортів глибоких кар'єрів. Аналіз їх стану засвідчив, що зсувні явища набувають масового характеру починаючи з фактичної глибини кар'єру 300-500 м. В той же час, гірничорудна галузь при виробництві своєї продукції видає велику кількість відходів, маса яких перевищує обсяги видобутої руди. Для оцінки площі впливу майбутнього кар'єру, авторами створено 3D-модель кар'єру, висвітлені питання створення умов мінімізації впливу розробки залізистих кварцитів з точки зору збереження ресурсів підземних вод, рекомендований комбінований спосіб розробки корисних копалин (відкритий - до 400 м та підземний – з глибини 400 м за допомогою вертикальних стовбурів).

## **THE ROLE OF TECHNOLOGICAL FACTORS IN THE EXTRACTION OF IRON ORE DEPOSITS ON CHANGES IN THE ENVIRONMENTAL AND HYDROGEOLOGICAL ENVIRONMENT**

*Kasyanenko D., postgraduate, law@kasyanenko.com.ua,*

*Ulytsky O., Dr. Sci. (Geol.), Prof., olegulytsky@gmail.com;*

*Diachenko N., Cand. Sci. (Geol.), senior researcher, natalidyachenko1969@gmail.com;*

*State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, Ukraine*

The article presents the results of the research and calculations of the maximum parameters of the future quarry of the Gulyaipil deposit of ferruginous quartzites, depending on the existing mining-geological, structural-tectonic and hydrogeological conditions of the study area. It was determined that the processes of displacement of the sides of deep quarries lead to negative consequences. Analysis of their condition proved that landslides become massive starting from the actual pit depth of 300-500 m. At the same time, the mining industry produces a large amount of waste during the production of its products, the mass of which exceeds the volume of mined ore. To assess the area of impact of the future quarry, the authors created a 3D model of the quarry, highlighted the issues of creating conditions for minimizing the impact of iron quartzite development from the point of view of preserving groundwater resources, recommended a combined method of mineral development (open up to 400 m and underground – with depth of 400 m using vertical shafts).

**Вступ.** Існуючий стан розробки рудних покладів включає багато питань як з погляду перспективи розвитку родовищ та ефективності використання надр, так й з екологічного впливу на довкілля при видобуванні. Видобувні підприємства, для яких характерний підземний спосіб видобування із застосуванням камерних систем, спрямували свої зусилля переважно на відпрацювання глибоко залягаючих рудних тіл з високим вмістом корисного компоненту. В той же час, на верхніх горизонтах підземних рудників КЗБ залишені значні обсяги магнетитових кварцитів, що зараз мають промисловий інтерес і розглядаються в якості резерву розвитку сировинної бази України. При цьому, окремі шахти за рахунок нерентабельності виведені з експлуатації (шахта «Першотравнева»), тобто, частина запасів безповоротно втрачена.

При відкритому способі розробки виникає велика кількість порожнеч, які розташовані під дном і бортами діючих кар'єрів, під міськими забудовами. Лише у КЗБ їх вже понад 10 млн. м<sup>3</sup>. До негативних наслідків приводять процеси зрушення бортів глибоких кар'єрів. Аналіз їх стану засвідчив, що зсувні явища набувають масового характеру починаючи з фактичної глибини кар'єру 300-500 м. В той же час, гірничорудна галузь при виробництві своєї продукції видає велику кількість відходів, маса яких перевищує обсяги видобутої руди. За даними фахівців забезпечення високого рівня виробництва, промислової безпеки та

підвищення ефективності роботи можливо внаслідок впровадження комбінованої відкрито-підземної технології розробки рудних родовищ. Прикладом такого застосування є Північний гірничо-збагачувальний комбінат, де були закриті сучасні стволи Першотравневого рудоуправління та відкриті роботи на Першотравневому кар'єрі ВАТ «ПівніГЗК».

За підсумками, сучасне функціонування залізорудної промисловості України має наступні специфічні риси: певна вичерпаність багатих легкодоступних родовищ корисних копалин; велика глибина ведення робіт на кар'єрах; зношеність основних виробничих фондів; значні коливання світової ринкової кон'юнктури; екологічні збитки від діяльності видобувних підприємств; відсутність відкриття нових шахт та кар'єрів; військова агресія проти України, яка внесла корективи у промислову розробку залізних руд.

Слід зазначити, що видобувна промисловість – це основне історичне джерело шкоди навколишньому середовищу. У той час як уряди країн світу працюють над підтримкою переходу до більш зеленого економічного зростання, та сприяють не тільки підтримці поліпшення екологічних показників у гірничодобувному секторі але й забезпеченню того, щоб ця галузь могла стати прогресивною частиною екологізації економіки, Україна лише розглядає основні приклади екологічної шкоди, спричиненої різними формами видобутку корисних копалин. На сьогодні ще не створено стандартизованих підходів щодо вирішення прикладних завдань стосовно визначення факторів екологічного впливу видобування залізорудних покладів на прикладі різних способів їх розробки. Це питання обумовлено існуючою десятиріччями традиційною кар'єрною формою видобутку металевих корисних копалин в Україні без врахування альтернативних способів розробки.

Оцінка та прогнозування наслідків видобутку корисних копалин проводилась на прикладі Гуляйпільського родовища залістистих кварцитів, яке увійшло до «Переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), що мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави» [1].

Слід зазначити, що розробка родовищ відкритим способом призводить до істотної зміни екологічної обстановки, що проявляється в техногенному впливі на всі компоненти геологічного середовища. Експлуатація кар'єрів призводить до порушення природних ландшафтів і впливає на якісний склад природних вод. Наприклад, збільшення видобутку у фінській Лапландії спричинило вилуговування металу та підвищене навантаження миш'яку (As), сурми (Sb), нікелю (Ni) і сульфату ( $SO_4^{2-}$ ) у системі поверхневих або ПВ, що призвело до потреби пошуку економічно ефективних активних і пасивних методів очищення кар'єрних вод [4].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** За даними фінських дослідників [2] характер і масштаби впливу гірничодобувної діяльності на довкілля залежать від геологічних особливостей рудного родовища, від його розміру та форми, концентрації корисного компонента, а також від застосованих методів видобутку та збагачення, обраних технічних рішень і методів очищення, від зобов'язань власника підприємства здійснювати й удосконалювати діяльність у такий спосіб, щоб викиди в навколишнє середовище були мінімальними. Тому, використання той чи іншої технології видобування залежить, перш за все, від природних чинників.

За думкою вітчизняних фахівців [3] технологія розробки корисних копалин залежить від глибини залягання останніх, тобто, розробку корисних копалин відкритим способом застосовують у разі залягання їх на порівняно невеликій глибині, що не перевищує, як правило, 300 - 400 м (хоча нині існують кар'єри, глибина яких перевищує 500 м). Підземний (шахтний) спосіб розроблення застосовують у разі великих глибин залягання родовищ (понад 500 м). Комбінований спосіб розроблення родовищ залізних руд застосовують для розроблення потужних крутопадаючих рудних тіл.

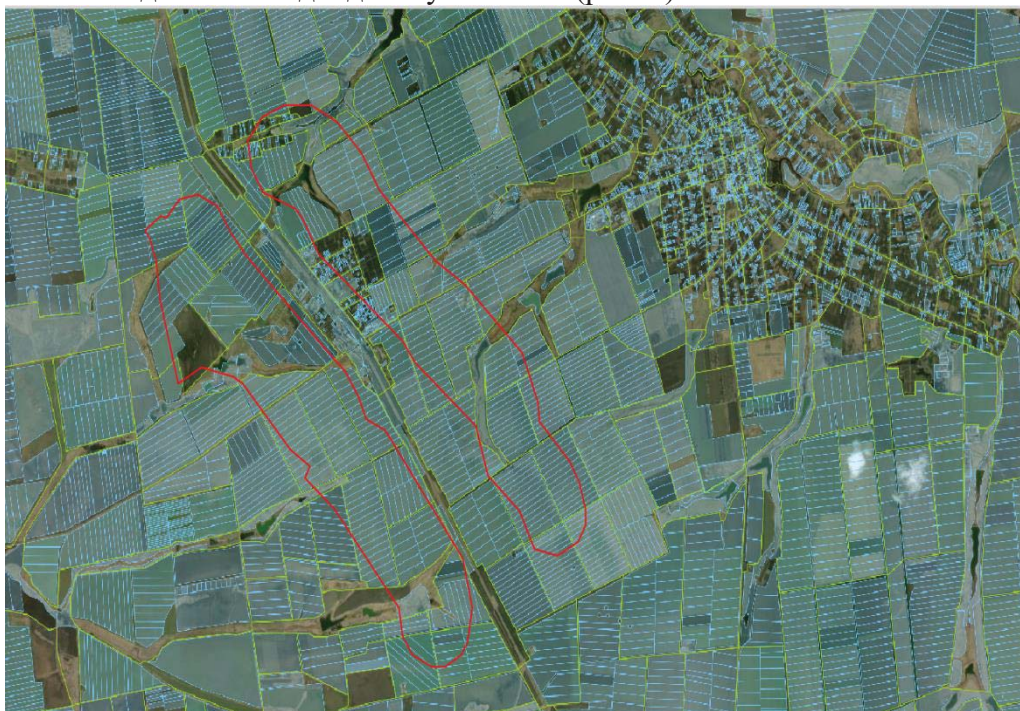
Нині відкритим способом видобувають основну масу корисних копалин, зокрема близько 80 % залізорудної сировини, приблизно 60 % марганцевих руд і майже 70 % руд кольорових металів, що пояснюється більшою економічною ефективністю відкритих розробок



порівняно з підземними. на довкілля, пріоритетним чинником переважно є економічна складова видобутку.

**Мета роботи.** Метою цієї роботи є визначення впливу ймовірного технологічного чиннику видобування залізородних покладів на зміни еколого-гідрогеологічного середовища Гуляйпільського родовища залістистих кварцитів в залежності від структурно-геологічних, тектонічних, гідрогеологічних умов родовища, оцінка впливу майбутнього кар'єру на довкілля, розрахунки максимальних параметрів майбутнього кар'єру родовища, створення 3D-моделі кар'єру, висвітлення питань створення умов мінімізації впливу розробки залістистих кварцитів з точки зору збереження ресурсів підземних вод.

**Результати дослідження.** Для оцінки майбутніх масштабів впливу ймовірного технологічного чиннику (кар'єрного або підземного видобутку корисних копалин) на довкілля в контексті ефективності видобутку, розглянемо територію Гуляйпільського родовища залістистих кварцитів, яке розташовано в Запорізькій області, Гуляйпільського району, на відстані 3 км на південний захід від м. Гуляй Поле (рис. 1).



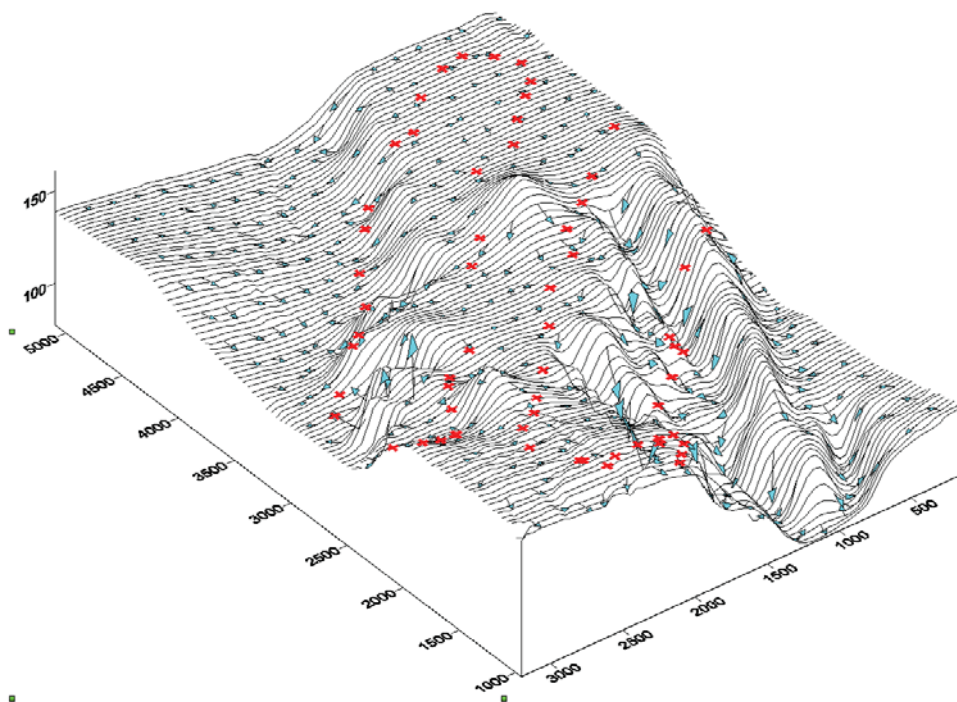
**Рис. 1. Результат поєднання винесення покладу в натуру (червоний кольори) та фрагменту інформаційної мапи з ДКОАТУУ.**

Умовні позначки: 1 – винесення контурів покладів в натуру (червоний колір)

Гуляйпільське родовище має 2 контури (Західний та Східний), що повторюють форму еліпсу, що витягнутий у ПнЗ напрямку ( $310-315^\circ$ ) на 9 км, завширшки до 3 км, площею 27,5 км<sup>2</sup>. Площа родовища - 936 га. Пласти кварцитів, які присутні в Західному та Східному крилах однойменної синклінальної складки, складають біля 3,5 млрд. т. (прогнозні ресурси залістистих кварцитів Гуляйпільської синкліналі) та оцінені до глибини 600 м. Протяжність пласта залістистих кварцитів 17 км.

Для отримання гідрологічних характеристик поверхні та оцінці напрямку природного стоку поверхневих вод в зоні родовища, в дослідженні застосовані прийоми морфометричного градієнтного аналізу картографічного матеріалу. Результат математичної обробки - тривимірна модель напрямку природного стоку поверхневих вод (рис. 2).





**Рис. 2. Результат моделювання напрямку природного стоку поверхневих вод в зоні родовища.**

Умовні позначки: 1 – ореоли рудного тіла (червоні хрести), 2 – напрямок природного стоку поверхневих вод (зелені стрілки)

Поверхневий стік є значною частиною загального водоприпливу у відкриті гірничі виробки. У загальному випадку він складається з поверхневого стоку в межах локального водозбірного басейну і суми атмосферних опадів у рідкому і твердому видах, що надходять на площі кар'єрного поля. Оскільки на площі родовища знаходяться верхів'я балок: с заходу та південного заходу – Гончарихи, Різаної, Шестіпол'я, з північного заходу – Соленої, Попова та Кучерявої, логічно що напрямок природного стоку направлено до цих яр-балкових мереж. Схили балок пологі, раніше були зайняті посівами, водотік спостерігається в паводковий сезон. До війни ці балки використовували для накопичення води для зрошення.

*Геолого-економічна оцінка Гуляйпільського родовища.* З точки зору геолого-економічної оцінки Гуляйпільського родовища, воно характеризується великими компактно локалізованими запасами залістих кварцитів (3,5 млн. т категорії В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub>). Руди родовища, незважаючи на відносно невисокий зміст заліза магнетитового (16,6%) при загальному залізі 25,2% є легкозбагачуваними за простими схемами магнітної сепарації і забезпечують можливість отримання високоякісних концентратів (69-70,3%).

Зараз ця територія знаходиться в «сірій зоні», але в Україні відбувається повоєнне відновлення інфраструктури та економіки. За думкою фахівців «Метінвесту» [5] Україна може замінити на європейському ринку всю російську металопродукцію. Для таких дій потрібні розробки нових родовищ корисних копалин. Оскільки Гуляйпільське родовище увійшло до «Переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави» [1], що надаватимуться у користування шляхом проведення аукціонів з продажу спеціальних дозволів на користування надрами та на умовах угод про розподіл продукції, його доцільно включити в державний план розробки корисних копалин.

Саме тому, можливо саме розробка Гуляйпільського родовища створить умови для відновлення соціалізації території у зв'язку зі створенням нових робочих місць, що насамперед підвищить економічний потенціал регіону.

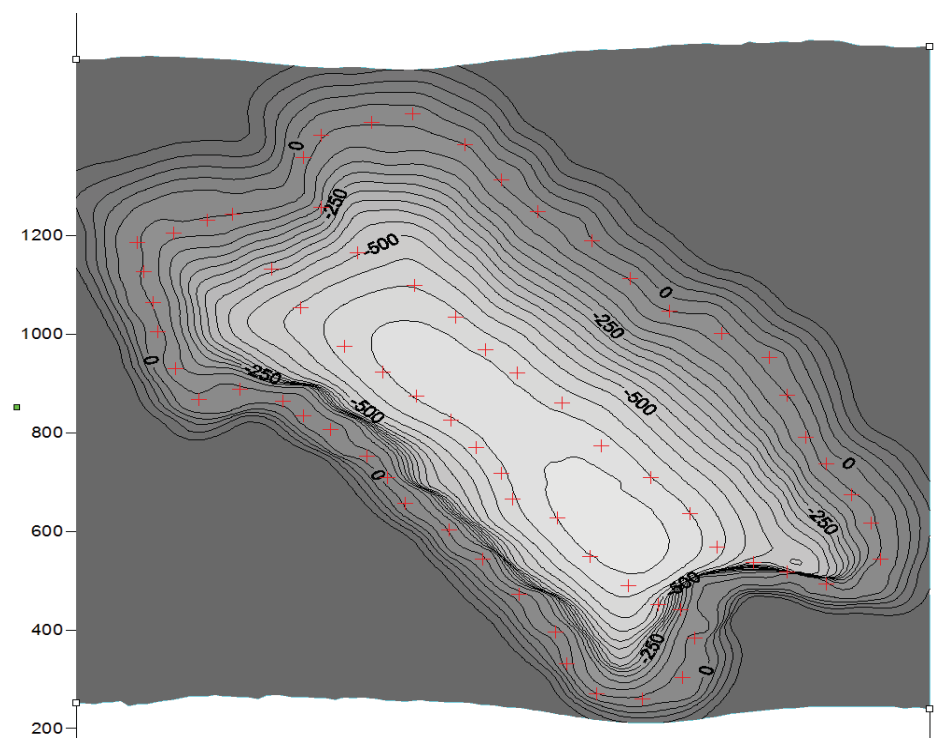
*Геологічні, гідрогеологічні, тектонічні, особливості Гуляйпільського родовища залістих кварцитів. Геологічна будова.* В геологічній будові родовища беруть участь складно дислоковані та глибокометаморфізовані комплекси порід докембрію, кора

вивітрювання і осадові відклади мезокайнозою. Розкривні породи: четвертинні відклади – суглинки, глини, піски; полтавські; харківські – піски, пісковики, алевроліти, глини; бучацькі – зверхньодрібні піски, глини, мергелі; кора вивітрювання – глиноподібна пісковиковоподібна «м'яка кора» та кристалічні породи (метаморфічні породи) – кварцити, сланці [7].

*Тектонічна будова.* У тектонічному відношенні Гуляйпільський район знаходиться у Приазовському кристалічному масиві, який є південно-східною частиною Українського щита (УЩ). Кордоном Приазовського регіону служить Бердянська зона розломів на півдні, яка відокремлює його від Азово-Чорноморської западини. На півночі регіон межує з Південно-Донбаською зоною розломів із Дніпрово-Донецькою западиною (ДДЗ) та складчастим Донбасом. Східна його околиця проходить по Грузько-Еланчикській зоні розломів, пастка – по Ореховській шовній зоні (Оріхово-Павлоградська складчаста зона). Характерною особливістю Гуляйпільського блоку є північно-західне простягання в ньому розломів, порід та шарнірів складчастих структур, що підкреслює незгоду його з сусідніми структурами – Корсакською та Орехово-Павлоградською складчастими зонами [8].

*Гідрогеологічна будова.* В гідрогеологічному відношенні Гуляйпільське родовище залізистих кварцитів розташовано на північно-західній окраїні Консько-Ялинського малого артезіанського басейна, який знаходиться в межах гідрогеологічної області тріщинних вод Українського кристалічного масиву. В межах родовища встановлено 7 водоносних горизонтів. Основними горизонтами, які обводняють родовище і охоплюють територію в радіусі 8-10 км навколо родовища є: безнапірний полтавсько-харківський водоносний горизонт та напірні водоносні горизонти кори вивітрювання та кристалічних порід докембрію [9].

Інженерно-геологічні та гірничо-технічні умови досить складні, середня потужність розкриття сягає 120 м, коефіцієнт розкриття  $1,1 \text{ м}^3/\text{м}^3$ . Аналіз застосування способів розкриття родовищ, зокрема, з урахуванням роботи [10], та виходячи з особливостей геолого-тектонічної будови (круте падіння крил синклінальної складки з зануренням на глибини більш ніж 1000 м) та отриманих нами розрахунків довжини та ширини майбутнього кар'єру, та створеної 3D-моделі останнього (рис. 3), розробка кварцитів Гуляйпільського родовища може бути здійснена комбінованим способом, тобто до глибин 400 м – відкрита розробка, глибше – підземна.



**Рис. 3.** 3D-модель майбутнього кар'єру Гуляйпільського родовища.  
Умовні позначки: 1 – контур рудних тіл (червоні хрести)

Екологізація видобутку корисних копалин передбачає втілення передової практики управління водними ресурсами на різних етапах видобутку, що передбачає вибір найбільш відповідних моделей розрахунків та вимірювань, а також втілення методів контролю у вигляді моніторингу.

**Висновки.** За результатами проведеної оцінки та розрахунків максимальних параметрів майбутнього кар'єру Гуляйпільського родовища залізистих кварцитів в залежності від існуючих гірничо-геологічних, структурно-тектонічних та гідрогеологічних умов ділянки дослідження, створено 3D-модель кар'єру, висвітлені питання створення умов мінімізації впливу розробки залізистих кварцитів з точки зору збереження ресурсів підземних вод та їх відтворення, розроблено схему водопостачання та водокористування під час видобутку. Рекомендовано комбінований спосіб розробки залізистих кварцитів (відкритий - до 400 м та підземний – з глибини 400 м за допомогою вертикальних стовбурів) для мінімізації негативних наслідків процесу зрушення бортів глибоких кар'єрів.

#### Список використаних джерел:

1. Рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про стимулювання пошуку, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави» від 16 липня 2021 року. № 306/2021. Введений в дію 27.07.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0046525-21#Text> (дата звернення 5.08.23)

2. Kauppi, Tommi & Kauppi, Päivi & Räisänen, M.L. & Makkonen. *Summary: Good practices in assessment of the environmental impacts of mining projects*. Espoo 2015. – 141 p.

3. Дриженко А.Ю. *Відкриті гірничі роботи*. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т – Д.: НГУ, 2014. – 590 с.

4. Uzair Akbar Khan, Katharina Kujala, Soile P. Nieminen, Marja iisa Räisänen, Anna-Kaisa Ronkanen Arsenic, antimony, and nickel leaching from northern peatlands treating mining influenced water in cold climate. *Science of The Total Environment*, V. 657, 2019. – P. 1161-1172. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.455>

5. Kryl A. He future of trade of Ukraine and the European Union opportunities and prospects. Ukraine's Future Summit, 2024. URL: <https://ebsummits.eu/our-summits/future-of-ukraine/2024/programme/> (дата звернення 5.04.24).

6. Peter Morris, Riki Therivel, Graham Wood. *Methods of Environmental and Social Impact Assessment*, 4th Edition, Pub. Location New York, 2017. – 740 p. <https://doi.org/10.4324/9781315626932>

7. Каталенец А.И., Пирогова В.В. *О метасоматозе на Гуляйпольском месторождении*. В кн. Минералогия рудных месторождений Украины. К.: Наук. думка, 1984. – С. 149-159.

8. Каталенец А.И., Качанов Е.Н., Кривонос В.П., Могилевец И.И. Структуры железорудных полей и месторождений Приазовья. *Изв. высш. учеб. заведений. Геология и разведка*. 1986, №12. – С. 28-39

9. Улицький О.А., Д'яченко Н.О., Савлучинський О.М, Гайовий О.В. Оцінка потенційного впливу промислового видобутку залізистих кварцитів Гуляйпільського родовища на довкілля. *Гірнична геологія та геоекологія*, 2021. № 2 (3). – С. 43-64.

10. Ulf Linder. *Mining and Construction - Special Innovations: RCS*, Atlas Copco Rock Drills AB, SE-701 91 Örebro, Sweden, 2011, №1. – С. 20-22

11. Kauppi, P., Räisänen, M.L. & Myllyoja, S. Best Environmental Practices in Metal Ore Mining. *Finnish Environment*, 29 en, 2011. – 83 p.

## СТАН ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ СУПУТНІХ ПЛАСТОВИХ ВОД НА ДОБРІВЛЯНСЬКОМУ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМУ РОДОВИЩІ (ПЕРЕДКАРПАТТЯ)

*Гарасимчук В.Ю.<sup>1</sup>, к. геол. н., v\_harasymchuk@ukr.net;*

*Медвідь Г.Б.<sup>1</sup>, к. геол. н., halmedvid@gmail.com;*

*Чебан О.В.<sup>2</sup>, к. геол., ovcheb2015@gmail.com;*

*Телегуз О.В.<sup>1</sup>, к. геогр. н., olga\_teleguz@ukr.net,*

*1 – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна,*

*2 – ТОВ "НГСН", Київ, Україна*

Проведено аналіз стану екологічної безпеки при утилізації супутніх пластових вод в частині мінімізації впливу на підземні води на прикладі Добрівлянського газоконденсатного родовища. Моніторинг підземних вод ділянки Добрівлянського газоконденсатного родовища для четвертинного водоносного горизонту показав, що якісний стан води залишається незмінно добрим. Додатково було відібрано і проаналізовано води із колодязів домогосподарств с. Добрівляни. За фізико-хімічними параметрами відібрані води відповідають гігієнічним вимогам до води питної, призначеної для споживання людиною. Встановлено, що утилізація супутніх пластових вод на Добрівлянському газоконденсатному родовищі відбувається згідно "Правил розробки нафтових і газових родовищ" і з дотриманням принципу екологічної конверсії.

## ENVIRONMENTAL SAFETY DURING THE UTILIZATION OF PRODUCED WATER AT THE DOBRIVLIANY GAS CONDENSATE FIELD (PRECARPATHIAN REGION)

*Harasymchuk V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), v\_harasymchuk@ukr.net;*

*Medvid H.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), halmedvid@gmail.com;*

*Cheban O.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), ovcheb2015@gmail.com;*

*Telehuz O.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geogr.), olga\_teleguz@ukr.net,*

*1 – Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine,*

*2 – "OGSN LLC", Kyiv, Ukraine*

The article analyzes the state of environmental safety during the utilization of produced water in terms of minimizing the impact on groundwater on the example of the Dobrivliany gas condensate field. Monitoring of groundwater in the Dobrivliany gas condensate field for the Quaternary aquifer showed that the water quality remains consistently good. Additionally, water was sampled and analyzed from the wells of households in the Dobrivliany village. According to the physical and chemical parameters, the water sampled meets the hygienic requirements for drinking water intended for human consumption. It has been established that the utilization of produced water at the Dobrivliany gas condensate field is carried out in accordance with the "Rules for the Development of Oil and Gas Fields" and in compliance with the principle of ecological conversion.

**Вступ.** Розвиток екологічної кризи в сучасному світі вимагає відмови від екологічно небезпечних технологій у багатьох галузях промисловості. Екологічної конверсії потребує і видобувна промисловість. Під терміном «екологічна конверсія» у нафтогазовій промисловості розуміємо застосування таких технологій, що ведуть до мінімального споживання енергії, природних ресурсів, мінімального впливу на довкілля, повне знешкодження усіх видів відходів, що утворюються внаслідок такої діяльності.

Одним з найбільш шкідливих факторів впливу нафтогазової промисловості на довкілля є накопичення супутніх пластових вод (СПВ). СПВ є побічним нецільовим продуктом видобутку нафти, газу та газового конденсату. Вони піднімаються на поверхню із свердловини разом з вуглеводневою продукцією, часто утворюють їхні суміші, що потребує додаткових затрат для їх сепарації чи «осушення» газів. У процесі розробки родовища частка вуглеводневої продукції у суміші зменшується, натомість зростає частка СПВ. На завершальному етапі розробки родовища частка СПВ може перевищувати 90 %, що призводить до економічної недоцільності подальшої експлуатації свердловин.

У світі використовують наступні підходи щодо утилізації цих вод: скидання в океан (у випадках, коли видобуток вуглеводнів ведеться у морській акваторії, а СПВ мають невисоку мінералізацію та лімітовані вмісти органічних речовин), закачування у глибокі водоносні



горизонти, евапорація, вторинне використання у промисловості і сільському господарстві (іригація нехарчових рослин за умов високої очистки таких вод) [1]. Останній підхід є найбільш актуальними для країн Близького Сходу, які володіють обмеженими ресурсами природних вод. Найчастіше СПВ повертають у виснажені горизонти вуглеводневих родовищ, звідки ці води і поступили. Нагнітання цих вод слугує також додатковим механізмом підняття пластового тиску з метою інтенсифікації видобутку вуглеводнів.

**Мета дослідження** – аналіз стану екологічної безпеки при утилізації СПВ, а саме, мінімізації впливу на підземні води, на прикладі Добрівлянського газоконденсатного родовища (ГКР).

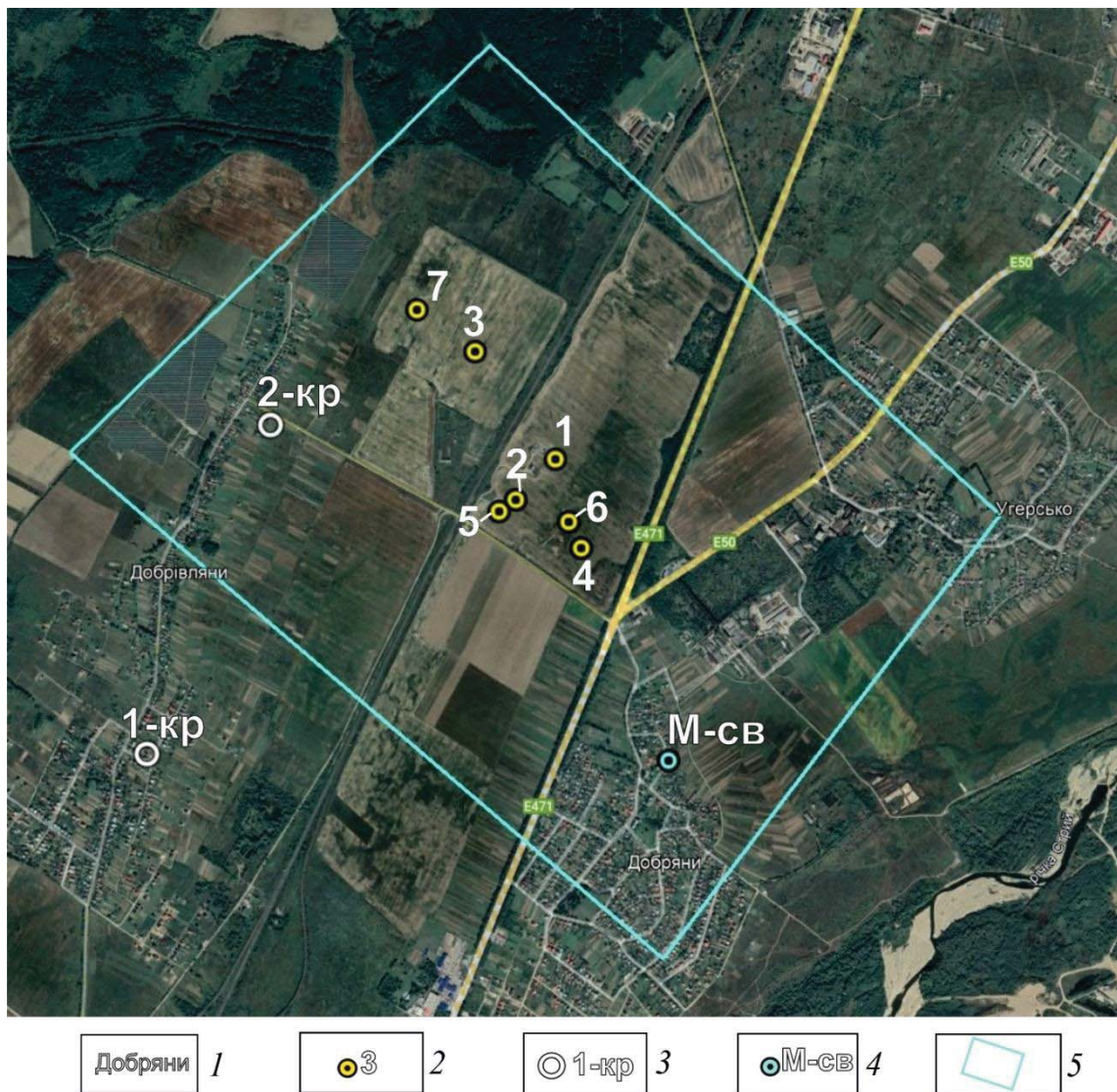
**Матеріали і методи.** В Україні підходи щодо утилізації СПВ регламентуються "Правилами розробки нафтових і газових родовищ", затверджених наказом Міністерства енергетики України № 118 від 17.03.2017 р. Згідно цього документа заходи з охорони навколишнього середовища мають включати повну утилізацію СПВ шляхом нагнітанням їх в продуктивні пласти з метою підтримання пластового тиску або в глибокі поглинальні горизонти. Підготовчі роботи передбачають відділення СПВ від нафти чи газового конденсату, очищення від механічних домішок і сполук Феруму, які можуть колювати поровий простір поглинаючого горизонту.

Для вибору пласта-колектора з метою повернення в нього СПВ визначальними умовами є геолого-тектонічна будова структури та її гідрогеологічні характеристики, які забезпечуватимуть надійну ізоляцію поглинальних горизонтів. Необхідними умовами також є достатня ємність поглинального горизонту (потужність, пористість і проникність) та геохімічна сумісність підземних вод із СПВ [2, 3].

Хіміко-аналітичні визначення виконані в Лабораторії проблем геоєкології ІГГГК НАН України, компетенція якої затверджена Свідоцтвом про відповідність вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 «Системи керування вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання» № РЛ 035/24 від 05 червня 2024 р., чинне 5 років, видане Львівським науково-виробничим центром стандартизації, метрології та сертифікації ДП «Львівстандартметрологія».

**Результати та їх обговорення.** Геологічна будова та нафтогазоносність. Добрівлянське ГКР знаходиться у північно-західній частині Косівсько-Угерської підзони Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Розріз родовища сформований платформенними карбонатно-теригенними мезозойськими ( $K_2+N_1k$ ) та глинисто-евапоритовими і піщано-глинистими моласовими кайнозойськими відкладами ( $N_{1bd}+N_{1s}$ ). Регіональним водотривким шаром між ними є відклади тираської світи та баранівські верстви бадену. Тектонічні порушення переважно прослідковуються в крейдово-карпатійських ( $K_2-N_1k$ ) відкладах. Добрівлянське ГКР відкрито в 2016 році, при випробуванні із свердловини 1-Добрівляни в інтервалі глибин 1142-1136 м отримали проплив газу дебітом 16,12 тис. м<sup>3</sup>/добу на штуцері 6,02 мм при пластовому тиску 4,33 МПа. Протягом 2016-2019 рр. на території родовища було пробурено 7 свердловин, при випробуванні яких, отримані промислові припливи газу з горизонтів  $N_{1s1}$  (НД-9, НД-12) та  $K_2-N_1k$ . У 2017 р. родовище введене в пробну експлуатацію (рис. 1).

Гідрогеологічні умови. В мезозойсько-карпатійському комплексі водоносними є пісковики та вапняки верхньої крейди і пісковики та алевроліти карпатію. Припливи вод в свердловинах становили 200-600 м<sup>3</sup>/д при зниженні рівня на 100-200 м від статичного. Мінералізація вод комплексу становить 67,4-100,3 г/дм<sup>3</sup>. Води мають хлоридний натрієвий макрокомпонентний склад. Значення генетичних коефіцієнтів ( $r_{Na/rCl} = 0,88-0,99$ ,  $Cl/Br = 233-287$ ) за відповідної мінералізації відображають механізм давньої елізії солянок вилуговування із глинисто-соленосних молас Стебницького покриву та заповнення ними платформенних порід-колекторів [4]. Комплекс характеризується ознаками застійного гідродинамічного режиму. Ці води є підшовними для покладу газового конденсату.



**Рис. 1. Схема розташування свердловин та точок відбору проб води:**  
**1 – населені пункти; 2 – видобувні свердловини; 3 – криниці;**  
**4 – моніторингова свердловина; 5 – межа Добрівлянської площі**

В баден-сарматському комплексі водоносними є проверстки пісковиків та алевролітів нижнього сармату, які залягають лінзами серед глинистих порід. Внаслідок цього припливи пластових вод у свердловини становили 5-20 м<sup>3</sup>/д і є малоактивні при розробці газових покладів. Мінералізація вод знаходиться переважно в інтервалі 33,8-40,8 г/дм<sup>3</sup>. Води мають хлоридний натрієвий, рідше хлоридний кальцієво-натрієвий макрокомпонентний склад. Понижені значення rNa/rCl (0,82-0,85) вказують на давню седиментогенну генезу та тривалу метаморфізацію вод комплексу. Комплекс характеризується ознаками застійного гідродинамічного режиму. По відношенню до газових покладів НД-12б, НД-12а ці води є підшовними [5].

Зона активного водообміну (глибина проникнення прісних інфільтраційних вод – четвертинний водоносний горизонт) в межах ділянки родовища не перевищує 6 м.

Припливи пластових вод в експлуатаційні свердловини Добрівлянського родовища відбуваються з початку його введення в промислову експлуатацію. Вони видобуваються разом із газом та газовим конденсатом і далі транспортуються трубопроводами на установку підготовки газу (УПГ). На УПГ відбувається збір продукції газових свердловин, періодичні заміри дебіту свердловин, відокремлення пластової води, дегазації рідин, адсорбційна осушка газу, компримування низьконапірного газу та подача товарного природного газу у

вихідний газопровід. Відділені СПВ скидаються для зберігання в підземні ємності-відстійники. На виході з відстійників встановлені фільтри, які очищають СПВ від нафтопродуктів та завислих речовин.

Свердловина №4 експлуатувала продуктивні горизонти НД-12а і НД-9б з 2017 р. по 2019 р. У грудні 2019 р. у зв'язку з виснаженням газового покладу свердловина була переведена у спостережний фонд. Пласт-колектор НД-12а у свердловині № 4 характеризується сприятливими умовами для повернення СПВ: середня пористість – 19,5 %, проникність – 0,1-0,8 мілідарсі, потужність – до 86 м. Пласт-колектор добре ізольований водотривкими породами, що забезпечують гідродинамічну замкнутість системи. За результатами досліджень, проведених у листопаді 2019 року, приймальність свердловини № 4 становить 15 м<sup>3</sup>/год (360 м<sup>3</sup>/добу) [5]. Таким чином, виснажений горизонт НД-12а (глибини 993-1002 м) за наявності сприятливих геолого-гідрогеологічних критеріїв придатності пласта-колектора до закачування у нього СПВ був обраний для утилізації очищених пластових вод шляхом нагнітанням їх в продуктивні пласти з метою підтримання пластового тиску.

Обсяги накопичення СПВ на Добрівлянському ГКР, починаючи із 2022 р., сягають 275 м<sup>3</sup>/рік. З початку розробки родовища піднято та утилізовано 572,37 м<sup>3</sup> СПВ станом на кінець 2023 р. (табл. 1).

Таблиця 1

**Обсяги видобутку СПВ на Добрівлянському газоконденсатному родовищі**

Рік	Об'єм СПВ, м <sup>3</sup>	Всього з початку розробки, м <sup>3</sup>
2021 р.	7,82	31,03
2022 р.	274,98	306,01
2023 р.	266,36	572,37

Починаючи із 2019 р. весь об'єм СПВ нагнітається через свердловину №4 у пласт-колектор НД-12.

За хімічним складом СПВ ідентичні до вод водоносних горизонтів, з яких вони власне і потрапляють у експлуатаційні свердловини і разом з вуглеводнями піднімаються на поверхню. СПВ мають хлоридний натрієвий, рідше хлоридний кальцієво-натрієво чи хлоридний магнієво-натрієвий склад. Мінералізація вод у залежності від водоносного горизонту становить 28,5-100,3 г/дм<sup>3</sup>. Нижчі її значення притаманні для горизонтів баден-сарматського комплексу, більш високі – для горизонтів мезозойсько-карпатійського комплексу. Причому, значення мінералізації СПВ майже не міняються з 2017 р. по 2023 р. Води характеризуються слабкокислою реакцією середовища. СПВ дещо збагачені залізом, причому більші його вмісти характерні для вод баден-сарматського комплексу. Концентрація бромю становить 80,2-188,8 мг/дм<sup>3</sup>, йоду – 31,2-75,2 мг/дм<sup>3</sup>, амонію – 16,8-262,7 мг/дм<sup>3</sup>. Вмісти нафтопродуктів не перевищують 7,8 мг/дм<sup>3</sup>.

*Моніторинг стану підземних вод.* Хімічний стан підземних вод ділянки Добрівлянського ГКР для четвертинного водоносного горизонту контролюється через моніторингову свердловину (М-св), яка знаходиться біля УПГ «Добрівляни» (див. рис. 1). Моніторинг показав, що якісний стан води залишається незмінним (табл. 2). За фізико-хімічними параметрами води відповідають гігієнічним вимогам до води питної, призначеної для споживання людиною [6]. Відповідні ознаки вказують на надійну ізоляцію пласта-колектора, а також відсутність забруднень від інших технологічних видів діяльності, що виконуються на родовищі.

Окрім моніторингової свердловини в межах Добрівлянської площі було відібрано і проаналізовано води із колодязів домогосподарств с. Добрівляни (вул. Довга 34 (1-кр) і Довбуша 199 (2-кр)). Водневий показник у пробах становив 7,10 і 7,35, мінералізація 584,3 і 520,3 відповідно, за складом води гідрокарбонатні кальцієві (магнієво-кальцієві). Кількість нафтопродуктів та метанолу в складі води з колодязях в с. Добрівляни знаходяться на межі



чутливості аналізу і становлять для обох компонентів  $\leq 0,1$  мг/дм<sup>3</sup>. За якісними характеристиками підземні води колодязів у с. Добрівляни чисті і відповідають нормативним вимогам до питних вод [6]. Це також підтверджує відсутність їх забруднення від виробничої діяльності УПГ "Добрівляни" та інших технологічних об'єктів Добрівлянської площі [7].

Таблиця 2

**Хімічні характеристики вод четвертинного водоносного горизонту із моніторингової свердловини ділянки Добрівлянського газоконденсатного родовища**

Дата відбору	pH	Мінералізація, г/дм <sup>3</sup>	Вміст основних аніонів та катіонів, % екв.	Fe заг., мг/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	Метанол, мг/дм <sup>3</sup>
10.07.2019	7,28	696,6	$\frac{HCO_3 68Cl 24SO_4 8}{Ca 60Na 30Mg 10}$	0,12	0,08	21,40	0,07	0,00	0,00
10.06.2020	7,05	695,8	$\frac{HCO_3 75Cl 16SO_4 9}{Ca 63Na 26Mg 11}$	0,13	0,07	18,60	0,064	0,00	0,00
17.09.2020	7,15	680,2	$\frac{HCO_3 61Cl 20SO_4 19}{Ca 74Na 22Mg 4}$	0,12	0,02	20,20	0,06	0,00	0,00

**Висновки.** Утилізація СПВ на Добрівлянському газоконденсатному родовищі відбувається згідно "Правил розробки нафтових і газових родовищ" і з дотриманням принципу екологічної конверсії. Негативних змін у верхніх водоносних горизонтах не зафіксовано. За якісними характеристиками підземні води в межах технологічних об'єктів Добрівлянської площі чисті і відповідають нормативним вимогам до питних вод.

**Список використаних джерел:**

1. Hanson, B.R. and Davies, S.H. (1994) Review of Potential Technologies for the Removal of Dissolved Components from Produced Water. *Chemical Engineering Research and Design*, 72, 176-188.
2. СОУ 60.3-30019801-009-2004 "Підземні сховища газу. Регламент повернення супутньо-пластових вод у надра "ДК "Укртрансгаз", – Київ, – 2004.
3. СОУ 09.1-30019775-004:2013 Методика визначення привнесених компонентів та вимоги до їх вмісту при поверненні супутньо-пластових вод у надра. – УкрНДІгаз, – 2013.
4. Гарасимчук В.Ю., Колодій В.В. Походження і умовини формування підземних вод Лопушнянського нафтового родовища у південно-східній частині Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2002. – № 3. – С. 21–36.
5. Уточнений проект дослідно-промислової розробки Добрівлянського родовища. – ТОВ "Бурпроект". – Львів. – 2018. – 128 с.
6. ДСанПіН "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) / Наказ МОЗ України № 400 від 12.05.2010 р. – Київ, 2010. – 48 с.
7. Медвідь Г., Чебан О., Кость М., Телегуз О., Гарасимчук В., Сахнюк І., Майкут О., Кальмук С. Еколого-геохімічна характеристика природних вод в межах впливу Добрівлянського газоконденсатного родовища // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2022. – № 1–2 (187–188). – С.115–126. <https://doi.org/10.15407/ggcm2022.01-02.115>.



## МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС РОЗРОБКИ КОРИСНИХ КОПАЛИН

*Садова А.Г., студентка, anastskliar@gmail.com,  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна*

Окреслено екологічні проблеми, які пов'язані з розробкою родовищ корисних копалин, оскільки ця діяльність суттєво впливає на природне середовище. Розглянуто основні фактори порушення екосистем, зміну клімату та загрозу здоров'ю населення. Особлива увага приділяється питанням впровадження екологічно безпечних технологій та регуляторних заходів, які допоможуть мінімізувати шкоду природі. Проблематика потребує детального вивчення з метою розробки сталих підходів до видобування корисних копалин.

## MONITORING OF ENVIRONMENTAL AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS DURING MINERAL DEVELOPMENT

*Sadova A., student, anastskliar@gmail.com,  
Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

The environmental problems associated with the development of mineral deposits are outlined, as this activity significantly affects the natural environment. The main factors of disruption of ecosystems, climate change and threats to public health are considered. Special attention is paid to the implementation of environmentally safe technologies and regulatory measures that will help minimize damage to nature. The issue needs detailed study in order to develop sustainable approaches to mineral extraction.

**Вступ.** Сучасне виробництво в промислово розвинутих країнах зазнало значних змін протягом останніх кількох десятиліть. Основними факторами цього розвитку є технологічний прогрес, глобалізація ринків та зростаюча конкуренція. Проте разом із цими змінами виникають серйозні екологічні проблеми, пов'язані з інтенсивною експлуатацією природних ресурсів.

Розробка родовищ корисних копалин є важливим компонентом економічного розвитку країни, проте вона супроводжується численними екологічними викликами. Основні проблеми включають забруднення повітря, води та ґрунтів, а також знищення природних екосистем. Видобуток корисних копалин часто призводить до деградації земель, спустошення біорізноманіття та зміни ландшафтів. Крім того, внаслідок промислових відходів можуть виникати серйозні загрози для здоров'я населення, яке проживає поблизу видобувних районів. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я понад три чверті хвороб людини є результатом антропогенного забруднення навколишнього середовища [1, 2, 3]. До цього слід додати й низьку якість питної води, що посилює ризик інфекційних захворювань та систематичне надходження до організму речовин з кумулятивною токсичною дією, наприклад, важких металів, канцерогенних сполук, пестицидів тощо.

Ось кілька основних екологічних проблем, пов'язаних із цим процесом:

1. Забруднення води: Під час видобутку корисних копалин може відбуватися забруднення річок і підземних вод токсичними речовинами, такими як важкі метали, хімічні сполуки та інші забруднювачі. Витік хімічних речовин з шахт або кар'єрів призводить до серйозних проблем для місцевих екосистем і питної води.

2. Деградація земель: Видобуток може призводити до руйнування природних ландшафтів, ерозії ґрунтів і втрати біорізноманіття. Це може ще більше ускладнювати життя місцевим екосистемам. Особливо в гірських районах, може призводити до зсувів через втрату рослинності, яка фіксує ґрунт. Також це сприяє збільшенню обсягів відкладень у річках і озерах, що призводить до замулення водних ресурсів.

3. Викиди забруднюючих речовин: Під час видобування та переробки корисних копалин часто відбуваються викиди забруднюючих речовин в атмосферу, що призводить до забруднення повітря і може викликати серйозні проблеми зі здоров'ям у населення. В наслідок повітряного забруднення через пил, гази та викиди від техніки призводить до збільшення рівня парникових газів, що сприяє глобальному потеплінню.

4. Вплив на клімат: Розробка корисних копалин, особливо викопного пального, сприяє викидам парникових газів, що у свою чергу впливає на зміну клімату.

5. Соціальні наслідки: Відкриття нових родовищ може призводити до міграції населення, соціальних конфліктів і відповідної економічної нерівності.

6. Знищення природних ландшафтів: Видобуток копалин, особливо відкритим способом, значно змінює природний ландшафт, руйнуючи екосистеми і місця проживання тварин та рослин. Вирубка лісів для гірничодобувної діяльності руйнує біорізноманіття та природні бар'єри для зсувів і повеней.

7. Виснаження водних ресурсів: Видобуток деяких корисних копалин вимагає величезних об'ємів води, що може призводити до виснаження місцевих водних джерел. Це особливо критично для регіонів з дефіцитом води. Відкачування ґрунтових вод може знижувати їх рівень, що впливає на сільське господарство і доступ до питної води.

Найкращим рішенням виправлення вищезазначених проблем є комплексний підхід, що поєднує технологічні інновації, регулярні природоохоронні заходи та екологічну свідомість населення. Це дозволить ефективно мінімізувати негативний вплив людської діяльності на навколишнє середовище. А успішна реалізація сталих підходів

Ефективний моніторинг навколишнього середовища є ключовим для виявлення та управління цими проблемами. Застосування сучасних технологій дозволяє контролювати стан природних ресурсів і вживати заходів для зменшення негативного впливу на екологію. У вивченні цієї теми особливу увагу слід приділити як державним, так і приватним ініціативам, спрямованим на впровадження сталих практик у видобувній галузі.

Допоможуть виявити та запобігти такі ключові напрями:

1. Вода: Необхідно регулярно досліджувати якість поверхневих і підземних вод. Це включає аналіз наявності забруднювачів, таких як важкі метали, пестициди та інші шкідливі речовини.

2. Повітря: Моніторинг якості повітря дозволяє виявляти викиди забруднюючих речовин, таких як сірчані та азотисті сполуки, що можуть виникати під час видобутку.

3. Ґрунт: Дослідження складу ґрунту допомагає виявити можливе забруднення, яке може виникати внаслідок відходів підприємств або використання хімічних засобів.

4. Біорізноманіття: Важливо стежити за змінами в екосистемах, які можуть виникати через видобуток. Це включає моніторинг популяцій рослин і тварин, які можуть бути під загрозою.

5. Шумове забруднення: Вимірювання рівня шуму в районах видобутку може допомогти в оцінці впливу на місцеву фауну та населення.

6. Дослідження викидів: Організація систематичного моніторингу викидів від підприємств для виявлення потенційно небезпечних викидів у атмосферу.

Отже, підсумовуючи, слід зазначити, що сучасна соціально-екологічна ситуація є результатом неефективного функціонування національного господарства, економічної недоцільності щодо природокористування та природоохоронної діяльності, а також безрезультативності механізмів управління охороною навколишнього природного середовища та відтворенням природних ресурсів.

Оцінивши всі наслідки та ризики для навколишнього середовища через видобуток корисних копалин людству необхідно впроваджувати більш екологічно чисті технології видобутку та переробки корисних копалин. Використовувати практики рекультивації земель після завершення видобутку, застосовувати суворішу екологічну регуляцію та нагляд за гірничою діяльністю.

Таким чином, хоча видобуток корисних копалин має важливе економічне значення, необхідно докладати зусиль для мінімізації його негативного впливу на довкілля.

#### **Список використаних джерел:**

1. Литвинов В.О. Про відповідальність за екологічний стан країни старшого покоління перед молодим та правовий шлях її оформлення // Правове життя: сучасний стан та

перспективи розвитку: Зб. тез наук. доп. II Міжнародного наук.-практ. конф. студентів та аспірантів (17-18 березня 2006 р.). – Луцьк: РВВ „Вежа” Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2006. — С. 416 – 417

2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні за 2004 рік. Міністерство екології і природних ресурсів. – Київ, 2005. – 186 с.

3. Національна доповідь України про гармонізацію життєдіяльності суспільства у навколишньому природному середовищі. Спеціальне видання до 5-ї Всеєвропейської конференції міністрів навколишнього середовища «Довкілля для Європи». – Київ, 2003. – 128 с.

## **ВИЛУГОВУВАННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З АРГІЛІТУ ВНАСЛІДОК ТЕРМІЧНОГО ВПЛИВУ (НА ПРИКЛАДІ ВІДВАЛУ ЦЗФ «ЧЕРВОНОГРАДСЬКА»)**

*Кочмар І.М., викладач, irynalevytska1@gmail.com,  
Карабин В.В., д. т. н., професор, vasyk.karabyn@gmail.com,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна*

Видобуток кам'яного вугілля з другої половини минулого сторіччя в межах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну спричинив формування відвалів пустих порід, що вміщують переважно аргіліти, алевроліти, пісковики, вугілля. Найбільший за об'ємом та площею відвал сформувався біля єдиної в басейні вуглезбагачувальної фабрики «Червоноградська». Тривале зберігання відвальної породи та ряд чинників сприяють самонагріванню та горінню відвалів, тому дослідження впливу породного відвалу на довкілля з метою вивчення мінливості вилуговування забруднюючих речовин як в звичайних умовах, та і під термічним впливом є актуальним. В роботі досліджено аргіліт – основну складову породних відвалів басейну, проаналізовано вилуговування забруднюючих речовин із негорілого та горілого аргіліту з використанням промивної установки, здійснено їх рентгенофлюорисцентний аналіз.

## **THE VARIABILITY OF LEACHING OF HEAVY METALS FROM ARGHILITE AS A RESULT OF THERMAL INFLUENCE (ON THE EXAMPLE OF TERICONE OF "CHERVONOGRADSKA SEP")**

*Kochmar I., lecturer, irynalevytska1@gmail.com,  
Karabyn V., Dr. Sci. (Eng.), Prof., vasyk.karabyn@gmail.com,  
Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

Coal mining in the Lviv-Volyn coal basin from the second half of the last century caused the formation of waste rock dumps containing coal layers, the largest tericon in terms of volume and area was formed near the only one in the basin, «Chervonogradska SEP». Long-term storage of empty waste rock and a number of factors contribute to self-heating and burning of tericons, therefore, the study of the impact of waste rock on the environment in order to study the variability of the leaching of pollutants both under normal conditions and under thermal influence is relevant. The paper investigated argillite – the main component of rock dumps in the basin, analyzed the leaching of pollutants from unburned and burned argillite using a washing unit, carried out their X-ray fluorescence analysis.

Діяльність підприємств гірничодобувного комплексу в межах Львівсько-Волинського вугільного басейну негативно впливає на стан об'єктів навколишнього середовища та погіршує умови проживання населення [1]. Видобуток кам'яного вугілля супроводжується значною трансформацією ландшафту [2] та утворенням відходів – в основному породи, до складу якої входять аргіліти, алевроліти, пісковики, вугілля-та ін. Відвали чинять значний вплив на екологічний стан ґрунтів, водних об'єктів та атмосферного повітря, а також зумовлюють високу ймовірність довготривалої екологічної небезпеки [3; 4]. Основними процесами, що сприяють потраплянню забруднюючих речовин з породних відвалів у навколишнє середовище в межах гірничо-видобувних комплексів є вивітрювання, водна ерозія та вилуговування [5].

Іншою екологічною проблемою є тління та горіння териконів, адже у відвальні породи містять органічну речовину. При контакті з киснем вона зазнає природного процесу окиснення, що супроводжується виділенням тепла, та в подальшому призводить до саморозігріву, а потім і самозаймання вугільних відходів за сприятливих умов [1]. Вивчення мінливості вмісту та інтенсивності вимивання важких металів з відходів вугільної промисловості, котрі зазнали термічного впливу представляє значний інтерес.

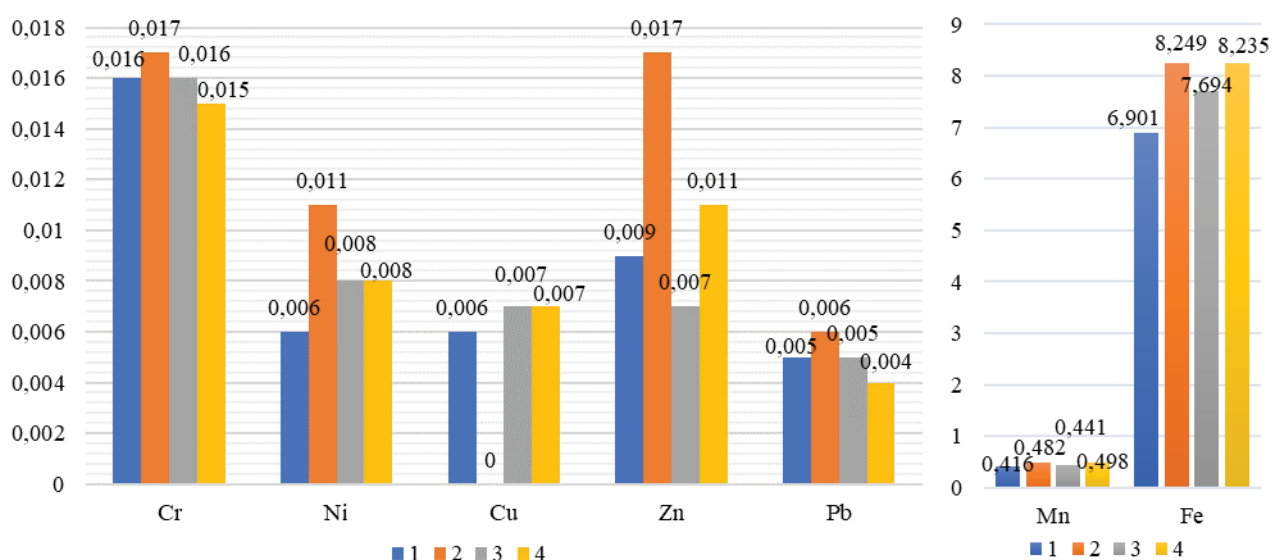
Найбільшим рукотворним елементом ландшафту в межах Львівсько-Волинського вугільного басейну є відвал ЦЗФ "Червоноградська", адже за понад 40 років експлуатації та збагачення вугілля усіх шахт басейну сформувався терикон, який займає площу понад 0,85 км<sup>2</sup> та сягає висоти 68 м.

Для дослідження негативного впливу на довкілля відвалів, варто більш детально вивчити дію термічних процесів (горіння) на окремі породи – аргіліти, вміст яких у відвали коливається від 70 до 97%. Для досягнення поставленої мети було відібрано 10 зразків порід



з глибини 0,2 – 0,3 м із різних частинах терикону ДП "Червоноградська ЦЗФ». Зразки порід були розділені за літологічним складом, після чого їх було висушено, подрібнено та розділено за фракціями. Для дослідження використовували 2 зразки аргіліту: 1 – негоріла порода; 2 – порода, яка зазнала термічного впливу (спалена у муфельній печі протягом 4 годин при температурі до 600 °С. Після чого два зразки аргіліту по чергово піддалися промиванню дистильованою водою (об'ємом 8,5 л) протягом 24 годин, для цього у колону поміщали 100 г досліджуваного зразка, та пропускали через нього деіонізовану воду з середньою витратою (швидкість потоку води) 300 мл/хв. Дослідження елементного складу аргіліту до та після промивання виконано на рентгенфлуоресцентному аналізаторі ElvaX Light SDD, який є високочутливим (0,01%) у широкому діапазоні хімічних елементів: від  $^{11}\text{Na}$  до  $^{92}\text{U}$ .

Згідно з отриманими результатами (рис. 1.) встановлено, що вміст Ni, Cu, Mn та Fe після горіння аргіліту збільшується від 1,1 до 1,3 раза, це ймовірно спричинено зменшенням загальної маси зразка. Вміст Cr та Pb залишається незмінним, проте зменшується вміст Zn.



**Рис. 1. Елементний склад досліджуваних зразків, мас. %:**

1 – аргіліт негорілий; 2 – аргіліт негорілий промитий протягом 24 год;  
3 – аргіліт горілий при 600 °С; 4 – аргіліт горілий при 600 °С, промитий 24 години [6]

Слід зазначити, що внаслідок промивання негорілого аргіліту зменшення вмісту хімічних елементів відбувається у ряді: Zn, Ni (1.8) – Mg (1.3) – Pb, Fe, Mn (1.2) – Cr (1.1) – Cu (0.5). Внаслідок промивання горілого аргіліту отримано такий ряд зменшення вмісту хімічних елементів: Zn (1.6) – Mn, Fe (1.1) – Ni (1.0) – Cr (0.9) – Pb (0.8). Отримані ряди є важливими для оцінювання та прогнозування міграційного потенціалу хімічних елементів з порід відвалу у ґрунти і води навколишнього середовища. Найнебезпечнішими для довкілля та найрухомішими елементами у негорілих породах є Cu, Cd, а в горілих породах Pb, Cr, Cd, Cu, Ni [5; 7; 8].

#### Список використаних джерел:

1. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічна безпека горіння вугільних териконів та перспективні методи використання відходів вуглевидобутку. Екологістика. Теорія і практика управління сміттєзвалищами: колективна монографія / наук. ред. В. Попович, О. Теляк, О. Меньшикова. Szkoła Główna Służby Pożarniczej. 2021. Варшава. С. 183-197.
2. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій: Монографія. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 334 с.
3. Agboola O., Babatunde D. E., Fayomi O. S. I., Sadiku E. R., Popoola P., Moropeng L., Yahaya A., Mamudu O. A. A review on the impact of mining operation: Monitoring, assessment

and management. *Results in Engineering*. 2020. Volume 8. 100181. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100181>

4. Ribeiro J., Ferreira da Silva E., Li Z., Ward C., Flores D. Petrographic, mineralogical and geochemical characterization of the Serrinha coal waste pile (Douro Coalfield, Portugal) and the potential environmental impacts on soil, sediments and surface waters. *International Journal of Coal Geology*. 2010. Vol. 83, Issue 4. P. 456–466. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2010.06.006>

5. Kochmar I., Karabyn V. Water Extracts from Waste Rocks of the Coal Industry of Chervonograd Mining Area (Ukraine) - Problems of Environmental Safety and Civil Protection. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. 24(1). P. 247–255. <https://doi.org/10.12912/27197050/155209>

6. Kochmar I.M., Karabyn V.V., Kordan V.M. Ecological and geochemical aspects of thermal effects on argillites of the Lviv-Volyn coal basin spoil tips. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2024, № 3. 100–107. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/100>

7. Карабин В.В., Войціховська А.С., Погребенник В.Д. Форми знаходження міді у ґрунтах в зоні техногенезу сміттєзвалищ // *Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна*. – № 16 (206). 2012. С. 193-198.

8. Kochmar I., Karabyn V., Karabyn O. Lead Speciation in the Technogenesis Zone of Coal Mining Sites (Case of Vizeyska Mine of Chervonograd Mining Area, Lviv Region, Ukraine). *Pet Coal*. 2022. 64 (2). P. 445-454.

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ ВИКЛИКАМИ ПІД ЧАС РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

*Трофимчук О.М., член-кор. НАНУ, д. техн. н., професор,  
Триснюк В.М., д. техн. н., професор, trysnyuk@ukr.net,  
Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору*

В роботі обґрунтовано методологію і методи оцінки геоінформаційного моделювання та управління екологічними викликами під час російсько-української війни. Застосування наземних та навколоземних методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в оцінці екологічних викликів, спричинених війною, є актуальною сферою використання геоінформаційного моделювання. Космічна зйомка є основою для екологічного ГІС-картографування та проектування спеціалізованих геоінформаційних систем для аналізу окупованої території.

**Ключові слова.** Геоінформаційне моделювання, гідроресурси, екологічна безпека, дистанційне зондування Землі, ГІС-картографування, екологічні виклики, військові дії.

## GEOINFORMATION MODELING AND MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL CHALLENGES DURING THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

*Trofymchuk O., member-core of NASU, Dr. Sci. (Eng.), professor,  
Trysnyuk V., Dr. Sci. (Eng.), prof., trysnyuk@ukr.net,  
Institute of Telecommunications and Global Information Space*

The work substantiates the methodology and methods of assessment of geo-informational modeling and management of environmental challenges during the Russian-Ukrainian war. The use of terrestrial and near-terrestrial methods of remote sensing of the Earth (DSS) in the assessment of environmental challenges caused by war is an actual field of use of geoinformation modeling. Space surveying is the basis for ecological GIS mapping and the design of specialized geoinformation systems for the analysis of the occupied territory.

**Keywords.** geoinformation modeling, water resources, environmental security, remote sensing of the Earth, GIS mapping, environmental challenges, military actions.

**Постановка проблеми.** Розвиток і вдосконалення ГІС та ДЗЗ технологій значно розширюють можливості отримання просторової інформації, особливо під час російсько-української війни. Цінність цих технологій відбувається в точній координаційній зв'язці об'єктів у системі «воєнний об'єкт - військова технологія - вплив на довкілля». Початок активної фази російсько-української війни 24 лютого 2022 року сприяв появі нового науково-технічного напрямку досліджень – геоінформаційного моделювання та управління екологічними викликами, пов'язаними з війною. Це дає можливість аналізувати та розвивати взаємозв'язки різних елементів ландшафту й екосистеми, що пізнають зміни під впливом бойових дій, шляхом створення багатопланових цифрових картографічних моделей. Такі моделі можуть бути представлені в дво-, тривимірному та багатовимірному форматах. Основою для створення цих тематичних карт служать матеріали, отримані з БПЛА та космічної зйомки. Під час інженерно-екологічних досліджень, спрямованих на оцінку стану довкілля, яке постраждало внаслідок бойових дій, суттєво увага приділяється питанням утилізації відходів від ракетних обстрілів та польових операцій, а також накопиченню екологічних збитків. Екологічні збитки від військових дій мають комплексний і тривалий характер. Вони можуть включати забруднення важкими металами, руйнівними хімічними речовинами, використаними у боєприпасах, а також руйнування природнього середовища. Наукові дослідження у галузі оцінки впливу на довкілля під час бойових дій, а також визначення територіальних особливостей екологічних викликів воєнного часу картографічними методами дослідження регламентуються Указом Президента України № 64/2022 «Про запровадження військового стану на території України», Законами України та нормативно-правовими актами відповідних галузевих міністерств, а також директивами центральних органів виконавчої влади. Для виконання відповідного дослідження були проаналізовані розпорядчі акти Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів,

Державного космічного агентства України та Національного центру управління та випробування космічних засобів у контексті застосування ДЗЗ-систем для потреб звільнення території України від російських загарбників та запровадження системного аерокосмічного моніторингу за станом природних ресурсів засобами ГІС-технологій.

**Аналіз останніх досліджень.** Проблеми геоінформаційного моделювання та управління екологічними викликами під час російсько-української війни, розглянуті в багатьох опублікованих роботах: Трофимчука О.М., Яковлева Є.О., Мальованого М.С., Архипової Л.М., та багатьох інших дослідників.

**Метою роботи** геоінформаційне моделювання та управління екологічними викликами під час російсько-української війни для безпеки об'єктів критичної інфраструктури та обґрунтування стратегічних напрямків екологічної безпеки гідроекосистемного середовища.

**Виклад основного матеріалу.** Велика увага приділяється питанням утилізації відходів від ракетних обстрілів та польових операцій, а також накопиченню екологічних збитків. Питання доцільності та доступності використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для оцінки накопичених екологічних збитків під час воєнного стану залишається недостатньо дослідженим. Існує необхідність проведення допроектних вишукувань, які мають передувати геоінформаційному моделюванню. Це включає розробку алгоритму управління аерокосмічними базами даних, які служать основою для створення природно-ресурсної геоінформаційної моделі, що дозволяє визначити екологічні ризики на окупованих і звільнених територіях України. Одним із ключових завдань цієї моделі є розробка когнітивної структури для інтеграції ДЗЗ-даних [1]. Ця модель включає просторово розподілені дані про обсяги шкідливих речовин, які потрапляють у навколишнє середовище від бойових машин, а також інформацію про використання природних ресурсів окупантами. Ця когнітивна модель створює основу для аналізу та оцінки як поточного військового впливу на природні ресурси, так і їх стану після військових дій. На цих основах даних можна планувати перспективне використання природних ресурсів у постмілітарний період, а також розробляти стратегії їхнього відновлення. Застосування наземних та навколосемних методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в оцінці екологічних викликів, спричинених війною, стає єдиною з найбільш актуальних сфер використання геоінформаційного моделювання. Аерокосмічна база просторових даних є основою для таких досліджень. Кінцевою метою є розробка ревіталізаційних планів відновлення раціонального ресурсо- та природокористування, управління природними ресурсами на звільнених територіях, а також моніторинг екологічних злочинів на окупованих природно-територіальних комплексах. Із важливих завдань є пошук економічних та ефективних методів використання природно-ресурсного потенціалу, що сприяє відновленню конкурентоспроможності України в умовах глобальної кризи, спричиненої російсько-українською війною. Впровадження ГІС та ДЗЗ-моделювання в управлінську діяльність у сфері екологічної безпеки особливо важливо в умовах війни, яка набуває ознаки «окопної» війни. Наприклад, планування природоохоронних заходів стає можливим навіть у форс-мажорних засадах, завдяки доступу до широких сучасних масивів даних ДЗЗ та ГІС для аналізу. Під час гібридної війни, особливо в її активній фазі, дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) набувають все більшого значення як джерело інформації щодо розміщення бойових відходів. Це можуть бути збиті літаки та крилаті ракети, підбиті танки та самохідні гаубиці, а також локалізація мінних полів. Використання ДЗЗ у практиці Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів створено в масштабах, що відповідають сучасним викликам, з акцентом на аеро- та космічні знімки, отримані з безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Одним із результатів збору таких даних є моніторингова (розвідувальна) аерофотозйомка. Це спеціалізована зйомка, яка створюється з літаків, гелікоптерів або БПЛА. Висота знімання змінюється від кількох сотень метрів до десятків кілометрів, що дозволяє отримувати детальні зображення різних ділянок місцевості. Стеля висоти знімання визначається від сотень метрів до десятків кілометрів. У зв'язку з цим для БПЛА-зйомки наслідків впливу бойових дій на довкілля



необхідні спеціальні фотоапарати - сенсорні аерофотоапарати із модулем геоінтелектуальної прив'язки до державної геодезичної мережі. Це дозволяє компенсувати зсув зображення та забезпечити достатню чіткість цифрового знімка для дешифрування, що є необхідним для ефективної роботи спеціальних пристроїв, які підтримують суворо горизонтальне положення БПЛА під час фотографування. Широкоформатні воєнні аерофотознімки є високоінформативними дистанційними матеріалами, що дають достовірну інформацію про трансформації рельєфу, геоморфологічні процеси, зміни в рослинному покриві, гідрографічну структуру та техногенні порушення на територіях, що знають бойових дій. Ці знімки користуються моніторингом у режимі реального часу. При автоматизованій обробці стереопар аерофотознімків за допомогою спеціальних оптичних пристроїв для отримання тривимірного зображення можна оцінити, наприклад, глибину траншей, створених танковими підрозділами противника, або висоту дерева, що використовується для маскування. Паралельно фіксуються зміни в біогеоценозах та знищення біоти. Така технологія БПЛА-аерофотозйомки є надійною базою для екологічного геоінформаційного картографування районів бойових дій. У разі неможливості проведення або отримання готової цифрової аерофотозйомки для моніторингу екологічних наслідків бойових дій, застосовуються альтернативні методи, такі як зйомка з аерокосмічних лабораторій (метеорологічних повітряних куль-зондів), забезпечених GPS/GSM-трекерами та цифровою фотокамерою високої роздільної здатності [2]. Цей метод дозволяє покривати локальні території, зокрема ключові ділянки, техногенно-зруйновані зони, рідкісні спільноти та об'єкти. Спеціальна топографо-екологічна зйомка, яка виконується за допомогою БПЛА, виконується на фіксованій висоті (оптимально 300–400 метрів), а для максимальної вертикальності камери використовується гірокомпас або геодезичний рівень. Тип зйомки підвищує точність цивільної цифрової фотограмметрії в кілька разів, після чого вручну неможливо досягти строго горизонтального положення камери, що робить знімки. Космічні технології знімання Махаг або технології Космосфери (Ближнього Космосу) – це результат зйомки із військових розвідувальних супутників Землі. Науково-дослідницькі сателіти для відповідних цілей є малофункціональними. Військово-розвідувальні супутники є одним з головних джерел геоінформації про територію під час бойових дій і застосовуються також для вивчення виснаження природних ресурсів, вирішення безлічі завдань топографічного та еколого-природоохоронного картографування, а також моніторингу навколишнього середовища в контексті оцінки впливу на довкілля внаслідок бойових дій (рис. 1).



**Рис. 1. Космічний знімок супутника «LANDSAT5»  
Національного заповідника Хортиця**

Космічні технології знімання, такі як Махаг та Космосфера (Ближнього Космосу), базуються на військових розвідувальних супутниках Землі. Хоча науково-дослідницькі

спутники для таких цілей є менш функціональними, військово-розвідувальні супутники залишаються одними з ключових джерел геоінформації під час бойових дій. Вони застосовуються для вивчення виснаження природних ресурсів, топографічного та екологічного картографування, а також для моніторингу навколишнього середовища з оцінки впливу бойових дій на довкілля. Космічні знімки, що застосовуються у військово-екологічному моніторингу для оцінки впливу на довкілля, локалізації джерел екологічних ризиків та визначення ареалів впливу екологічних викликів, можуть відрізнятися за наступними параметрами:

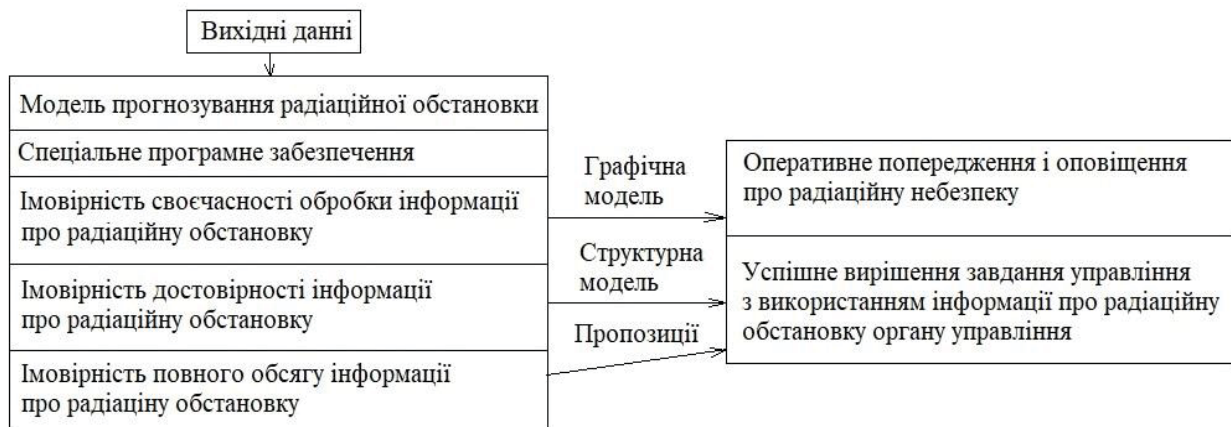
- **\*\*Спектральний фрагмент знімків\*\***:
- **\*\*Оптичні\*\***: Захоплюють видиме світло та частину інфрачервоного простору.
- **\*\*Інфрачервоні\*\***: Збирають дані в інфрачервоному спектрі, що дозволяє оцінювати температуру та інші властивості поверхні.
- **\*\*Радіолокаційні\*\***: Використовують радіохвилі для отримання інформації незалежно від погодних умов та освітлення. Тип зйомки, яку потрібно для збору даних, має суттєвий вплив на кількість і якість отриманої топографо-екологічної інформації про природні та техногенні об'єкти, що зазнали ракетних обстрілів. Це також забезпечує швидкість і точність ідентифікації деяких незабезпечених об'єктів довкілля власного призначення. Для цього часто відбуваються автоматизовані станції дешифрування даних з БПЛА та космічної зйомки ДЗЗ.

Космічна зйомка є основою для екологічного ГІС-картографування та проектування спеціалізованих геоінформаційних систем для аналізу території. Її функціональність є критично важливою для дистанційного екологічного моніторингу, особливо на важкодоступних і маловивчених територіях, таких як окуповані зони України. Під час російсько-української війни космічна зйомка стає єдиним способом для оперативного аналізу природних, техногенних і військово-тактичних ситуацій на великих територіях. Для потреб військової екології та моніторингу довкілля в Україні використовують супутники, такі як Aura, Paraso1, CloudSat, Calipso, Aqua, Gcom-W1, та інші [3]. Ці шляхи забезпечують дані для аналізу екологічних викликів та оцінки впливу на довкілля. Попри високу інформативність космічних знімків, у воєнний час їх дешифрування вимагає особливого підходу. Для цього необхідно залучити додаткові геопросторові матеріали, зокрема результати польових робіт військових геодезистів, які входять до підрозділів бойових частин у складі топографо-геодезичного та картографічного забезпечення української військової розвідки. Вони забезпечують польове ландшафтне дешифрування та комплексні військово-географічні і природознавчі описи. Ці дані забезпечуються за допомогою картографічних (е-архівних) та інших геоінформаційних матеріалів, що зберігаються в хмарах баз даних, і потрібні сучасні цифрові геодезичні інструменти, такі як цифрові фото. Порівняння космічних знімків, отриманих у різний час, з додатковою топографічною основою за допомогою спеціалізованих ГІС-програм (ENVI, Erdas, Digitals) дозволяє детальніше оцінити поточний стан екологічного ураження та встановити динаміку небезпечних процесів на окупованих територіях. Для оперативного та якісного вирішення задач управління, таких як здійснення маневру силами та засобами і відновлення порушеної системи, виникає необхідність включення до розвідувальних підрозділів повітряних мобільних засобів (безпілотних літальних апаратів), які обладнані засобами візуальної, телевізійної та зокрема радіаційної розвідки. Для своєчасного забезпечення інформацією про радіаційну обстановку необхідно мати 1-2 БПЛА для патрулювання та розвідки району радіаційного забруднення. Цінність отриманої із зазначених джерел інформації, при вирішенні задач управління, зростає порівняно з інформацією, що отримана наземними засобами розвідки.

Визначений комплекс роботи моделі спрямований також на вироблення екологічних рішень щодо оптимізації проектування, будівництва та облаштування природозахисних об'єктів на досліджуваних територіях після закінчення бойових дій: відновлення дамб, моніторинг об'єктів ПЗФ України, захисні екологічні фортифікації із захисту природних ексклюзивів (рис. 2).

Найвні зруйновані потенційно небезпечні техногенні об'єкти та інженерні порушення за матеріалами ДЗЗ виявляються при дешифруванні. В результаті можна отримати еколого-природоохоронну геоінформацію про наявність:

- небезпечних техногенних територій: промислових майданчиків, шляхів сполучення, баз зберігання пального противником;
- поширення плям нафтового забруднення у Кременчуцькому водосховищі, внаслідок руйнування Кременчуцького нафтопереробного заводу, шляхи забруднених стічних вод при бомбардуванні водогонів та каналізації м. Одеса;
- визначення стану водних об'єктів: ступені небезпечності забруднення, зміна берегової лінії та русла річок внаслідок руйнування мостів, знищення флори та фауни;
- пожежі в лісах та несанкціоновані вирубки урочищ противником, оцінка ступеня їх відновлення;
- інженерна оцінка стану аварійності лінійних та площадки об'єктів, підтоплення залізничних доріг, руйнування терміналів аеропортів та станцій зберігання пального;
- активізації термокарстових процесів на Західному Донбасі, заболочуванні польської частини Київської, Житомирської та Чернігівських областей;
- небезпечні геоморфологічні процеси - дефляції, ерозії, а також кріогенні та гідрологічні процеси, що активізуються під час великих вибухів (мікроземлетрусів);
- виявлення потенційно небезпечних ділянок навколо АЕС, ТЕС, ГЕС. Методи автоматичного та візуального дешифрування є ключовими для точності аналізу знімків та ідентифікації екологічних проблем. Вони повинні детально вивчити зміни на території, які сталися внаслідок бойових дій або техногенних впливів.



**Рис. 2. Удосконалена алгоритмічна модель прогнозування радіаційної обстановки**

Ревіталізація території, як у випадку з Бучанським лісом, є складним процесом, що потребує комплексного підходу, який включає не лише геоінформаційний аналіз, а й фізичну оцінку та відновлення. Більше удосконалення методів дешифрування та аналізу може допомогти у швидкій і точнішій ідентифікації проблемних зон та розробці ефективних нових підходів. Це особливо важливо для розуміння масштабів руйнувань та змін, що сталися внаслідок бойових дій. Таким чином, за матеріалами ДЗЗ, ще до реалізації проведення уточнювального цільового польового (полігонного) топографо-геодезичного обстеження, можна скласти загальну (оглядову) карту порушення екологічної рівноваги території під час війни та виявити основні природні та техногенні об'єкти, що включаються до проєктних рішень відновлення екосистеми після закінчення бойових дій. Ці дані дозволяють оптимізувати програми процесу відновлення лінійних об'єктів, поновлення розташування метеорологічних майданчиків та референтних станцій тощо. Це застосовується як в інженерно-геодезичному, так і в екологічному аспектах польового обстеження демілітаризованих територій. Надалі результати дешифрування доцільно використовувати у проєктних природоохоронних та відновлювальних екорішеннях, оскільки ці дані дозволяють оптимізувати відновлення постраждалих об'єктів ПЗФ України, а також відбудові



інженерної інфраструктури, облаштування рятувальних гелікоптерних майданчиків тощо. Це актуально в інженерному та екологічних аспектах оцінки впливу війни на промислові та природно-територіальні комплекси України. час бойових дій в Україні віднесення об'єктів до накопичених екологічних збитків законодавчо встановлено. Аналіз з використанням космічних знімків і БПЛА-аерофотозйомки на попередньому етапі оцінки впливу на довкілля має декілька суттєвих переваг, а саме «документування змін».\*\* Порівняння актуальних знімків з архівними картографічними матеріалами дозволяє детально відслідковувати трансформацію ландшафту. Врахування історії минулих війн, які вже завдали шкоди довкіллю, допоможуть передбачити потенційні екологічні проблеми, з якими істотно мати справу після завершення війни. Це включає аналіз того, як військові дії вплинули на різні природні ресурси і які заходи були вжиті для їх відновлення або очищення. Крім того, врахування географічних та природно-ресурсних аспектів для визначення територій, які підлягають відновленню, може сприяти ефективному розподілу ресурсів і плануванню заходів щодо відновлення інфраструктури та екології. Це також важливо для запобігання подальшій шкоді та забезпечення сталого використання природних ресурсів у майбутньому. Відповідні типи екологічних викликів військового часу можуть бути виявлені за допомогою матеріалів ДЗЗ, а саме:

- результати «господарської» діяльності тилових частин противника, знищення об'єктів видобувної, гірничодобувної та збагачувальної промисловості на території Донбасу;
- нафтовмісні забруднення Азовського та Чорного морів в районі затоплення знищеного крейсера «Москва» та інших суден російського агресора, патогенні фактори впливу на біоту в акваторії о.Зміїний, заповідника Хортиця;
- вплив частково відновлювальної (динамічної, пересувної) промисловості з ремонту військової техніки, що забезпечує окупаційний режим;
- локалізації (кладовища) знищеної техніки.

**Висновки.** Алгоритм опрацювання даних ДЗЗ-моніторингу для виявлення джерел екологічних ризиків та викликів можливо перетворити (перепрограмувати) до аерокосмічної природно-ресурсної геоінформаційної системи моніторингу довкілля під час бойових дій, як цифрове представлення впорядкованої сукупності просторово розподілених даних про пошкоджені та знищені природно-ресурсні об'єкти територій, отриманих із БПЛА/ДЗЗ-джерел для здійснення геоінформаційного (картографічного) документування екологічних злочинів російської окупаційної влади, що будуть візуалізовані на екологічних космофотокартах та спеціальних ортофотопланах з метою формування правових основ виплати компенсаційних виплат й репарацій.

#### **Список використаних джерел:**

1. Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; Івано-Франківський нац. тех. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2021. – 343 с. // ISBN 978-617-7468-53-9. 10.3997/2214-4609.201902083.
2. Архипова Л.М. Методи оцінки екологічної небезпеки природно-технічних систем в районах нафтогазовидобутку / Л.М. Архипова // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – № 3(29), 2011. – С. 29-33.
3. Trofymchuk, O., Kalyukh, Y., Hlebuch, H. [2013] Mathematical and GIS-modeling of landslides in kharkiv region of Ukraine. *LandslideScienceandPractice: Spatial Analysis and Modelling*. – Springer, Berlin, Heidelberg. 347-352.
4. Tymchuk V., Trysnyuk V. The systematic review of variety of military, weapon, combat and warfare system-of-systems wuth their new classification and ontology depiction for further concept and design development for the Armed Forces of Ukraine *Міжнародний науковий журнал “Military Science”* Том 2 № 1 (2024). С.102-107. DOI: 10.62524/msj.2024.2.1.09.



## ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ УТИЛІЗАЦІЇ БУРОВОГО ШЛАМУ

*Вдовиченко А.І.<sup>1</sup>, академік АТН України, vdovichenkoai@gmail.com,*

*Калинович В.М.<sup>2</sup>, Karat.by@gmail.com,*

*Чернієнко Н.М.<sup>3</sup>, к. геол. н., nata.cherniyenko@gmail.com,*

*1 – Академія технологічних наук України, м. Київ, Україна,*

*2 – Спілка буровиків України, м. Київ, Україна,*

*3 – Інститут Тутковського, м. Київ, Україна*

Розглянута проблема утилізації бурового шламу з екологічної та економічної точок зору. Незважаючи на світові досягнення, в Україні все ще широко застосовуються марнотратні та екологічно небезпечні методи утилізації відходів буріння. На основі аналізу опублікованих досліджень встановлено, що відходи буріння можуть успішно використовуватися для поліпшення якості ґрунтів. На підставі цих досліджень обґрунтована економічна і екологічна доцільність використання осушеного бурового шламу для меліорації ґрунтів на сільськогосподарських ділянках поблизу свердловин. Серед причин, що перешкоджають розвитку запропонованого напрямку, є перебільшене уявлення про токсичність бурового шламу та інших відходів, пов'язаних із бурінням свердловини. Тому першочерговим завданням фахівців з розвідки та освоєння родовищ корисних копалин є переконання необізнаної екологічної громадськості в економічній та екологічній доцільності широкомасштабного впровадження нових технологій на основі ґрунтовних, об'єктивних і глибоких досліджень процесів реального впливу відходів на довкілля.

## ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS OF DRILLING MUD UTILIZATION

*Vdovychenko A.I.<sup>1</sup>, academician of ATS of Ukraine, vdovichenkoai@gmail.com,*

*Kalynovych V.M.<sup>2</sup>, Karat.by@gmail.com,*

*Cherniyenko N.M.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Geol.), nata.cherniyenko@gmail.com,*

*1 – Academy of Technological Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Union of Drillers of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*3 – Tutkovsky Institute, Kyiv, Ukraine*

The issue of drilling mud utilization is examined from environmental and economic perspectives. Despite global advancements, wasteful and environmentally hazardous methods of drilling waste disposal are still widely used in Ukraine. Based on the analysis of published studies, it has been established that drilling waste can be successfully used to improve soil quality. These studies justify the economic and environmental feasibility of using dried drilling mud for land reclamation on agricultural areas near wells. One of the reasons hindering the development of this approach is the exaggerated perception of the toxicity of drilling mud and other drilling-related waste. Therefore, a primary task for specialists in the exploration and development of mineral deposits is to convince the uninformed environmental public of the economic and environmental feasibility of large-scale adoption of new technologies based on thorough, objective, and in-depth research into the actual impact of waste on the environment.

**Вступ.** При спорудженні глибоких свердловин на нафту, газ, воду та інші корисні копалини і призначення створюються значна кількість відходів, внаслідок чого виникають суттєві екологічні і економічні проблеми, які тісно між собою пов'язані. Іноді розв'язання екологічної проблеми потребує значних додаткових ресурсів, які можуть значно перевищувати розміри втрат від екологічних наслідків. Тому проблема обґрунтування оптимального способу утилізації відходів буріння є досить актуальною у рамках забезпечення екологічної безпеки і економічної доцільності.

**Виклад основного матеріалу.** При розробці екологічних регламентів інколи не в повній мірі оцінюється і враховується екологічні додаткові навантаження, які вкладені у ресурсах. Будь-який ресурс вимагає свого створення, розробки, виробництва, транспортування, зберігання та умов застосування. На всіх етапах від створення до застосування навіть самого чистого продукту виникають значні екологічні навантаження, які необхідно враховувати в комплексі досліджень впливу шкідливих факторів на навколишнє середовище.

В даній роботі автори, на прикладі найбільш поширених бурових відходів, обґрунтовують економічну і екологічну доцільність нових запропонованих напрямів утилізації бурового шламу.

Буровий шлам складається в основному із частинок вибуреної породи, на поверхні яких адсорбовані поверхнево-активні речовини, залишки хімічних реагентів та інші речовини. В чистому вигляді частинки вибуреної породи (піски, глини, сланці, вапняки, аргіліти, алевроліти, пісковики та інші) в незначних концентраціях не є шкідливими безпосередньо для ґрунтів і, в цілому, для довкілля. Звісно, що накопичення в одному місці великої кількості якої, навіть самої чистої, речовини, створює проблему. Особливу проблему, яка не завжди належним чином враховується, є переміщення на значну віддаль, складування і зберігання великої кількості відходів, що призводить до нераціональних перевитрат палива, трудовитрат і недоцільного відведення значних площ земель.

Тому одним із найбільш оптимальних шляхів утилізації бурового шламу є його нейтралізація, розубожування та розсіювання на значній території і мінімальній відстані від місця накопичення.

Для визначення раціональних методів нейтралізації, розубожування до безпечних концентрацій і способів розсіювання виникає необхідність в проведенні значних обсягів різних теоретичних і експериментальних досліджень та техніко-економічних обґрунтувань.

В дослідженнях авторів наведені приклади використання відходів емульсійних бурових промивальних рідин, оброблених полімерними хімічними реагентами для меліорації ґрунтів, узагальнено досвід досліджень впливу низки хімічних реагентів на довкілля [1].

За результатами узагальнення результатів опублікованих досліджень встановлено, що поверхнево-активні речовини, гіпан, поліакриламід, сополімери, синтетичні жирні кислоти, сечовиноформальдегідні смоли, гідрофобізуючі кремнійорганічні рідини, полівінілацетатні емульсії і акрилатні латекси при відповідних концентраціях і умовах позитивно впливають на агрохімічні властивості ґрунтів. Практичний досвід використання стічних вод, забруднених різними поверхнево-активними речовинами, для поливу сільськогосподарських угідь показав низку позитивних результатів, які дають підстави визнавати, що при робочих концентраціях хімічних реагентів в бурових промивальних рідинах вони не можуть негативно впливати на ґрунти і розвиток рослин. Наведено також досвід масового використання полімерів та поверхнево-активних речовин для поліпшення ґрунтів, що відкриває широку перспективу утилізації відходів промивальних рідин, оброблених полімерними хімічними реагентами. Визначені оптимальні шляхи поліпшення екологічних характеристик бурових промивальних рідин за рахунок використання для їх обробки хімічними речовинами, що легко розкладаються в ґрунтах та поверхневих водах [2].

Ще однією галуззю, яка почала використовувати відходи буріння стала аграрна сфера. Сьогодні у світі буровий шлам застосовують як добрива. Прикладом цього є штат Оклахома (США). Місцеві фермери зіштовхнулися з проблемою занадто піщаних ґрунтів, які не придатні для зрошення сільськогосподарських культур. Оскільки відходи буріння, як правило, містять багатий і мулистий склад, цю суміш в Оклахомі почали використовувати як добриво [3].

Важливим для вибору оптимального методу утилізації є ретельне дослідження складу та структури бурового шламу. Результати досліджень, які наведені в роботі [4] показують, що радіоактивність шламу, незважаючи на значну глибину свердловини, знаходиться у межах нормативно встановленого, а вміст шкідливих хімічних елементів суттєво не відрізняється від фонових значень, що свідчить про безпечність бурового шламу.

Таким чином, якщо виділити за допомогою сучасних методів очистки осушені залишки бурового шламу, то буде отримано безпечний матеріал, який можна ефективно використовувати в різних сферах.

Незважаючи на світові досягнення, переробка відходів буріння в Україні є переважно марнотратною і не вирішує екологічних проблем, а навпаки ще більше їх загострює [5].

Групою компанії «КАРАТ» розроблено і впроваджено у виробництво сучасну технологію безамбарного буріння нафтогазових свердловин, яка передбачає глибоку багатоступеневу очистку бурового розчину, замкнутий цикл водоспоживання, рециклінг і отримання обезвоженого шламу, який легко підлягає утилізації [6].

За результатами досліджень, виконаних науковцями Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського встановлено, що сухий залишок бурових шламів доцільно використовувати не тільки для шарування та укріплення укосів полігону твердих побутових відходів (ТПВ), але і у технологічному процесі їх рекультивациі. Рекомендовано задіяти його в якості ізолюючого шару, як альтернативу подрібненого будівельного сміття та промислових відходів. Однією з переваг такого заміщення є більш оптимальні фізичні властивості, адже буровий шлам має глинисту консистенцію, яка менш сипуча ніж промислові відходи, та більш пластична і щільна. Це дає значний економічний і екологічний ефект. Сухий залишок бурових відходів складається з мінеральних складових (силікати та алюмосилікати материнських порід) і належать до відходів 4 класу небезпеки. Відповідно до ДБН В.2.4-2-2005 алюмосилікатний шлам включено до переліку промислових відходів, які приймаються на полігони ТПВ без обмеження [7].

Як показують розрахунки, об'єм вибуреної породи, що виділяється після очистки, при глибині свердловини до 5300 м складає біля 700 м<sup>3</sup> [8]. Абсолютно безпечною для сільськогосподарських угідь є концентрація сухого залишку бурового шламу із розрахунку 100 м<sup>3</sup> на 1 га, (10 л/м<sup>2</sup>) 5 % в об'ємі переробленого ґрунту до глибини 0,2 м. Навіть, якщо в шлам і виявляться токсичні домішки, то їх концентрація зменшиться у 20 разів, що зведе їх дозу у ґрунті до абсолютно безпечного рівня. Для утилізації всього об'єму осушеного шламу із однієї свердловини достатньо всього 7 га сільгоспугідь, які завжди можна підібрати придатними поблизу розташування місця накопичення відходів. Для рівномірного розсіювання шламу доцільно використовувати технології, що широко застосовуються в сільському господарстві.

Для отримання суттєвого позитивного впливу від внесення в ґрунти шламу необхідно збільшувати концентрацію його в залежності від складу ґрунтів. Для піщаних ґрунтів необхідно вносити більш глинистий шлам, а для глинистих – піщаний. Типи ґрунтів поблизу свердловини добре відомі, а склад шламу визначається геологічним розрізом. Оптимальна концентрація шламу в ґрунті може розраховуватись теоретично за агрохімічними правилами і підтверджуватись лабораторними дослідженнями.

**Висновки.** З огляду наведеного пропонується новий найбільш перспективний в екологічному і економічному аспектах напрям утилізації бурового шламу шляхом використання його в якості меліоранта для поліпшення ґрунтів на сільськогосподарських площах поблизу свердловини.

Головною причиною, що стримує розвиток запропонованого напрямку є значно перебільшена уява про токсичність бурового шламу та інших відходів, пов'язаних із бурінням свердловини. Тому першочерговим завданням фахівців з розвідки та освоєння родовищ корисних копалин є переконання необізнаної екологічної публіки в економічній і екологічній доцільності масштабного освоєння нових технологій на підставі ретельних об'єктивних і глибоких досліджень процесів реального впливу відходів на довкілля.

#### **Список використаних джерел:**

1. Калинович В.М., Вдовиченко А.І. Наукове обґрунтування утилізації бурового шламу // Нафта і газ. Наука – Освіта – Виробництво: шляхи інтеграції та інноваційного розвитку: матеріали ІХ Всеукраїнського науково-практичної конференції (м. Дрогобич, 8-9 травня 2024 р.). – Дрогобич: ТзОВ «Трек – ЛТД». – 2024. – С. 8–10.

2. Вдовиченко А.И. Влияние полимерных и эмульсионных промывочных жидкостей на агрохимические свойства почвы // Геоэкологические исследования и охрана недр: Нучн.-техн. информ. сб. – М.: АО «Геоинформмарк». – 1993. – Вып. 2. – С. 18–24.

3. Дарсанія Р. Повторне використання, якісні будматеріали та навіть добрива – в Україні впроваджують світовий досвід переробки відходів буріння // Інтернет видання «Полтавщина. – 23.12.2019. Електронний ресурс: <https://www.go.poltava.ua/povtorne-vykorystannya-yakisni-budmat/>.

4. Аблєєва І.Ю., Пляцук Л.Д., Будьоний О.П. Дослідження складу та структури бурового шламу з метою обґрунтування вибору методу його подальшої утилізації // Екологічна безпека. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2014. – Випуск 2 (85). – С. 172–178.

5. Рикусова Н. І. Сучасні методи переробки та утилізації відходів буріння нафтогазових свердловин / Н.І. Рикусова // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – 2018. – № 1 (20), Том 2. – С. 130–135.

«Карат» пропонує сучасне вирішення безамбарного буріння – Володимир Калинович // Carpathian Oil&Gas Conference 2021 у Львові: Електронний ресурс: <https://expro.com.ua/novini/karat-proponu-suchasne-virshennya-bezambarnogo-burnnya--volodimir-kalinovich>.

6. Шмандій В.М., Тітов А.О., Харламова О.В., Ригас Т.Є. Забезпечення екологічної безпеки шляхом утилізації відходів буріння // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2022. – № 1 (25). – С. 42–48.

7. Дригулич Петро. Управління відходами буріння: проблема чи можливість? // журнал «Sustainability Leaders Guide». – 2023. – № 4. Електронний ресурс: <https://ukraine-oss.com/articles/upravlinnya-vidhodamy-burinnya-problema-chy-mozhlyvist/>.



## ОЦІНКА ЗАХИЩЕНОСТІ ПИТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД СИНІЧАНСЬКОЇ ДІЛЯНКИ М. ІЗЮМУ ЗА МЕТОДИКОЮ DRASTIC

*П'яташ Д.Р., dmytro.piatash@ugv.com.ua,*

*Шум Т.І., taras.shum@ugv.com.ua,*

*Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІГаз), Харків, Україна*

Описано показники, рейтинги та індексна вага кожного показника у рамках методики оцінки захищеності підземних вод DRASTIC. Наведено історичну довідку та окремі приклади використання методики. Схарактеризовано параметри водоносних горизонтів Синичанської ділянки питних підземних вод. Представлені середньодобові дебіти по кожній свердловині ділянки з 2003 по 2020 рік. Розрахований коефіцієнт захищеності DRASTIC.

## ASSESSMENT OF THE PROTECTION OF DRINKING GROUNDWATER OF THE SYNCHAN AREA OF THE CITY OF IZYUM ACCORDING TO THE DRASTIC METHOD

*Piatash D., dmytro.piatash@ugv.com.ua,*

*Shum T., taras.shum@ugv.com.ua,*

*The Ukrainian Research Institute of Natural Gases (UkrNDIGas)*

The indicators, ratings and index weight of each indicator within the framework of the DRASTIC groundwater protection assessment methodology are described. Historical background and some examples of the use of the methodology are provided. The parameters of the aquifers of the Synychan area of drinking groundwater are characterized. The average daily flow rates for each well in the area from 2003 to 2020 are named. The DRASTIC protection factor is calculated.

**Вступ.** Питання захищеності питних підземних вод (далі – ППВ) від забруднення завжди актуальне адже на пряму стосується безпеки життя та здоров'я людей. Синичанська ділянка міста Ізюму була обрана для аналізу рівня захищеності ППВ через ряд причин. Як зазначалось в [1] попри значний рівень захищеності водоносного горизонту прослідковується погіршення якості води в деяких свердловинах. Незважаючи на те, що добові показники дебітів знаходяться в рамках спеціального дозволу на користування надрами (23,5 тис. м<sup>3</sup>/добу), проте на подібній за часом експлуатації та параметрами водоносного горизонту ділянці, в іншій частині міста, вже візуально видно депресійну воронку. Даний факт свідчить про потенційну можливість утворення депресійної воронки і в межах Синичанської ділянки, що робить релевантними подальші дослідження захищеності ППВ в даному регіоні.

**Виклад основного матеріалу.** Для оцінки рівня захищеності ППВ даної ділянки була обрана методика DRASTIC: D – Depth to Water (статичний рівень); R – Net Recharge (живлення водоносного горизонту); A – Aquifer Media (літологічний склад водоносного горизонту); S – Soil Media (склад ґрунту); T – Topography, slope (ухил рельєфу); I – Impact of the Vadose Zone Media (вплив зони аерації); C – Hydraulic Conductivity of the Aquifer (п'єзопровідність). Методика була розроблена у 80-ті роки ХХ століття співробітниками Агенції з охорони довкілля США (L. Aller, T. Bennett, J. H. Lehr та інші) [2]. Кожен показник має свій рейтинг та індексну вагу які впливають на кінцеву оцінку (табл. 1, 2). Формула розрахунку має наступний вигляд:

$$D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W = \text{Pollution potential} \quad (1.1)$$

де  $R$  – рейтинг;  
 $W$  – індексна вага.

Окрім класичної методики, за роки апробації в різних регіонах світу, на основі DRASTIC розроблений ряд подібних методик ad hoc. Прикладом таких є: DRAMIC (для урбанізованих територій), DRASTIC-LU (для території з постійним внесенням добрив та пестицидів), SINTACS (з врахуванням особливостей певних територій Італії) тощо[3]. В рамках даних тез захищеність буде аналізуватись відповідно до класичної методики.

Таблиця 1

## Рейтинг та індексна вага для показників D, R, T, C

<b>Depth to Water, см (глибина до покрівлі водоносного горизонту) – W (індексна вага) = 5</b>							
Range (діапазон), см	30,5 – 152,5	152,5 – 457,2	457,2 – 914,5	914,5 – 1524,0	1524,0 – 2286,0	2286,0 – 3048,0	>3048
R (рейтинг), const	10	9	7	5	3	2	1
<b>Net Recharge, мм (підживлення) – W (індексна вага) = 4</b>							
Range (діапазон), мм	0,0 – 50,8	50,8 – 101,6	101,6 – 177,8	177,8 – 254,0	>254,0	-	-
R (рейтинг), const	1	3	6	8	9	-	-
<b>Topography, slope, % (ухил рельєфу) – W (індексна вага) = 1</b>							
Range (діапазон), %	0 – 2	2 – 6	6 – 12	12 – 18	>18	-	-
R (рейтинг), const	10	9	5	3	1	-	-
<b>Hydraulic Conductivity of the Aquifer, м/добу (п'єзопровідність) – W (індексна вага) = 3</b>							
Range (діапазон), м/добу	0,04 – 4,1	4,1 – 12,22	12,22 – 28,52	28,52 – 40,75	40,75 – 81,49	>81,49	-
R (рейтинг), const	1	2	4	6	8	10	-

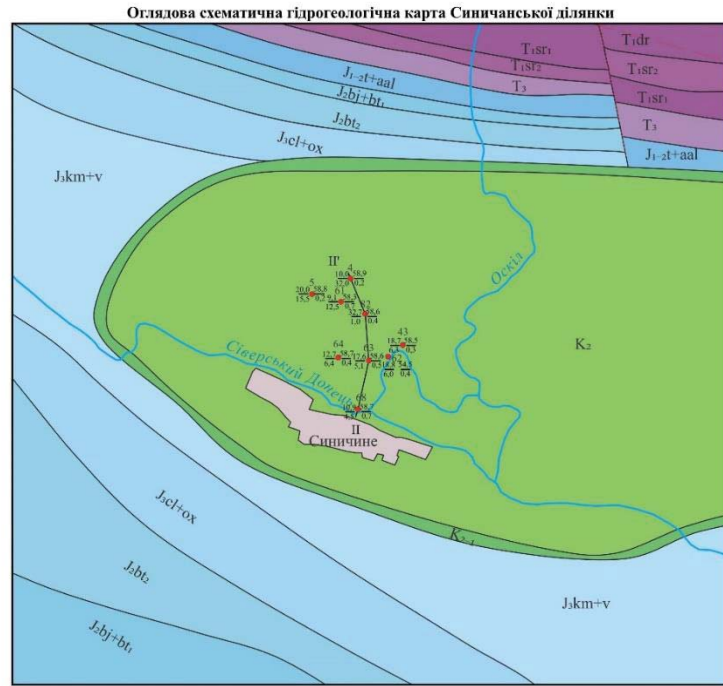
Таблиця 2

## Рейтинг та індексна вага показників A, S, I

<b>Aquifer Media</b> (літологічний склад водоносного горизонту) W (індексна вага) = 3		<b>Soil Media</b> (склад ґрунту) W (індексна вага) = 2		<b>Impact of the Vadose Zone</b> (вплив зони аерації) W (індексна вага) = 5	
Range (діапазон)	R (рейтинг)	Range (діапазон)	R (рейтинг)	Range (діапазон)	R (рейтинг)
Масивні сланці	2	Тонкий або відсутній	10	Витриманий слабопроникний шар	1
Метаморфічні/магматичні породи	3	Гравій	10	Мул/глина	3
Вивітрені метаморфічні/магматичні	4	Пісок	9	Сланці	3

породи					
Гляціальні відклади	5	Торф	8	Вапняк	6
Шаруваті пісковики з включеннями вапняків та сланців	6	Гідратована глина	7	Пісковик	6
Масивні пісковики	6	Супісок	6	Шаруваті вапняки, пісковики, сланці	6
Масивні вапняки	6	Суглинки	5	Пісок та гравій із значним вмістом глин	6
Пісок та гравій	8	Мулистий суглинок	3	Метаморфічні/магматичні породи	4
Базальт	9	Глинистий суглинок	3	Пісок та гравій	8
Закарстований вапняк	10	Болотні ґрунти	2	Базальт	9
-	-	Дегідратована глина	1	Закарстований вапняк	10

Синичанська ділянка ППВ (рис. 1) розташована у 8-ми кілометрах у напрямку на південний схід від міста Ізюму на лівому березі річки Сіверський Донець, поблизу місця впадання річки Оскіл до Сіверського Донця. Сverdловини були побудовані у 1987 р.



Масштаб 1:50 000

**Умовні позначення**

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний горизонт мергельно-крейдяних відкладів верхньої крейди (крейда, мергель - шільні, трішинуваті)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #3CB371; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний горизонт сеноман-нижньокрейдяних відкладів (прошарки пісків і пісковиків у глинах)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний комплекс кімериджського і волзького ярусів верхньої юри (прошарки пісків і пісковиків у товщі глини, алевролітів та алевролітів)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #87CEEB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний горизонт відкладів келовейського та оксфордського ярусів (вапняки з прошарками глини)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #66B3FF; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний горизонт верхньобатських відкладів середньої юри (піски, пісковики з прошарками глини)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4682B4; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний комплекс відкладів байоського ярасу і нижньобатського під'ярасу (прошарки пісків і пісковиків у товщі глини)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4169E1; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний комплекс відкладів тоарського та ааленського ярусів нижньої та середньої юри (прошарки пісків і пісковиків у товщі глини)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #9370DB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний комплекс верхньотріасових відкладів (прошарки пісковиків і гравелітів у товщі глини)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #800080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний комплекс верхньосеребрянської підсвіти нижнього тріасу (пісковики у товщі глини, алевролітів)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #483D8B; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний комплекс нижньосеребрянської підсвіти нижнього тріасу (пісковики різнозернисті)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #483D8B; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Водонесний комплекс відкладів дроповської світи нижнього тріасу (пісковики з прошарками алевролітів)</li> </ul> |
|--|---|
- 
- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Тектонічне порушення</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Експлуатаційні свердловини Синичанської ділянки</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Зверху - номер свердловини</li> <li>Ліворуч: у чисельнику - дебіт, дм<sup>3</sup>/с<br/>у знаменнику - зниження рівня, м</li> <li>Праворуч: у чисельнику - абс. відмітка стат. рівня, м<br/>у знаменнику - мінералізація, г/дм<sup>3</sup></li> </ul> |
|--|--|
- II - II' Лінія розрізу

**Рис. 1. Оглядова схематична гідрогеологічна карта Синичанської ділянки**  
 Графік середніх добових дебітів по свердловинах, що експлуатуються представлений на рис. 2.



## Середні добові дебїти свердловин Синичанської ділянки, м<sup>3</sup>/доб

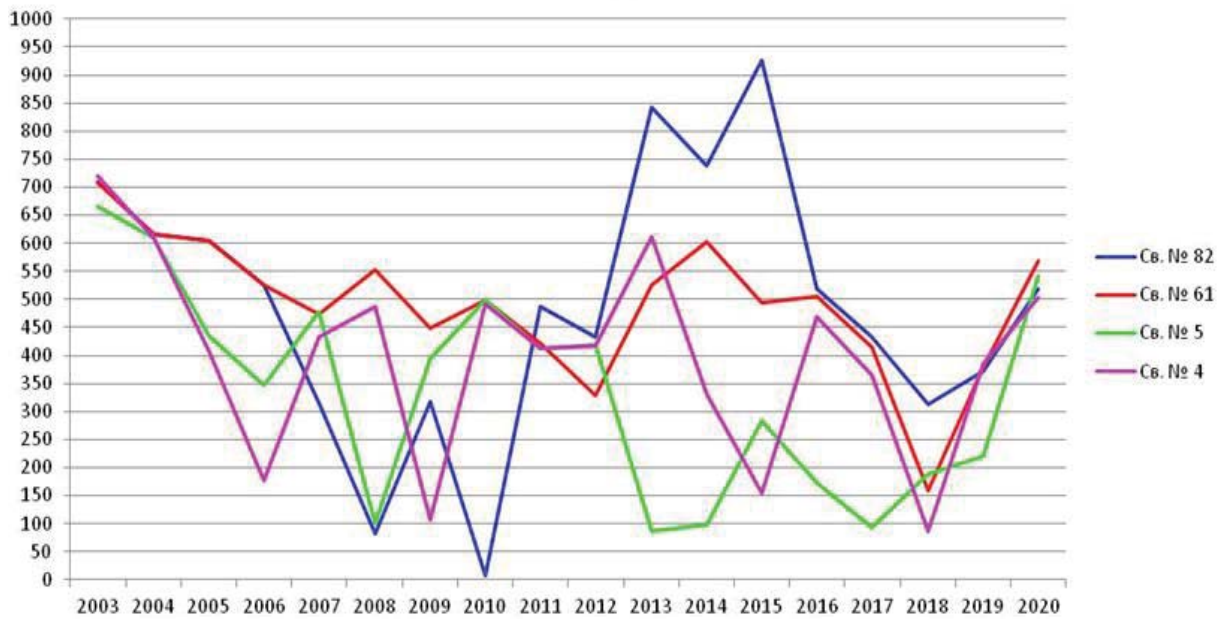


Рис. 2. Графіки середніх добових дебїтів за 2003-2020 р.

Рейтинг показника D залежить від глибини залягання покрівлі водоносного горизонту. Для Синичанської ділянки відповідний діапазон визначається по даним геолого-гідрогеологічного розрізу (рис. 3). Середні показники глибин покрівлі водоносного горизонту складають 12,6 м і відповідають рейтингу 5 (914,5 – 1524,0 см).

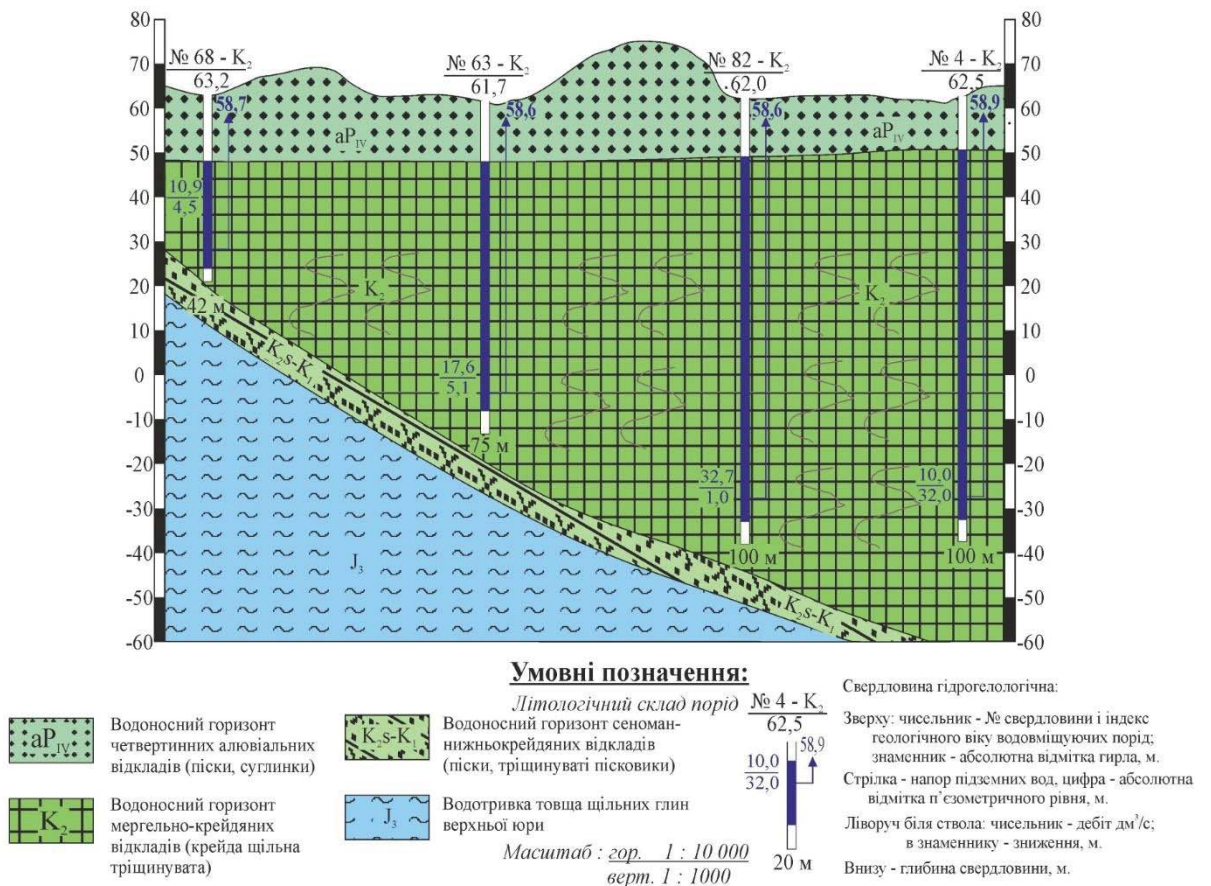


Рис. 3. Геолого-гідрогеологічний розріз по лінії II-II'

Показник R відповідає за якісну оцінку живлення водоносного горизонту. Наукова фабула даного чиннику полягає у тому, що зі зростанням об'ємів живлення збільшується потенціал забруднення. Першим недоліком даного показника є неможливість визначення точних об'ємів живлення. Зазвичай кількісні дані по даному показнику вираховуються за кількістю опадів на рік та/або за публікаціями спеціальних гідрогеологічних досліджень у довідниках відповідної тематики. Другим недоліком є відсутність врахованого розбавлення забруднюючих хімічних елементів значними об'ємами води. Враховуючи річну кількість опадів для Харківської області та розташування Синичанської ділянки у прирусловій зоні р. Сіверський Донець рейтинг показника R дорівнює 9 (>254,0 мм)

Для коректного підбору рейтингу для показників A, S, I використовувався геолого-гідрогеологічний розріз Синичанської ділянки по лінії II-II' (рис. 3) та таблиця 2.

Рейтинг показника A залежить від літологічного складу водоносного горизонту. Для Синичанської ділянки водоносний горизонт представлений крейдою, що відповідає рейтингу 6.

Рейтинг показника S залежить від складу денної поверхні. Враховуючи фактор розташування частини свердловин у прирусловій ділянці, а частини на терасі можна говорити про ймовірне переважання піску. Рейтинг піску дорівнює 9.

Для визначення середнього ухилу рельєфу (показник T) використовувались дані дистанційного зондування Землі (Google Earth). Для даної території ухили варіюються в рамках 2 – 6 %, що дорівнює рейтингу 9.

Оскільки зона аерації представлена здебільшого піском, відповідний рейтинг показника I дорівнює 8.

Для визначення рейтингу показника п'єзопровідності водоносного горизонту (показник C), в умовах відсутності даних по дослідно-фільтраційним роботам на ділянці дослідження, було використано алгоритм розрахунку з [2, с .63]. За підрахунками показник п'єзопровідності складає 0,09, що відповідає діапазону з рейтингом 1.

Загальне число, отримане на Синичанській ділянці за (1.1) складає:

$$(5 \times 5) + (9 \times 4) + (6 \times 3) + (9 \times 2) + (9 \times 1) + (8 \times 5) + (1 \times 3) = 149$$

Максимальний можливий показник дорівнює 226, а мінімальний – 26. Чим більше число – тим менша захищеність підземних вод. Отримане число 149 свідчить більше про слабку захищеність ніж про достатню.

**Висновки.** В ході дослідження проаналізовано параметри водоносного горизонту Синичанської ділянки на предмет захищеності ППВ за методикою DRASTIC. Окремо слід виділити такі висновки:

1. Найбільший вплив на фінальне число мають показники R (живлення), S (склад ґрунту) та I (вплив зони аерації) через високі рейтинги.
2. Отриманий результат свідчить про слабку або недостатню захищеність ППВ Синичанської ділянки згідно з методикою DRASTIC.
3. В довгостроковій перспективі така якісна оцінка захищеності підтверджується даними негативної динаміки хімічного складу описаної в [1], незважаючи на відсутність будь-яких перевищень ГДК для ППВ Синичанської ділянки.

#### **Список використаних джерел:**

1. Удалов І. В., П'яташ Д. Р. Кількісний динамізм показників хімічного складу як маркер якісної диференціації підземних вод (на прикладі Синичанського водозабору). *Геохімія техногенезу*. К. 2021. Випуск 6 (34), С. 90-98.
2. Aller, L.; Bennett, T.; Lehr, J.H.; Petty, R.J.; Hackett, G. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Potential Using Hydrogeologic Settings; EPA/600/2-85/018; U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA, 1987.
3. Barbulescu, A. Assessing Groundwater Vulnerability: DRASTIC and DRASTIC-Like Methods: A Review. *Water* 2020, 12, 1356. <https://doi.org/10.3390/w12051356>.

## АЕРОКОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗРОБКОЮ КОРИСНИХ КОПАЛИН

*Триснюк Т.В., к. техн. н., taras24t@gmail.com,*

*Шумейко В.О., к. техн. н., shum1983@ukr.net,*

*Волинець Т.В., аспірант, alhimiktv@ukr.net,*

*Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору*

В роботі обґрунтовано застосування ефективності роботи аерокосмічних технологій в системі екологічного моніторингу забруднення територій у зв'язку з розробкою корисних копалин. Вдосконалено наукові підходи та розроблення моделей екологічної оцінки, щодо застосування аерокосмічних засобів для моніторингу та оцінки екологічного стану ґрунтового покриву. Запропоновано методичний підхід, який ґрунтується на модифікованому методі комплексної оцінки рівня техногенної небезпеки промислових об'єктів.

**Ключові слова:** інформаційні технології, техногенна небезпека, ґрунтовий покрив, пилове забруднення, атмосферне повітря, технічні рішення, екологічна безпека, корисні копалини, забруднення територій.

## AEROSPACE TECHNOLOGIES FOR ASSESSING CONTAMINATION OF TERRITORIES IN CONNECTION WITH THE DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES

*Trysnyuk T.V., Cand. Sci. (Eng.) taras24t@gmail.com,*

*Shumeiko V.O., Cand. Sci. (Eng.) shum1983@ukr.net,*

*Volynets T.V., postgraduate, alhimiktv@ukr.net,*

*Institute of Telecommunications and Global Information Space*

The work substantiates the application of the effectiveness of aerospace technologies in the system of ecological monitoring of territory pollution in connection with the development of minerals. Scientific approaches and the development of ecological assessment models have been improved, regarding the use of aerospace means for monitoring and assessing the ecological state of the soil cover. A methodical approach is proposed, which is based on a modified method of comprehensive assessment of the level of man-made danger of industrial facilities.

**Key words:** information technology, technogenic danger, soil cover, dust pollution, atmospheric air, technical solutions, environmental safety, minerals, pollution of territories.

**Постановка проблеми.** Розробка корисних копалин є важливою складовою економічного розвитку багатьох країн світу. Цей процес забезпечує сировинну базу для промисловості, сприяє створенню робочих місць і розвитку інфраструктури. Проте, видобування корисних копалин супроводжується значним впливом на навколишнє середовище, що викликає серйозні екологічні проблеми. Забруднення ґрунтів, водних ресурсів, атмосфери, знищення біорізноманіття та деградація ландшафтів є основними наслідками діяльності гірничодобувної промисловості. В умовах сучасного зростання екологічної свідомості стає очевидним, що для сталого розвитку необхідно враховувати екологічні наслідки видобування корисних копалин і шукати шляхи мінімізації їхнього впливу. Дослідження оцінки забруднення територій у зв'язку з розробкою корисних копалин базуються на наукових принципах, що визначають складну систему управління екологічною безпекою в умовах посиленої дії джерел вторинного пилового забруднення атмосферного повітря. Для забезпечення екологічної безпеки в умовах високого рівня пилового забруднення, необхідно застосовувати та вдосконалювати відповідні моделі. Серед багатьох видів забруднення навколишнього середовища особливо небезпечним є пилове забруднення атмосферного повітря та осідання забруднень на ґрунті. Це забруднення може мати дві форми: пряме викидання забруднень від промислових підприємств (первинне) або формування вторинних забруднень через фізико-хімічні процеси у місцях зберігання пилоподібних відходів. Тонкодисперсні відходи після очищення повітря з розмірами менше 100 мкм є особливо небезпечними.

В сучасному екологічному моніторингу та визначенню оцінки забруднення територій у зв'язку з розробкою корисних копалин особливу увагу звертають на дистанційні методи, які допомагають ефективніше відслідковувати вплив людської діяльності та вирішувати



екологічні завдання. Використання безпілотних літальних апаратів (ДПЛА) є одним з таких методів, який має свої позитивні властивості.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз попередніх досліджень дозволяє констатувати, що роль вторинного пилового забруднення у формуванні екологічної небезпеки регіону вивчається науковцями: Адаменко Я.О., Архипова Л.М., Мандрик О.М, Машков О.М., Мальований М.С., Рудько Г.І., Трофимчук О.М. [1, 2], Триснюк В.М., Яковлева Є.О. та інші [3, 4].

**Метою статті** є розв'язання наукової проблеми удосконалення аерокосмічних методів для моніторингу та визначення оцінки забруднення територій у зв'язку з розробкою корисних копалин.

**Об'єкт дослідження** є інформаційні технології для комплексного моніторингу територій на основі аерокосмічних та контактних методів.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Однією з головних екологічних проблем, пов'язаних з видобуванням корисних копалин, є забруднення ґрунтів. Гірничодобувна діяльність призводить до накопичення великих обсягів відходів, серед яких відвали порожньої породи та шлаків, які можуть містити токсичні речовини, зокрема важкі метали. В процесі видобування, особливо при відкритих методах, знищуються родючі шари ґрунту, що ускладнює або робить неможливим його подальше використання для сільського господарства чи інших цілей. Хімічне забруднення ґрунтів важкими металами, такими як свинець, кадмій, ртуть та мідь, є результатом діяльності гірничодобувних підприємств, особливо у випадках, коли вони недостатньо контролюють процеси вилучення та зберігання шкідливих речовин. Ці метали мають тривалий вплив на довкілля і можуть накопичуватися в харчових ланцюгах, загрожуючи здоров'ю людей та тварин. Забруднення ґрунту може виникати, як в результаті первинних викидів на промислових підприємствах, так і внаслідок фізико-хімічних процесів в місцях складування пилоподібних відходів виробництв, особливо тонкодисперсних відходів пилоочищення. Цей другорядний тип забруднення досить поширений, оскільки наразі відсутні ефективні технології для утилізації цих відходів. Неврахування вторинного забруднення ґрунтів при моніторингу стану екобезпеки може призвести до недооцінки внеску цього типу забруднення у загальну небезпеку для довкілля. В таких випадках важливо провести -оцінку впливу джерел забруднення ґрунтового покриву у формування рівня техногенної небезпеки, що зазвичай базується на показниках техногенної небезпеки, а саме, за формулою 1:

$$T = K_T \cdot K_{KM} \cdot K_p \cdot \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N K_{ui} \cdot a_i \cdot M_i}{N} \right\}, \quad (1)$$

- де  $T$  – показник техногенної небезпеки, внаслідок забруднення ґрунтів;  
 $K_T$  – коефіцієнт господарської регіональної діяльності;  
 $K_{KM}$  – коефіцієнт, від кількості громадян, які піддаються впливу забруднення;  
 $K_p$  – коефіцієнт, що враховує рельєф місцевості;  
 $K_{ui}$  – коефіцієнт, який залежить від характеристик джерел викидів;  
 $a_i$  – показник викидів в атмосферу;  
 $M_i$  – річна маса інгредієнтів, що містяться у викидах в ґрунти, т/рік;  
 $N$  – кількість інгредієнтів.

Для оцінки змін, що відбуваються в екосистемах Карпатського регіону внаслідок техногенного забруднення атмосферного повітря пилом було створено базу геоданих. Ця база включає космічні знімки отримані з космічних апаратів Landsat 7 (вказано на рис. 1, 2), топографічні карти, а також цифрові моделі рельєфу з різною деталізацією [5].



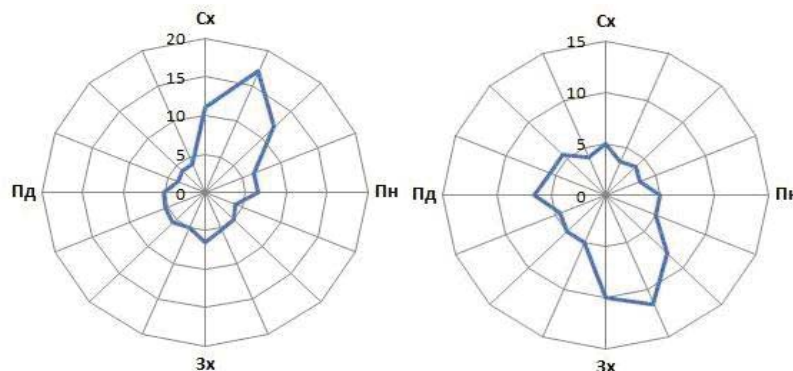


**Рис. 1.** Космічний знімок Бурштинської ТЕС космічним апаратом Landsat 7 з роздільною здатністю 30 м від 10.05.2021 р.



**Рис. 2.** Космічний знімок Бурштинської ТЕС космічним апаратом Landsat 7 з роздільною здатністю 30 м від 20.07.2021 р.

Оскільки більшість техноприродних явищ та процесів є багатофакторними, врахувати ступінь впливу кожного фактора на формування явища неможливо. Тому для прогнозування екологічної небезпеки адекватним підходом є імовірнісний підхід, що базується на побудові моделей-інтерпретацій та моделей-екстраполяцій з використанням даних моніторингу, таких як ряди спостережень, та методів математичної статистики й теорії ймовірностей. Такий підхід дозволяє врахувати багатофакторність та невизначеність впливу окремих факторів на результат [6] (рис. 3).



**Рис. 3.** Схема рози вітрів Бурштинської ТЕС

Роза вітрів та імовірнісний підхід до прогнозування екологічної небезпеки Бурштинської ТЕС пов'язані з багатофакторністю техноприродних явищ та процесів, що їх вони відображають.

Врахувати вплив кожного з факторів на формування явища неможливо, тому адекватним підходом є використання імовірнісного підходу. Цей підхід полягає у побудові

моделей-інтерпретацій та моделей-екстраполяцій на основі даних моніторингу та методів математичної статистики й теорії ймовірностей.

Роза вітрів, з свого боку, є інструментом для визначення напрямків поширення забруднення, які можуть бути використані для покращення прогнозування екологічної небезпеки від діяльності Бурштинської ТЕС.

У прогнозуванні максимальних екологічних характеристик, таких як рівні безпеки та забруднення, часто використовують математичну модель випадкової величини як простий та популярний імовірнісний підхід. Ця модель є найбільш ефективною. Сірчистий ангідрид, який міститься в атмосфері, може зреагувати з водою і перетворитися на кислоту, яка потім може випасти на землю разом з дощем. На даний момент викиди сірчистого ангідриду є найбільш гострою проблемою, оскільки вони перевищують європейські норми. Оксид вуглецю, з свого боку, змінює парниковий ефект. Гірничодобувна діяльність є джерелом значних викидів у атмосферу. Під час видобування, транспортування та переробки корисних копалин в атмосферу потрапляють пил, шкідливі гази (зокрема діоксид сірки, оксиди азоту) та леткі органічні сполуки. Пилове забруднення є одним із найбільш поширених видів забруднення повітря навколо видобувних об'єктів. Великі обсяги порожньої породи, перевезення руд, дроблення й обробка матеріалів призводять до утворення пилу, який осідає на прилеглих територіях. Цей пил може містити шкідливі хімічні елементи, які погіршують якість повітря та є небезпечними для здоров'я людей.

Забруднені ґрунти безпосередньо впливають на біорізноманіття, оскільки багато рослин і мікроорганізмів не можуть адаптуватися до підвищених концентрацій токсичних речовин. Це призводить до зниження чисельності видів, втрати біологічного різноманіття та руйнування екосистем, що може мати довгострокові наслідки для природних екосистем і сільськогосподарських територій.

Розробка корисних копалин також викликає значне забруднення водних ресурсів. Найбільш серйозними проблемами є: витік хімічних речовин у підземні води; забруднення поверхневих вод відходами та шкідливими речовинами; виснаження водоносних горизонтів через надмірне використання води для видобувних операцій.

Внаслідок видобування корисних копалин до річок та озер можуть потрапляти шкідливі речовини, такі як ртуть, миш'як, свинець та інші метали, які використовуються в процесах переробки руд. Це призводить до погіршення якості води, зменшення біорізноманіття водних екосистем, знищення рибних ресурсів та ризиків для здоров'я людей, які користуються цією водою.

Для оперативного виявлення, локалізації, ідентифікації й моніторингу техногенно-екологічного впливу забруднень на водні екосистеми та як наслідок життєдіяльність людини, є ефективний метод побудови багатокритеріальних картографічних моделей місцевості у комплексі з аналізом даних ДЗЗ, запропонований Г.Я. Красовським [3]. Метод дає змогу визначити ступінь комбінаторного впливу факторів, які спричиняють небезпечне явище. Контактні методи визначення територій, що знаходяться під впливом розвитку процесів ерозії, складаються з комплексу польових і камеральних робіт. Польові роботи полягають в обстеженні території, вимірюванні площ ареалів за допомогою GPS апаратури, відібранні проб хімічного складу ґрунту, камеральні – в обробленні польових даних і прогнозуванні подальшого розвитку цих процесів. Перевагою контактних методів є висока точність вимірів хімічного складу ґрунту та стану вегетації рослинності.

Однією з найсерйозніших загроз для водних ресурсів є кислотний дренаж шахт (КДС), який виникає під час окислення сульфідних мінералів на поверхні гірських порід. Коли ці породи взаємодіють з водою та киснем, утворюються сірчана кислота і розчинені метали, що потрапляють у водні системи. Це може значно погіршувати якість води, роблячи її непридатною для використання людиною і шкідливою для водних екосистем. Кислотний дренаж є довготривалою проблемою, оскільки процес утворення кислотних вод може продовжуватися протягом десятиліть після завершення видобування. Гірничодобувна промисловість сприяє глобальному потеплінню через викиди парникових газів, зокрема

діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) і метану ( $\text{CH}_4$ ). Видобування і транспортування вугілля, нафти, газу супроводжуються викидами парникових газів, що сприяє збільшенню концентрацій в атмосфері, підвищенню глобальних температур і зміні клімату. Однією з найпомітніших екологічних проблем, пов'язаних з видобуванням корисних копалин, є руйнування природних ландшафтів та порушення екосистем. Відкриті кар'єри, шахти та інші об'єкти видобування кардинально змінюють вигляд територій, що може мати серйозні наслідки для навколишньої природи. Розробка відкритих кар'єрів та облаштування інфраструктури для видобування призводить до втрати родючих земель, які більше не можуть використовуватися для сільського господарства. Це особливо актуально для регіонів з обмеженими земельними ресурсами. Видобування корисних копалин може знищувати природні місця існування тварин і рослин, сприяючи зникненню видів та порушенню екологічної рівноваги. Деякі види можуть повністю зникнути через втрату місць проживання або порушення екологічних ланцюгів. Екосистеми, що оточують об'єкти видобування, зазнають негативних змін через викиди забруднювачів, зміни ландшафтів і втручання у природні процеси. Втрата біорізноманіття є однією з найбільших екологічних проблем. Зниження чисельності видів, вимирання деяких рослин і тварин може призвести до довгострокової дестабілізації екосистем.

Окреслено, що методи ДЗЗ мають ряд особливостей (час зйомки, метеорологічні умови, тип апаратури, роздільна здатність знімку, тощо) у контексті визначення факторів впливу на відбиваючу властивість ґрунтів та рослинності і є доволі докладно обстеженими, однак основним їх недоліком є те що для впевненості у результатах обробки даних ДЗЗ необхідно мати хоч якусь апріорну інформацію про територію дослідження. В результаті збору, обробки та аналізу польових та лабораторних даних по кожній ділянці розраховуються забруднення ґрунтів. Побудова цифрових моделей місцевості та створення картографічних моделей схилів поверхні у поєднанні з метеорологічними даними дозволяє визначити вплив сільськогосподарських земель на водну екосистему та забруднення ґрунтів. Таким чином була сформована структурна схема проведення моніторингу та оцінки впливу сільськогосподарських процесів на екологічну безпеку територій [7].

За даними ДЗЗ проводиться аналіз рельєфу місцевості та здійснюється ретроспективний моніторинг використання земель для ведення сільськогосподарського виробництва. Використання безпілотних засобів має багато переваг, включаючи швидке та точне інформування про стан довкілля на заданій території, здатність дістатися до важкодоступних районів, а також можливість модифікувати бортові системи ДПЛА залежно від задачі моніторингу. Сьогоднішні ДПЛА забезпечують широкий спектр можливостей, включаючи фото- та відеоспостереження у видимому спектрі, а також тепловізійну та радарну зйомку. Для вирішення обмежень, що пов'язані з організацією управління та потребою вчасного застосування безпілотних літальних апаратів (ДПЛА), був розроблений підхід, що полягає у формулюванні критерію, який може бути часовим або економічним, для визначення можливості застосування ДПЛА з мінімальними витратами для виконання екологічних завдань. Додатковою перевагою застосування ДПЛА для екологічного контролю є можливість оперативної реакції на виявлення забруднення та вчасного прийняття заходів для його ліквідації. Крім того, використання ДПЛА дозволяє зменшити ризик для людей, які здійснюють спостереження в небезпечних умовах, наприклад, в зонах забруднення, де можлива експозиція до токсичних речовин. Застосування ДПЛА в екологічному контролі є важливим елементом стратегії збереження природного середовища та підвищення екологічної безпеки. У вирішенні завдань моніторингу геоекотехнічних систем з використанням даних БПЛА ключовим є ландшафтознавчий підхід, який розглядає зображення земної поверхні, отримане за допомогою техніки, як складну геоекотехнічну систему, де всі елементи тісно пов'язані та взаємодіють між собою. Ландшафт розглядається як результат природної та людської діяльності, при цьому він зберігає сліди різних етапів розвитку, що дозволяє оцінити значення ландшафту для дослідження геоекотехнічних систем як у просторовому, так і в часовому аспектах.

**Висновки.** Розробка корисних копалин має як економічні, так і значні екологічні наслідки. Забруднення ґрунтів, водних ресурсів, атмосфери, деградація ландшафтів та втрата біорізноманіття є ключовими викликами, з якими зіштовхується людство у сфері гірничодобувної промисловості. Щоб забезпечити сталість розвитку та мінімізувати екологічні ризики, необхідно запроваджувати новітні технології видобування та переробки, а також впроваджувати системний екологічний моніторинг і природоохоронні заходи на місцевому, національному та глобальному рівнях. У проведених дослідженнях встановлено, що пилове забруднення може створювати екологічну небезпеку. Було доведено необхідність розрізнення первинного та вторинного джерел небезпеки, відповідно до основного технологічного процесу виробництва. Запропонований методичний підхід щодо оцінки екологічної безпеки в умовах інтенсивного пилового забруднення.

#### **Список використаних джерел:**

1. Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; Івано-Франківський нац. тех. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2021. – 343 с.// ISBN 978-617-7468-53-9. 10.3997/2214-4609.201902083.
2. Архипова Л.М. Методи оцінки екологічної небезпеки природно-технічних систем в районах нафтогазовидобутку / Л.М.Архипова // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – № 3(29), 2011. – С. 29-33.
3. Греков Л.Д., Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом. Київ. Наукова думка, 2007. – 219 с.
4. Триснюк В.М., Шумейко В.О., Голован Ю.М. Механізм визначення кількісних характеристик рівня концентрації забруднюючих речовин викидами автомобільного транспорту. Київський національний університет будівництва і архітектури. Екологічна безпека та природокористування. № 2 (37), Київ. 2021. С. 28-34.
5. Триснюк В.М. Система управління екологічною безпекою природних і антропогенно-модифікованих геосистем. Системи обробки інформації. – 2016. – № 12. – С. 185-188. IndexCopernicus.
6. Horoshkova L., Khlobystov Ie., Trysnyuk V., Trysnyuk T. Dynamic balance of natural resource use aimed at national economy's sustainable development (the case of coal mining adaptive modelling). European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, Geoinformatics, May 2021, Volume 2021, p. 1-6. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521107>.
7. Trysnyuk V., Trysnyuk T., Radchuk I., Horoshkova L., Khlobystov Ie., Nagorny Y. Modeling of dangerous processes of natural and man-made disasters. European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, Geoinformatics, May 2021, Volume 2021, p. 1-6. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521063>.



## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЯК ЧИННИК СТІЙКОСТІ УКРАЇНИ

*Жикаляк М.В., д. екон. н., к. геол. н., dongeo@ukr.net,  
Маринченко М.Є., geolog1968@gmail.com,  
ДРГП «Донецькгеологія», м. Бахмут-м.Київ, Україна*

Охарактеризований стан водних ресурсів під впливом суттєвих змін східних регіонів України, які обумовлені індустріально-орієнтованою канално-водопровідною мережею водопостачання, порушенням природного колообігу прісної води, упередженим виділенням річкового басейну Дону з ігноруванням 125-річного басейнового статусу річки Сіверський Донець та тривалою збройною агресією росії. Комплексно обґрунтовано самостійний басейновий статус річки Сіверський Донець, актуальність застосування поняття «Екологічний стік» і необхідність виділення масивів поверхневих і підземних вод 12 суббасейнових притоків Сіверського Дінця для підвищення ефективності згальнодержавного і регіонального моніторингу вод та поетапного вирішення екологічних проблем промислових районів.

## ENVIRONMENTAL SAFETY OF WATER RESOURCES AS A FACTOR OF THE STABILITY OF UKRAINE

*Zhikalyak M., Dr. Sci.(Econ.), Cand. Sci. (Geol.), dongeo@ukr.net,  
Marynchenko M., geolog1968@gmail.com,  
DRGP «DonetskGeology», Bakhmut-Kyiv, Ukraine*

The state of water resources is characterized under the influence of significant changes in the eastern regions of Ukraine, which are caused by an industrially oriented canal and water supply network, a violation of the natural cycle of fresh water, a biased selection of the Don river basin with ignoring the 125-year basin status of the Siverskyi Donets river, and Russia's long-term armed aggression. The independent basin status of the Siverskyi Donets River, the relevance of the application of the concept of "Ecological flow" and the need to allocate massifs of surface and underground waters of 12 sub-basin tributaries of the Siverskyi Donets River in order to increase the effectiveness of national and regional water monitoring and the step-by-step solution of environmental problems in industrial areas are comprehensively substantiated.

**Вступ.** На фоні перманентних проявів у світі воєнних, політичних, соціально-економічних, екологічних і енергетичних проблем, на період до 2030-2050 років найбільш актуальною природоохоронною проблемою буде проблема охорони й сталого розвитку водних ресурсів. Необхідність зменшення техногенного впливу на поверхневі та підземні води, забезпечення вільного доступу населення до водних ресурсів і сталий розвиток запасів питних вод передбачені цільовою Водною програмою Організації Об'єднаних Націй (ООН). У поточному році, не зважаючи на загострення та невирішеність у світі збройних конфліктів, на вересень 2024 року з ініціативи Франції та Казахстану під час засідання Генеральної Асамблеї ООН заплановано проведення саміту «Одна вода». Тобто 2024 рік по суті є роком *Води*.

**Обґрунтування проблеми.** Значення води для людства ще в 1936 році відзначав класик вітчизняної науки В.І Вернадський, який у своїх працях про ноосферу підкреслював, що «вода на нашій планеті-один із мінералів, який за своїм розповсюдженням немає собі рівного, формує одну із земних геосфер-гідросферу та визначає всю хімію земної кори». Саме тому досягнення істотних зрушень в покращенні стану поверхневих і підземних вод в Україні, як однієї з найменш водозабезпечених країн Європи, з неналежним станом інфраструктури водовідведення та очисних споруд, недотриманням норм водоохоронних зон і застарілою не комплексною системою державного моніторингу вод, повинно стати першочерговою метою впровадження екосистемного підходу в діяльність Держводагентства та удосконалення системи інтегрованого екологічного управління водними ресурсами держави згідно Директиви Європейського Союзу та Рамкових конвенцій Організації Об'єднаних Націй.

Організація Об'єднаних Націй 24 березня 2024 року об'явила Всесвітнім днем Води - «Вода заради світу» із закликом не тільки зберегти світ та водні ресурси, а й покращити системи управління поверхневими та підземними водами. Крім того, необхідність підтримки якості та кількості ресурсів підземних вод завдяки підвищенню їх захисту і впровадженню інноваційних розробок у сфері збалансованого управління підземною гідросферою Європи

розглянута 8-13 вересня 2024 року на Всесвітньому конгресі в Давосі (Швейцарія). Однак уже зараз зрозуміло, що глобальна водна криза, яка охопила планету, вимагає простих і ефективних рішень та комплексних збалансованих заходів щодо покращення системи моніторингу кількісних і якісних показників як поверхневих, так і підземних вод із використанням передових інноваційних технологій та світового досвіду з управління водними ресурсами в цілому.

Ігнорування Держводагентством України ресурсів підземних вод і перспектив їх використання в зонах техногенного та воєнного впливу, а також некомплексне виконання загальнодержавного і регіонального моніторингу довкілля, без створення оптимальної мережі усіх складових природних ресурсів, призвело до припинення екологічних досліджень стану підземних вод у водозаборах і водоносних горизонтах.

Незбалансована енерго-ресурсноємна економічна діяльність в Україні з масштабним використанням поверхневих вод, обширною індустріально-орієнтованою канално-водопровідною мережею водопостачання суттєво порушила колообіг прісної води в річкових басейнах і, особливо, суббасейнах, значно перевищивши природно відновлювані доіндустріальні межі. Тому значні регіональні та зональні зміни еколого - гідрогеологічних умов південно-східних районів України у зв'язку з тривалою збройною агресією російської федерації, підривом російськими окупантами греблі Каховського водосховища, інтенсивним бомбардуванням та щільними обстрілами бомбами, ракетами РСЗВ і снарядами зон живлення, розповсюдження, розвантаження та використання поверхневих і підземних вод, обумовили кризові проблеми у забезпеченні водогосподарських потреб територіальних громад не тільки південних і східних регіонів держави.

Діагностичний та операційний моніторинг і оцінку якості поверхневих вод проводить Держводагентство відповідно до Порядку здійснення державного моніторингу вод, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 № 758. Однак, моніторинг підземних вод в порушення даного Порядку не фінансується і не проводиться з 2022 року, попри їх суттєву ресурсну складову (61,7 млн м<sup>3</sup>/добу) та практичне значення в засушливих і техногенно-навантажених районах в умовах відсутності централізованого водопровідного постачання поверхневих вод і в зонах впливу російсько-української війни. При цьому, Держводагентство за підтримки Міндовкілля України, з метою залишення у своєму розпорядженні всіх бюджетних моніторингових коштів та з порушенням норм постанови Кабінетів Міністрів України від 19.09.2018 № 758 штучно вилучили підземні води із системи державного моніторингу вод і формально віднесли їх в систему державного моніторингу геологічного середовища Державної служби геології та надр України за не природоохоронним напрямом розвитку мінерально-сировинної бази, який завжди фінансувався за залишковим принципом, а з 2022 року не фінансується повністю. Одночасно Державне агентство водних ресурсів не забуло залишити у своєму розпорядженні державну функцію з видачі дозволів на спецводокористування підземних вод, що вказує на подвійні стандарти в забезпеченні державної водної політики та рентоорієнтовану поведінку чиновників Держводагентства і Міндовкілля України.

Посадові особи Держводагентства та Міндовкілля (Мінприроди) України, упереджено використовуючи при підготовці до Національного атласу України схеми «Гідрогеологічного районування», «Атлас природних умов и естественных ресурсов Украинской ССР» (Москва, 1978) та з трактуванням на свій розсуд вимоги Директиви 2000/60 Європейського Союзу, виділили га території України комплексно необґрунтований басейн річки Дон, який Законом України від 04.10.2016 № 1641-VIII закріплений у Водному кодексі. При цьому не була врахована і не показана вісь Середньоруської височини, яка є вододілом між мегабасейнами річок Волги і Дону та Дніпра, а в прилеглих до Сумської, Харківської та Луганської областей територіях росії служить контрастним вододілом між водозбірними площами річки Дон і річки Сіверський Донець. Крім того, за особливостями розповсюдження та простягання річкові притоки р. Сіверський Донець на території України характеризується спільними рисами та ознаками з мегабасейном річки Дніпро, а не Волги та

Дону. Все це обумовлено геологічною будовою та розвитком Дніпровсько-Донецького прогину, впливом альпійського тектогенезу і неотектонічних рухів на формування сучасного рельєфу східних регіонів України і прилеглих областей російської федерації. Тому головний вододіл Донбасу в межах Донецької та Луганської областей простягається по лінії *Розівка-Волноваха-Донецьк-Макіївка-Горлівка-Вугледар-Дебальцеве-Фащівка-Петровське-Кам'яне-Ровеньки* до меридіана м. *Довжанськ* (колишнє місто Свердловськ). Потім у південно-західному напрямку до державного кордону на межі Донецької та Луганської областей, а далі на території російської федерації у південно-східному напрямку в 12-15 км на північ від м. Ростов-на-Дону. Необхідно також зазначити, що на території міст *Донецьк-Макіївка-Ясинувата* сходяться усі три басейнові вододіли річок східних регіонів України: басейну р. Дніпро, басейну р. Сіверський Донець і басейну річок Приазов'я, що підтверджує самостійний басейновий статус річки Сіверський Донець.

Таким чином, упереджене твердження представника від України в Європейській басейновій групі Олексія Ярошевича, що річки Луганської області впадають у річку Дон, є необґрунтованим і не відповідає фізико-географічним картам як України, так і Європейської частини російської федерації. Більш того, не тільки річки Луганської області, а й річки прикордонних районів Ростовської області впадають у річку Сіверський Донець або Азовське море та Таганрозьку затоку. Недоречним є також посилення на управління річковими притоками басейнів річок Вісли та Дунаю, оскільки там відсутні геоморфологічні, гідрологічні та фізико-географічні особливості формування мережі річки Сіверський Донець. Безумовно, ефективне управління річковими екосистемами прикордонних з росією територій України неможливе без урахування стану екологічного стоку річок Прип'ять, Дніпро, Десна, Сейм, Ворскла, Сіверський Донець, Оскол і Айдар з території Білорусії та російської федерації. Однак, всього цього чомусь у розроблених планах управління річковими басейнами України немає, як немає спільних з Білорусією та РФ заходів.

За результатами багаторічних досліджень російських вчених встановлено утворення Палео-Доном і Пра-Доном єдиного з Пра-Маничем Донського річкового басейну та єдиної з Пра-Маничем Донської дельти), а Таганрозька затока тоді доходила до меридіану озера Манич. Самостійність русла та долини річки Сіверський Донець збереглася й донині майже до широти м. Ростов-на-Дону і простежується в руслових протоках під назвою Сухий Донець та Мертвий Донець аж до Таганрозької затоки з утворенням самостійної дельти, відділеної глибокою міждельтовою (руською) протокою від дельти річки Дон. Це підтверджується також розвитком у річковій долині нижче м. Ростов-на-Дону потужних більш древніх терасових відкладів річки Сіверський Донець, в той час, як річка Дон представлена тут більш тільки молодими заплавами алювіально-озерними відкладами.

**Пропозиції та рекомендації.** Усі гідродинамічні та техногенні зміни та накопичення забруднюючих і токсичних речовин відбуваються (приурочені) в масивах поверхневих і підземних вод основних суббасейнових річкових екосистем, а не в екологічних стоках річкових басейнів у цілому. Тому саме суббасейни басейну р. Сіверський Донець повинні стати основними об'єктами регіонального моніторингу поверхневих і підземних вод, а річковий басейн у цілому буде виступати об'єктом загальнодержавного діагностичного та операційного моніторингу вод.

Ефективним заходом для збалансованого використання як поверхневих, так і підземних вод, з урахуванням колообігу води в природі, стане Європейський методичний підхід - керівництво № 31 «Екологічний стік» - на підтримку впровадження Директиви № 2000/60/ЄС з метою удосконалення водної політики та досягнення наступних цілей:

- не погіршувати існуючий природний стан поверхневих водних об'єктів;
- досягнути доброго екологічного стану поверхневих вод;
- дотримання стандартів водозабезпечення для природоохоронних об'єктів;
- сприяння природному функціонуванню підземної гідросфери в зонах живлення та розвантаження підземних вод (доповнення автора).

Незважаючи на припинення згідно Постанови Кабінету Міністрів України від 30.12.2022 № 1488 «Про припинення дії Угоди між Україною та Російською Федерацією про спільне використання та охорону прикордонних водних об'єктів», яка була підписана 19.10.2022 року в м. Києві, Держводагентство не реформувало басейнову раду Сіверського Дінця та нижнього Дону і не ініціювало разом з Міндовкілля внесення відповідних змін у законодавчі та нормативно-правові акти щодо відновлення басейнового статусу річки Сіверський Донець. Більше того, в унісон з проривом російських загарбників на Покровському та Торецькому напрямках, Держводагентство розробило План управління регіону річкового басейну Дону та після проведення дистанційного його обговорення зацікавленими особами готує для затвердження Кабінетом МІНІСТРІВ в якості загальнодержавної програми.

Аналіз основних розділів проєкту Плану управління річковим басейном Дону на території Донецької, Луганської та Харківської областей дозволяє зробити висновок, що його затвердження Кабінетом Міністрів України як загальнодержавної цільової програми в умовах неконтрольованої більшої його частини з важкими боями ЗСУ щодо стримування російських загарбників на Покровському і Торецько-Костянтинівському напрямках створить непоправні загрози екологічній та національній безпеці держави стосовно наступних ризиків:

- визнання Східної України як річкового басейну Дону, а не як Сіверськодонецького річкового басейну Слобожанщини та українського Донбасу;
- відволікання чималих коштів державного бюджету від оборонних напрямів із значними ризиками їх корупційно-рентоорієнтованого використання;
- виникнення системних проблем щодо здійснення ефективного моніторингу поверхневих і підземних вод у межах всієї водозбірної площі Сіверського Дінця без урахування закономірностей їх розповсюдження в 12 основних притоках на лівобережжі та правобережжі – як фактичних суббасейнів;
- неможливість достовірної оцінки наслідків техногенного впливу на поверхневі й підземні води та водозабори некерованого і неконтрольованого затоплення вугільних шахт при суббасейновому статусі річки Сіверський Донець;
- зниження технологічно-збалансованого рівня водокористування з неможливістю впровадження маловодних технологій при будівництві; реконструкції або модернізації систем водопостачання та водовідведення;
- ускладнення поетапної імплементації європейської політики в Україні щодо гармонізації нормативно-правової бази до міжнародних вимог забезпечення належного екологічного стану водних об'єктів.

Допустити всього цього не можна в інтересах держави України та нинішніх і майбутніх поколінь українців, впровадження ефективного, обґрунтованого і збалансованого механізму управління, використання, охорони та відтворення водних ресурсів на сході України у відповідності до Водної рамкової директиви Європейського Союзу.

**Висновок.** Після початку російсько-українського конфлікту 2014 року та упередженого необґрунтованого виділення на сході України басейну річки Дон, екологічна безпека стала невід'ємною складовою національної безпеки держави. Тому застосування поняття *Екологічний стік* у процесі регіонального та загальнодержавного моніторингу вод, відновлення басейнового статусу річки Сіверський Донець, а також визначення в якості основного об'єкта регіонального моніторингу масиви поверхневих і підземних вод суббасейнових екосистем основних річкових притоків, сприятиме збалансованому розв'язанню екологічних проблем промислових регіонів на сході України. Крім того, забезпечить впровадження європейських підходів в управлінні водними ресурсами країни та обумовить перехід до інтегрованого екологічного контролю й управління у сфері охорони навколишнього природного середовища держави як чинника стійкості України.



УДК 622.834.1

## **АНАЛІЗ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В МЕЖАХ ПАВЛОГРАДСЬКО-ПЕТРОПАВЛІВСЬКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ**

*Гончаренко С.І., gonchareko.s@icloud.com;*

*Інститут геологічних наук Національної Академії Наук України, Київ, Україна*

Останнім часом розвиток небезпечних інженерно-геологічних процесів над шахтними полями є досить поширеною проблемою в багатьох країнах, де розроблюються вугільні родовища підземним способом. Території над шахтними полями знаходяться в зоні підвищеного ризику небезпеки для життєдіяльності та проживання людей. З розвитком гірничодобувної діяльності, зростає інтенсивність видобутку вугілля. Розробка вугільних родовищ сприяє активізації таких процесів як зсуви, осідання та підняття земної поверхні, підтоплення та зміна гідрогеологічного режиму, утворення провалів, розвиток сельових потоків та зміни в урбанізованих територіях. Для території Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району був проведений аналіз змін у геологічному середовищі, спричинених розробкою вугільних родовищ та ліквідацією шахт, що призводить до виникнення інженерно-геологічних процесів техногенного та природного характеру, які наносять збитки урбанізованим територіям, інфраструктурі та екологічному середовищу.

## **ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF HAZARDOUS ENGINEERING- GEOLOGICAL PROCESSES WITHIN THE PAVLOGRADS'KO- PETROPAVLIVS'KOHO GEOLOGICAL-INDUSTRIAL AREA**

*Honcharenko S., gonchareko.s@icloud.com;*

*Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

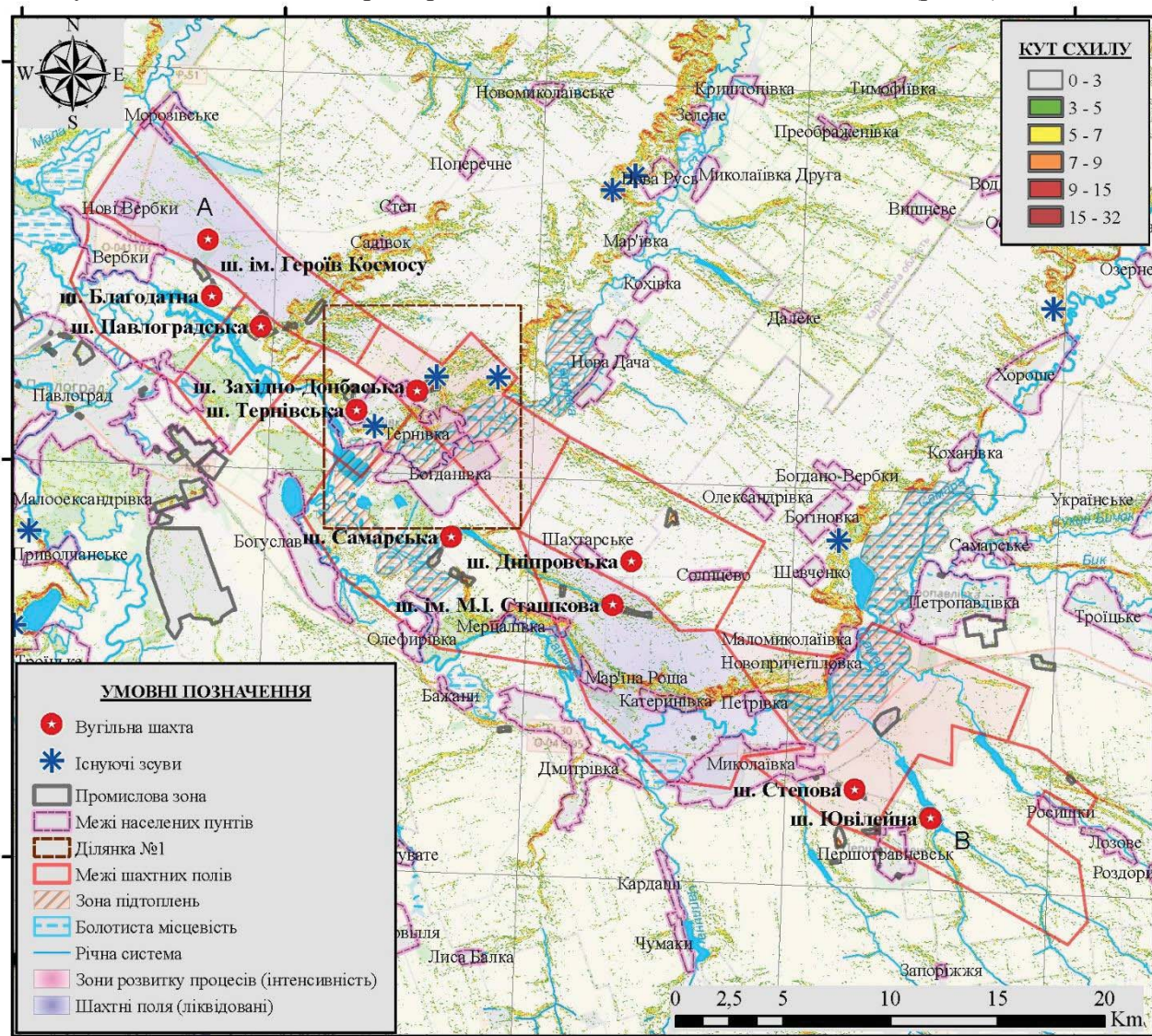
Recently, the development of dangerous engineering and geological processes over mine fields is a fairly common problem in many countries where coal deposits are developed underground. Territories above mine fields are in the zone of increased risk of danger to life and human habitation. With the development of mining activity, the intensity of coal mining is increasing. The development of coal deposits contributes to the activation of such processes as landslides, subsidence and uplift of the earth's surface, flooding and changes in the hydrogeological regime, the formation of depressions and the development of rural streams and changes in urban areas. For the territory of the Pavlograds'ko-Petropavlivs'koho geological-industrial area, an analysis of changes in the geological environment caused by the development of coal deposits and the liquidation of mines, which leads to the emergence of engineering and geological processes of man-made and natural nature, which cause damage to urbanized territories, infrastructure and the ecological environment, was carried out.

**Вступ.** Території над шахтними полями знаходяться в зоні підвищеного ризику небезпеки для життєдіяльності та проживання людей. Видобуток вугільних ресурсів викликає рух та деформацію поверхні, що збільшує ризик геологічних катастроф. Інженерно-геологічні процеси, викликані розробками вугільних родовищ є досить поширеною проблемою, що призводить до виникнення інженерно-геологічних процесів техногенного та природного характеру, які наносять збитки урбанізованим територіям, інфраструктурі та екологічному середовищу [1-4]. Враховуючі вищезазначене, метою даної роботи є аналіз розвитку інженерно-геологічних умов Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району в частині визначення змін у геологічному середовищі в межах шахтної розробки, що дозволить своєчасно відреагувати на потенційно небезпечні ситуації та зменшити негативний вплив, викликаний видобутком корисних копалин на навколишнє середовище і населення.

Під час дослідження був проведений аналіз інженерно-геологічних умов Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району, визначення змін у геологічному середовищі в межах шахтної розробки, на базі зібраних матеріалів по шахтах Західного Донбасу. Мета досягається виконанням статистичного аналізу отриманих даних, а саме: геологічних умов і розробки вугільних родовищ, динаміки розробки вугільних пластів, побудовою схеми досліджуваної території з додаванням всіх шарів даних в ГІС середовищі, для подальшого визначення небезпечних ділянок розвитку інженерно-геологічних процесів, які розвиваються в

результаті діяльності вугільнодобувних підприємств, таких як: осідання земної поверхні, зсуви, підтоплення в межах Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району.

**Основний матеріал.** ПрАТ «ДТЕК «Павлоградвугілля» є одним з найбільших вугледобувних підприємств України, яке займається розробкою на території Павлоградсько-Петропавлівського вугленосного району східної частини Західного Донбасу Донецького кам'яновугільного басейну (Дніпропетровської області). До складу об'єднання входять 10 шахт, які об'єднані в 5 шахтоуправлінь у вигляді наступних структурних підрозділів: «Тернівське» - ш. Західно-Донбаська та Самарська; «Дніпровське» - ш. Дніпровська та ш. імені М.І. Сташкова; «Павлоградське» - ш. Павлоградська і ш. Тернівська; «ім. Героїв космосу» - ш. імені Героїв космосу та ш. Благодатна; «Першотравенське» - ш. Ювілейна і ш. Степова (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема досліджуваної території Павлоградсько-Петропавлівського вугленосного району

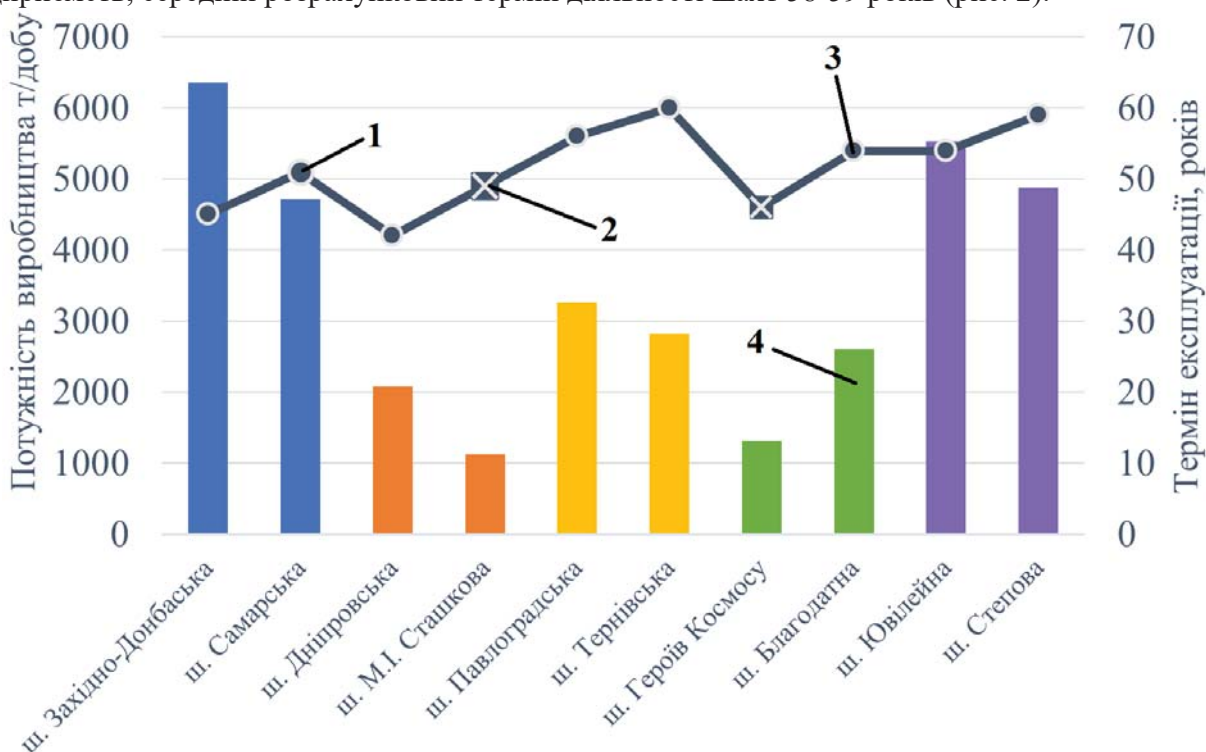
Територія досліджень становить 2604 км<sup>2</sup>, протяжність з півночі на південь – 42 км, з заходу на схід – 62 км, абсолютні відмітки поверхні вагаються від +56 в межах заплав річкової мережі, до +182 м. На відвалах пустої породи, які утворені внаслідок видобутку вугілля, ухил коливається в межах 20-49°.



Площа урбанізованих територій складає 264,65 км<sup>2</sup> (76 населених пунктів), найбільшим місто в межах ділянки м. Павлоград, що є досить техногенно навантаженим, через наявність промислових зон, таких як хімічний завод, аеропорту та залізничні розв'язки.

В геоструктурному відношенні родовище належить до східної частини Новомосковсько-Петропавлівської монокліналі, що розташована на північно-східному схилі Українського кристалічного масиву і простягається вздовж південно-західного борта Дніпровсько-Донецької западини. По всій ділянці Західно-Донбаської шахти потужність четвертинних відкладів (Q) досягає 30 м, де переважають солово-делювіальні відклади у вигляді плато лесових суглинків, які чергуються з викопними ґрунтами та відносяться до II-го типу за просідаючими властивостями [5-6].

Промислові запаси ПрАТ ДТЕК «Павлоградвугілля» складають 699,2 млн тон з площею шахтних полів 495,4 км<sup>2</sup>, враховуючи середню добову потужність вуглевидобувних підприємств, середній розрахунковий термін діяльності шахт 58-59 років (рис. 2).



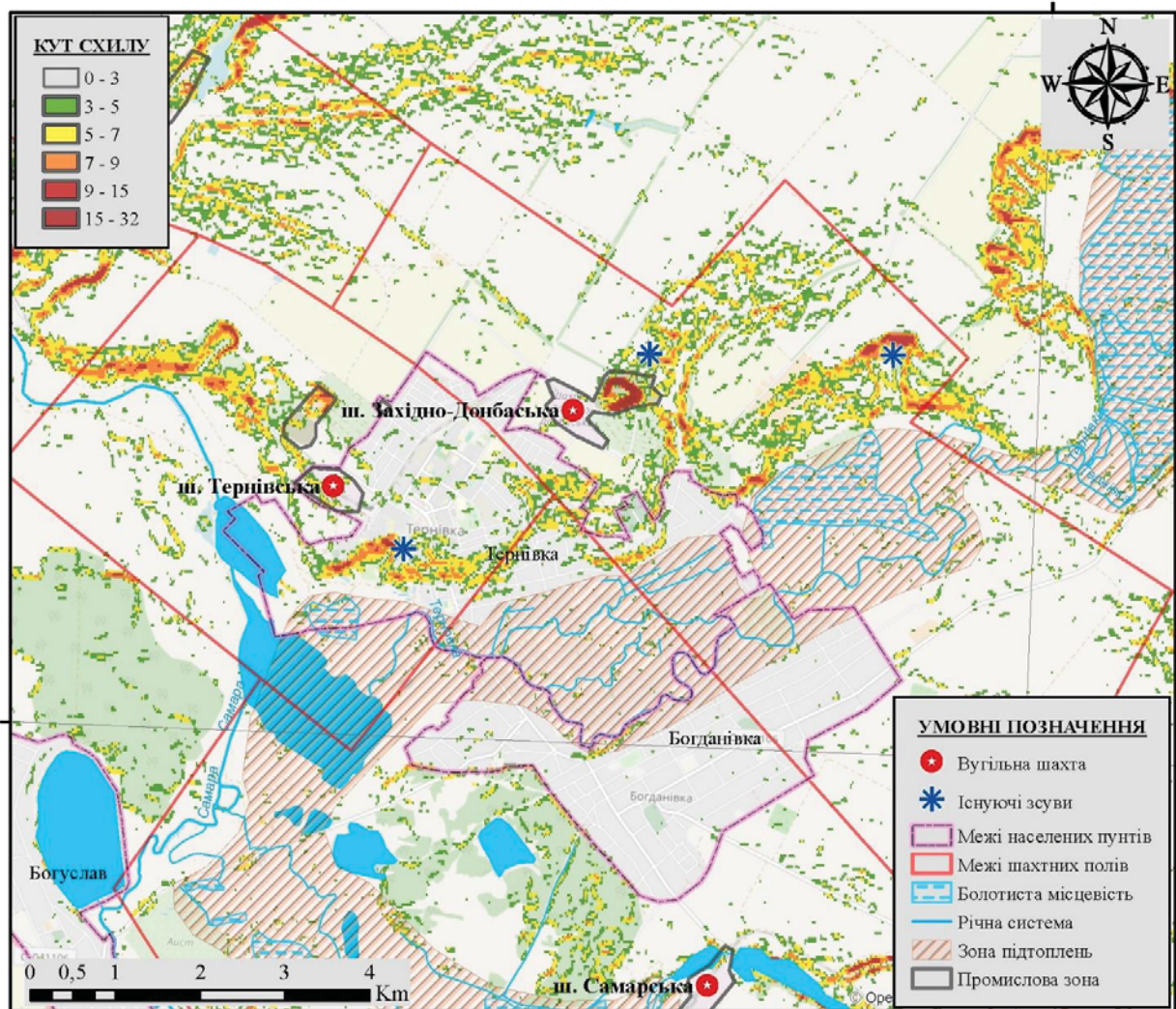
**Рис. 2. Аналіз динаміки розробки шахт на території досліджень:**

- 1 – діючі шахти; 2 – ліквідовані шахти; 3 – графік тривалості експлуатації (роки); 4 – середня добова потужність, шахти одного структурного підрозділу показані однаковим кольором (синім – Тернівське, помаранчевим – Дніпровське, жовтим – Павлоградське, зеленим – ім. Героїв Космосу, фіолетовим – Першотравневське)

Виймання вугілля супроводжується порушенням стійкості масиву, утворенням додаткових порожнин (відробленого простору) в об'ємі 1,4–1,8 млн м<sup>3</sup> щорічно, заповнення яких відбувається природним чином, за рахунок осідання і ущільнення вище розташованої товщі [7].

За даними інформаційного щорічника щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів за 2020 рік, площа ділянки, яка піддається осіданням через динамічний видобуток вугільних родовищ становить 109 м<sup>2</sup>, а саме неподалік від шахтного поля ш. Західно-Донбаська активізувались зсуви [8]. Для більш детального огляду побудовано ділянку розвитку інженерно-геологічних процесів в межах діяльності вуглевидобувних підприємств (рис. 3).

Виробнича потужність ш. Західно-Донбаська складає 6356 т/добу з площею шахтного поля 39 км<sup>2</sup>, що робить її продуктивнішою серед інших. Станом на 2022 рік, загальна площа підроблювальних територій шахти складає 22 млн м<sup>2</sup>, ширина зони відроблення перевищує 11 км по простяганню порід і 3 км – по падінню, загальна протяжність діючих підземних гірничих виробок складає 94,8 км.



**Рис. 3. Ділянка № 1. Схема розвиток інженерно-геологічних процесів в межах діяльності вуглевидобувних підприємств**

Під час проведення аналізу інженерно-геологічних умов Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району, які розвиваються внаслідок розробки вугільних родовищ на основі зібраних даних, було визнано найбільш вразливою територією підприємства ПрАТ ДТЕК «Павлоградвугілля» до розвитку інженерно-геологічних процесів – шахтне поле ш. Західно-Донбаська.

У Павлоградському районі на ділянці м. Тернівка - с. Богданівка підтоплення обумовлено підробкою в гірничих виробках та скидом вод шахт Тернівська та Західно-Донбаська, забудовою заплави річки Тернівка і замуленням її русла. Через просадки підроблених територій спричинився підйом рівня ґрунтових вод, а в окремих місцях утворились заболочені ділянки [9, 10].

Схильними до розвитку інженерно-геологічних процесів відноситься ділянка в межах с. Тернівка та с. Богданівка, в яких розташовані ш. Тернівська та ш. Західно-Донбаська, поблизу



яких створюються відвали пустої породи через активну діяльність підприємств. В населених пунктах протікає р. Тернівська, яка впадає в р. Самара, утворюючи болотисту місцевість. Ухил в річкових долинах досягає 12°, відвалу –32°.

Отже, для зменшення негативного впливу вугільновидобувних робіт на поверхню, який може призвести до екологічної та економічної катастрофи та загрози здоров'ю населення, важливо враховувати всі перелічені фактори при плануванні гірничих робіт, особливо в контексті безпеки населення і захисту навколишнього середовища.

#### **Список використаних джерел:**

1. Bateson, L.; Cigna, F.; Boon, D.; Sowter, A. The Application of the Intermittent SBAS (ISBAS) InSAR Method to the South Wales Coalfield, UK. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2015, 34, 249–257.

2. Blachowski, J.; Kopeć, A.; Milczarek, W.; Owczarz, K. Evolution of Secondary Deformations Captured by Satellite Radar Interferometry: Case Study of an Abandoned Coal Basin in SW Poland. *Sustainability* 2019,11, 884.

3. Gee, D.; Bateson, L.; Sowter, A.; Grebby, S.; Novellino, A.; Cigna, F.; Marsh, S.; Banton, C.; Wyatt, L. Ground Motion in Areas of Abandoned Mining: Application of the Intermittent SBAS (ISBAS) to the Northumberland and Durham Coalfield, UK. *Geosciences* 2017, 7, 85.

4. Harnischmacher, S.; Zepp, H. Mining and Its Impact on the Earth Surface in the Ruhr District (Germany). *Z. Geomorphol.* 2014, 58, 3–22.

5. Геологічна карта СРСР масштабу 1:200 000, аркуш М-37-XXXI (Петропавлівська). Центральноукраїнська серія. Пояснювальна записка. К. Міністерство геології та охорони надр СРСР, Українське геологічне управління, 1958.

6. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000, аркуш М-36-XXXVI (Дніпропетровськ). Центральноукраїнська серія. Пояснювальна записка. К. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, Державна геологічна служба. Казенне підприємство "Південукргеологія", К.: УкрДГРІ, 2007. - 16 с. Рис. 1, бібліогр. 125, дод. 4.

7. Звіт з оцінки впливу на довкілля планової діяльності "Доробка запасів вугілля пластів с10В і с8Н шахти "Західно-Донбаська" в блоці № 2, розташованої в Павлоградському районі Дніпропетровської області. Реконструкція" (реєстраційний номер справи про оцінку впливу на довкілля планової діяльності № 202311811286).

8. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів за даними моніторингу ЕГП – Київ, Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2020. – 104 с.

9. Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2022 рік. Затв. головою облдержадміністрації – начальником обласної військової адміністрації. – 2023 р. – 299 с.

10. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2022 рік. – Дніпро, 2023. – 309 с.

## ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У ЗВ'ЯЗКУ З ОРГАНІЗАЦІЄЮ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Уграк Т.А., taras.uhrak@gmail.com;*

*Гоптарьова Н.В., nataliia.hoptareva@nung.edu.ua;*

*Уграк Л.В., lina.uhrak@nung.edu.ua;*

*Палійчук О.В., lesia.paliichuk@nung.edu.ua;*

*Медвідь М.І., mariana.medvid@nung.edu.ua,*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

У даній роботі обґрунтовано буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини для організації господарсько-питного водопостачання в с. Мавковичі Львівської області. У результаті проведених досліджень встановлено геологічну будову родовища та гідрогеологічні умови району.

Враховуючи екологічну чутливість району, можливі природні і техногенні ускладнення, надзвичайні ситуації і катаклізми - найбільш вразливими компонентами навколишнього середовища можна вважати наступні: геологічне середовище, ґрунти та ґрунтовий покрив, рослинний і тваринний світ, заповідні об'єкти, атмосферне повітря, соціальне середовище. На інші складові навколишнього середовища передбачається негативний вплив, пов'язаний з функціонуванням житлової зони і обслуговуючих об'єктів. Він проявиться через додатковий водозабір та скидання використаних вод у річкову систему, додатковий електромагнітний вплив ліній електропостачання. У зв'язку з тим, що об'єктом водопостачання буде агропідприємство - забезпечення його водою є необхідним завданням, вирішення якого значно покращить стан соціальних умов у селищі.

Забезпечення водою підприємства-водокористувача, шляхом буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини сприятиме формуванню позитивної громадської думки щодо геологорозвідувальних робіт. Тим більше, що діяльність не спричинить будь-якого небажаного забруднення довкілля; не викличе професійних захворювань і погіршення генотипу; не принесе значних збитків довкіллю чи інтересам місцевого населення. Навпаки, вона буде сприяти розвитку економічних і господарських зв'язків, що в подальшому в певній мірі, вплине на покращення матеріального благополуччя і рівня життя населення.

**Ключові слова:** екологічна чутливість, техногенні ускладнення, навколишнє середовище, ґрунти, соціальне середовище.

## ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN CONNECTION WITH THE ORGANIZATION OF DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN Lviv REGION

*Uhrak T., taras.uhrak@gmail.com;*

*Goptarova N., nataliia.hoptareva@nung.edu.ua;*

*Uhrak L., lina.uhrak@nung.edu.ua;*

*Paliychuk O., lesia.paliichuk@nung.edu.ua;*

*Medvid M., mariana.medvid@nung.edu.ua,*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

In this work, the drilling of an exploratory and operational well for the organization of economic and drinking water supply in the village is substantiated. Mavkovychy of Lviv region. As a result of the conducted research, the geological structure of the deposit and the hydrogeological conditions of the area were determined.

Taking into account the ecological sensitivity of the area, possible natural and man-made complications, emergency situations and cataclysms - the most vulnerable components of the environment can be considered the following: geological environment, soils and soil cover, flora and fauna, protected objects, atmospheric air, social environment. Other components of the environment are expected to have a negative impact associated with the functioning of the residential area and service facilities. It will manifest due to additional water intake and discharge of used water into the river system, additional electromagnetic influence of power supply lines. In connection with the fact that the object of water supply will be an agricultural enterprise - providing it with water is a necessary task, the solution of which will significantly improve the state of social conditions in the village.

Providing water to a water user enterprise by drilling an exploration well will contribute to the formation of a positive public opinion regarding geological exploration works. Moreover, the activity will not cause any unwanted pollution of the environment; will not cause occupational diseases and genotype deterioration; will not cause significant damage to the environment or the interests of the local population. On the contrary, it will contribute to the development of economic and business relations, which will in the future to a certain extent affect the improvement of the material well-being and standard of living of the population.

**Key words:** ecological sensitivity, man-made complications, environment, soils, social environment.

**Вступ.** У Львівській області постає гостра проблема водопостачання підприємств. Ділянка робіт підприємства ТЗОВ «АГРАФ» знаходиться на землях Городоцької територіальної громади, в південно-східній околиці с. Мавковичі Львівського району Львівської області [1]. Проблему необхідно вирішувати шляхом проектування буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини для організації господарсько-питного водопостачання. Потреба підприємства у воді – 3,0 м<sup>3</sup>/год (72,0 м<sup>3</sup>/добу).

В результаті проведення відповідних робіт підприємство в с. Мавковичі Львівської області буде забезпечене водопостачанням.

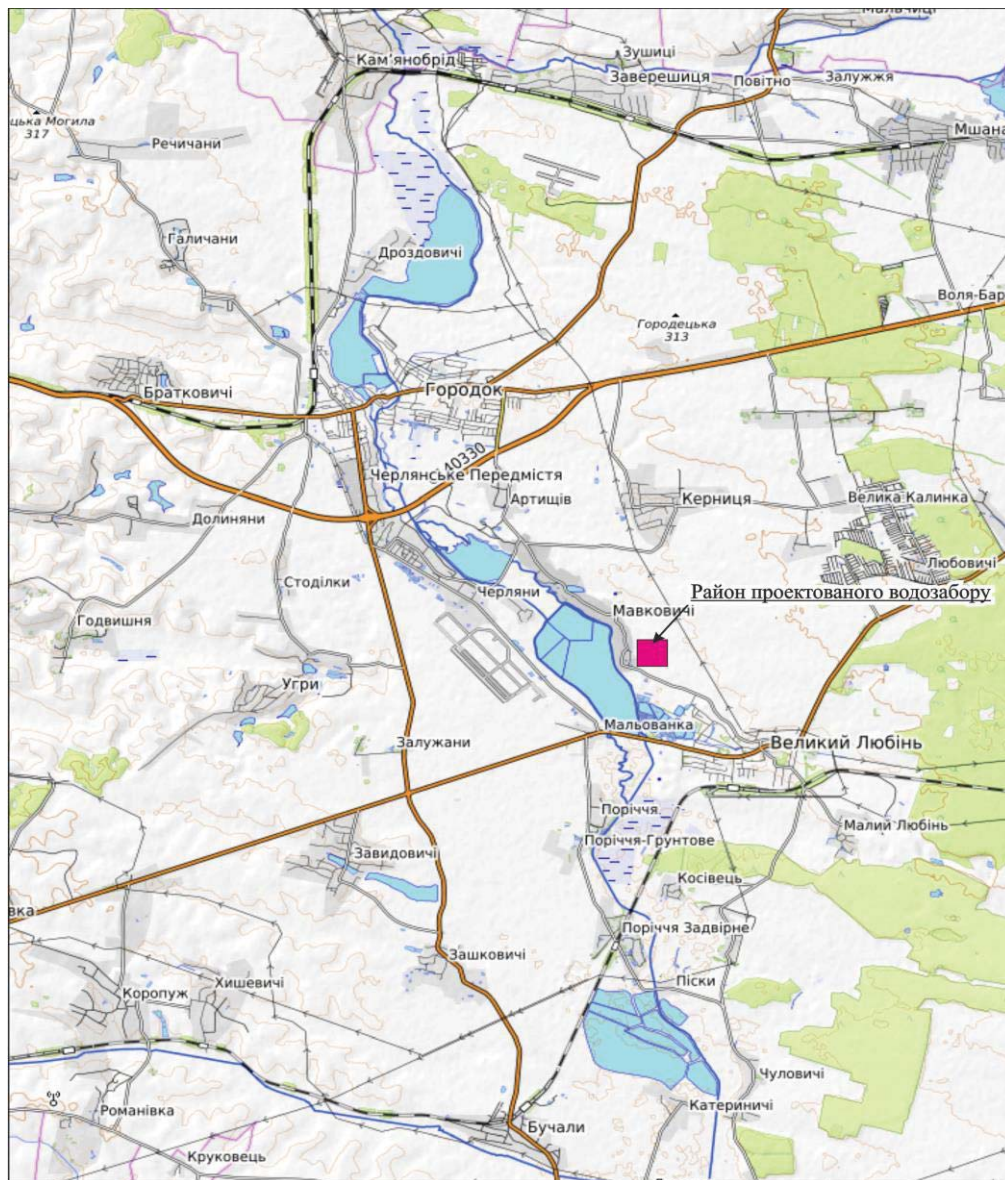
**Мета роботи** полягає в обґрунтуванні організації господарсько-питного водопостачання промислового підприємства за рахунок буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини.

Основними задачами, що вирішують дану проблему є:

- обґрунтування бурових, геофізичних, дослідно-фільтраційних та лабораторних робіт;
- обґрунтування камеральної обробки результатів польових і лабораторних робіт;
- обґрунтування природоохоронних заходів при бурінні свердловини та зон санітарної охорони.

В роботі використані аналітичні (аналіз літературних джерел та фондових матеріалів) та експериментальні (польові роботи та природоохоронні заходи).

Територія проектного водозабору знаходиться в південно-східній частині с. Мавковичі, на віддалі 600 м східніше Любінського ставу (рис. 1).



**Рис. 1. Оглядова карта. Масштаб 1:100 000**

В геоморфологічному відношенні район робіт належить до Городоцько-Комарнівської горбистої рівнини. Гідрографічна мережа представлена річкою Верещицею та її притоками. Зважаючи на значну кількість опадів, умови поповнення запасів підземних вод сприятливі.

В орографічному плані характеризується поєднанням передгірних похилих височин, плоских рівнин, улоговин та розчленованих вододільних межиріччів. В даному районі розповсюдженні флювіальні форми рельєфу, утворені діяльністю текучих вод: заплави, русла та тераси рік.

В геологічній будові беруть участь породи палеозою, мезозою та кайнозою. Відносно невеликий за площею район розташування даної ділянки має досить складну тектонічну будову. Це зумовлено специфічним положенням території - стик двох значних тектонічних структур – Західноєвропейської молодшої платформи і Карпатської складчастої системи.

Згідно зі схемою гідрогеологічного районування ділянка робіт розташована в межах Волино-Подільського артезіанського басейну. У відповідності до геологічної будови і літологічного складу порід в межах ділянки водозабору, в зоні активного водообміну виділяються водоносні горизонти, в четвертинних та нижньонеогенових відкладах.

Буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини передбачає проведення робіт в два етапи. На першому етапі буде пробурено розвідувальну свердловину, що дасть можливість уточнити розріз та виявити основні зони водопитоку (рис. 2). Після опробування свердловини буде прийнято рішення про доцільність переведення розвідувальної свердловини в



експлуатаційну. Відповідно до результатів буріння можуть бути внесені зміни в конструкцію свердловини.

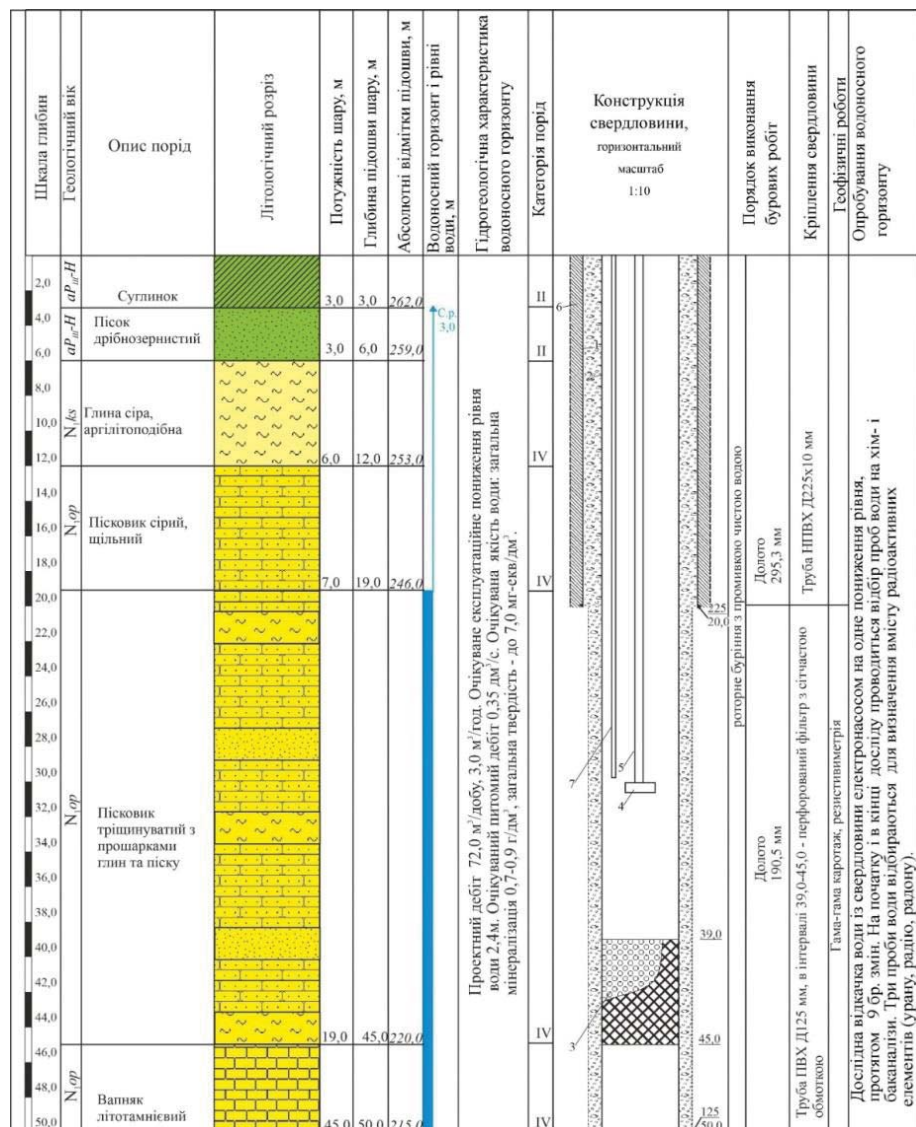


Рис. 2. Геолого-технічний розріз проектованої свердловини

Очікується, що при бурінні розвідувально-експлуатаційної свердловини підземні води будуть зустрінуті на глибині 19,0 м, сталий рівень буде на рівні 3,0 м нижче поверхні землі.

Інтервал залягання водоносного горизонту – 19,0-50,0 м, потужність водовмісних порід – 31,0 м. Горизонт напірний.

При потужності водоносного горизонту 31,0 м та напорі 16,0 м допустиме зниження рівня води у свердловині складе:

$$S_{дон} = 0,5 \times m + H = 31,5 \text{ м,}$$

де  $m$  – потужність водоносного горизонту;

$H$  – п'єзометричний напір.

Зниження рівня підземних вод у проектованій свердловині (табл. 1) визначається за формулою:

$$S_{розр} = \frac{Q}{4 \times \pi \times K_m} \times \ln \frac{2,25 \times a \times t}{r_0^2},$$

де  $Q$  – дебіт проектованої свердловини, 72,0 м³/добу;

$K_m$  – коефіцієнт водопровідності горизонту, 65,0 м²/добу;

$a$  – коефіцієнт п'єзопровідності, 100 000 м²/добу;

$t$  – термін експлуатації свердловини, 10⁴ діб;

$r_0$  – радіус проектованої свердловини, 0,06 м.

Таблиця 1

**Визначення допустимого та розрахункового зниження рівня води у свердловині на період прогнозованої експлуатації водозабору (25 років)**

№ св.	$Km$	$Q$	$r_0$	$a$	$t$	$S_{дон}$	$S_{прозр}$
1	65,0	72,0	0,06	100000	10000	31,5	2,4

Таким чином розрахункове пониження рівня підземних вод в свердловині на термін її експлуатації не перевищуватиме допустимого. Експлуатаційні запаси забезпечуватимуться природними ресурсами підземних вод, виснаження запасів не очікується.

При бурінні розвідувально-експлуатаційної свердловини певний негативний вплив на довкілля буде здійснений влаштуванням системи відстійників для промивки та скидом очищеної від шламу промивальної рідини в каналу, а також викидом в повітря відпрацьованих газів, які утворюються при роботі двигунів бурової та допоміжної техніки.

Забруднення атмосферного повітря відбуватиметься внаслідок роботи бурового верстата, водовозки та компресора при бурінні свердловини та відкачуванні води із неї. Вся техніка пройшла необхідний технічний огляд, має допуск до роботи і викиди відпрацьованих газів перебувають в межах допустимих норм. Враховуючи невелику проектну глибину свердловини (50,0 м) і невелику тривалість відкачування із неї (3 бр/зм), вплив на атмосферу буде незначним і змін атмосферного повітря не очікується.

В процесі буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини, а також експлуатації та технічного обслуговування водозабору, можливе забруднення родючого шару землі ПММ, відпрацьованими маслами, тощо.

Ділянка під буріння проекрованої розвідувально-експлуатаційної свердловини в даний час зайнята трав'яною рослинністю, не заліснена. Відповідно природна рослинність як і тваринний світ, існуючий в межах ділянки, майже не зазнає змін внаслідок господарської діяльності. Вилучення цієї території під зону суворого режиму дещо збільшить техногенне навантаження на рослинний і тваринний світ, як і на ряд інших компонентів довкілля, але воно не буде великим. Територія буде спланована, очищена від чагарників, засіяна травою, по периметру будуть насаджені дерева, зрізання існуючих не передбачається. Фактично відбудеться окультурення ділянки, яке зробить її більш естетично привабливою. Враховуючи невеликий термін буріння та випробування свердловини, та попередній досвід таких робіт в даному районі, впливу на рослинний та тваринний світ на суміжних територіях теж не очікується.

Води, відкачувані з свердловин, за своїм хімічним складом наближені до поверхневих, мінералізація їх не перевищує 1,0 г/л, такого ж складу очікується вода в проектованій розвідувально-експлуатаційній свердловині [2]. Через низьку мінералізацію та малі об'єми відкачуваних та промивальних вод вони не вплинуть на якість води поверхневих водойм, а скид їх в каналу запобігатиме заболочуванню.

Але враховуючи невелику глибину свердловини і відповідно невелику (до одного тижня) тривалість робіт, можна сказати, що заподіяний вплив не призведе до незворотних шкідливих змін компонентів довкілля. Крім того, для зменшення впливу на навколишнє середовище передбачаються наступні природоохоронні заходи при бурінні розвідувально-експлуатаційної свердловини [3]:

- забороняється використання хімічних реагентів в промивній рідині;
- для промивки свердловин та приготування цементного розчину використовуватиметься вода із річки;
- дезінфекція 10 % розчином хлорного вапна всіх труб перед спуском їх у свердловину;
- для захисту продуктивного горизонту від поверхневого забруднення передбачено кондуктор в інтервалі 0,0-20,0 м, з цементациєю затрубного простору;
- паливно-мастильні матеріали знаходяться на причепі. Автоматичний причеп з ПММ обкопуватиметься каналом;

- під моторами агрегату встановлюватимуться металеві піддони, які запобігатимуть попаданню ПММ на ґрунт;
- відкачувані води, очищені від бурового шламу скидатимуться по тимчасовому водогону в каналу;
- по закінченні робіт відстійники біля бурової ліквідуються, площадка вирівнюється, ґрунтово-рослинний шар рекультивується, шляхом зворотної відсипки вилученого при спорудженні відстійників ґрунту.

**Висновки.** В роботі вперше обґрунтовано бурові, геофізичні, дослідно-фільтраційні та лабораторні роботи на даній ділянці. При бурінні забороняється використання будь-яких хімічних реагентів у промивній рідині. В процесі буріння свердловини застосовується природна вода, яка транспортуватиметься з річки.

Для визначення наявності геофізичних аномалій, глибини залягання кривлі водоносного горизонту і його ефективної потужності, розчленування розрізу, проектом передбачається проведення радіоактивного каротажу (ГК), витратометрії, кавернометрії. Одним з основних видів робіт при проведенні гідрогеологічних досліджень є польові дослідно-фільтраційні роботи.

На основі польових і лабораторних досліджень із врахуванням віку, генезису, фізико-механічних характеристик ґрунтів обґрунтована інженерно-екологічна характеристика ділянки насосної станції. Враховано вимоги, щодо охорони праці та техніки безпеки. Встановлено та обґрунтовано потребу господарсько-питного водопостачання для підприємства шляхом буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини з подальшими запобіжними заходами для збереження довкілля від забруднень та для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

#### **Список використаних джерел:**

1. Державна геологічна карта України. Лист М-34-XXIII-XXIV. Масштаб 1:200 000. Київ. 2009.
2. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання.
3. ДБН А 2.2 – 1 – 2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування. Вид-во “Укрархбудінформ”, К., 1996.

## WATER QUALITY PARAMETERS CHANGES IN BORDER AREAS OF VOLYN, LVIV, AND ZAKARPATTIA

*Dzhumelia E.A., PhD, elviradzhumelia@gmail.com,*

*Dzhumelia V.A., vdzhumelia@gmail.com,*

*Kochan O.V., Dr.Sc., Prof., orest.v.kochan@lpnu.ua,*

*Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

This study examines the water quality challenges in the border areas of Volyn, Lviv, and Zakarpattia in Ukraine, focusing on the impacts of various anthropogenic influences. The primary sources of water pollution include agricultural practices, industrial discharges, and untreated domestic wastewater, which contribute to elevated levels of nitrates and phosphates in local water bodies. Hydrochemical analyses reveal significant indicators such as increased Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>) and decreased Dissolved Oxygen (DO), both of which threaten aquatic life. Additionally, high levels of Total Suspended Solids (TSS) adversely affect water clarity and ecological balance. The findings highlight serious ecological and health risks for local communities reliant on these water resources. Effective management strategies are essential to address these challenges, including regular monitoring of water quality, the adoption of best management practices in agriculture and industry, and active community engagement in environmental protection efforts. This research underscores the urgent need for collaborative efforts to mitigate the negative impacts of anthropogenic activities and ensure sustainable water resource management in these critical regions.

### Introduction

Water quality is a critical environmental indicator that directly influences the health of ecosystems, human populations, and the economic development of regions. In transboundary regions, such as Ukraine's border areas with Poland and Slovakia, effective water management becomes even more essential due to shared responsibilities and the potential for cross-border pollution. These areas, which encompass key river basins such as the Dniester, Danube, and Western Bug, are subject to both natural processes and anthropogenic pressures that can significantly affect water quality.

The quality of surface water also is a crucial environmental indicator, particularly in regions with intensive industrial activities such as mining. The mining industry, while essential for economic development, poses significant challenges to environmental safety, especially in areas where mining operations are near water bodies. Waste discharges from mining activities, including heavy metals, sulphates, and suspended solids, can severely degrade water quality, affecting ecosystems, human health, and the availability of water resources. This is particularly true for transboundary regions, where water management becomes a shared responsibility between neighbouring countries.

In Ukraine's border regions with Poland and Slovakia, mining activities – particularly in the Volyn, Lviv, and Zakarpattia regions – contribute to the pollution of rivers flowing into both Ukraine and its neighbouring countries. Mining operations in these areas can lead to elevated levels of sulphates, heavy metals, and other pollutants in surface waters [1-4]. Additionally, natural factors such as erosion and the leaching of minerals from mining waste piles further exacerbate water quality deterioration [5-7].

This study aims to assess the hydrochemical parameters of surface waters in border areas of Volyn, Lviv, Zakarpattia regions, over a 15-year period, man-made- and mining-influenced regions, focusing on water parameters commonly associated with man-made activities, including sulphates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), dissolved oxygen (DO), and total suspended solids (TSS). By analysing these key indicators, the study seeks to understand the extent of the mining industry's impact on water quality and identify correlations between different pollutants, providing insights into both natural and anthropogenic influences.

### Research Methods

The research was conducted over a 15-year period (2009–2023) to assess the water quality in surface waters of Ukraine's border regions with Poland and Slovakia. The hydrochemical parameters analysed included sulphates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), dissolved oxygen (DO), and total suspended solids (TSS). Data were collected from monitoring stations



situated along key rivers in the Volyn, Lviv, and Zakarpattia regions, with sampling occurring 3 to 12 times annually.

The water samples were analysed in accordance with the state water quality monitoring program, using standardized methods outlined by the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. The concentrations of pollutants were measured based on national regulatory guidelines, such as the State Sanitary Rules and Regulations (DSanPiN), to determine compliance with environmental standards for fishery, household, and recreational waters.

To analyse the data, statistical methods were applied, including the calculation of descriptive statistics (mean, range, standard deviation) and the generation of box plots to visualize the distribution of each parameter. The Pearson correlation coefficient was used to determine relationships between water quality indicators, utilizing the Pandas library in Python for the computation. This allowed for the identification of significant correlations between pollutants, such as nitrogen and nitrates, which are critical for understanding the sources and dynamics of water quality in the study area.

Additionally, the study employed trend analysis to observe long-term changes in water quality and detect any significant shifts due to natural processes or anthropogenic influences. The results of these analyses were used to assess the current ecological state of the water bodies and provide recommendations for future water management strategies in the cross-border region.

### **Results and Discussion**

The border areas of Volyn, Lviv, and Zakarpattia in Ukraine are of strategic importance for economic development; however, they also face significant challenges related to water quality. Various anthropogenic influences, including agricultural practices, industrial discharges, and pollution from domestic wastewater, can have a considerable impact on the ecological state of water resources.

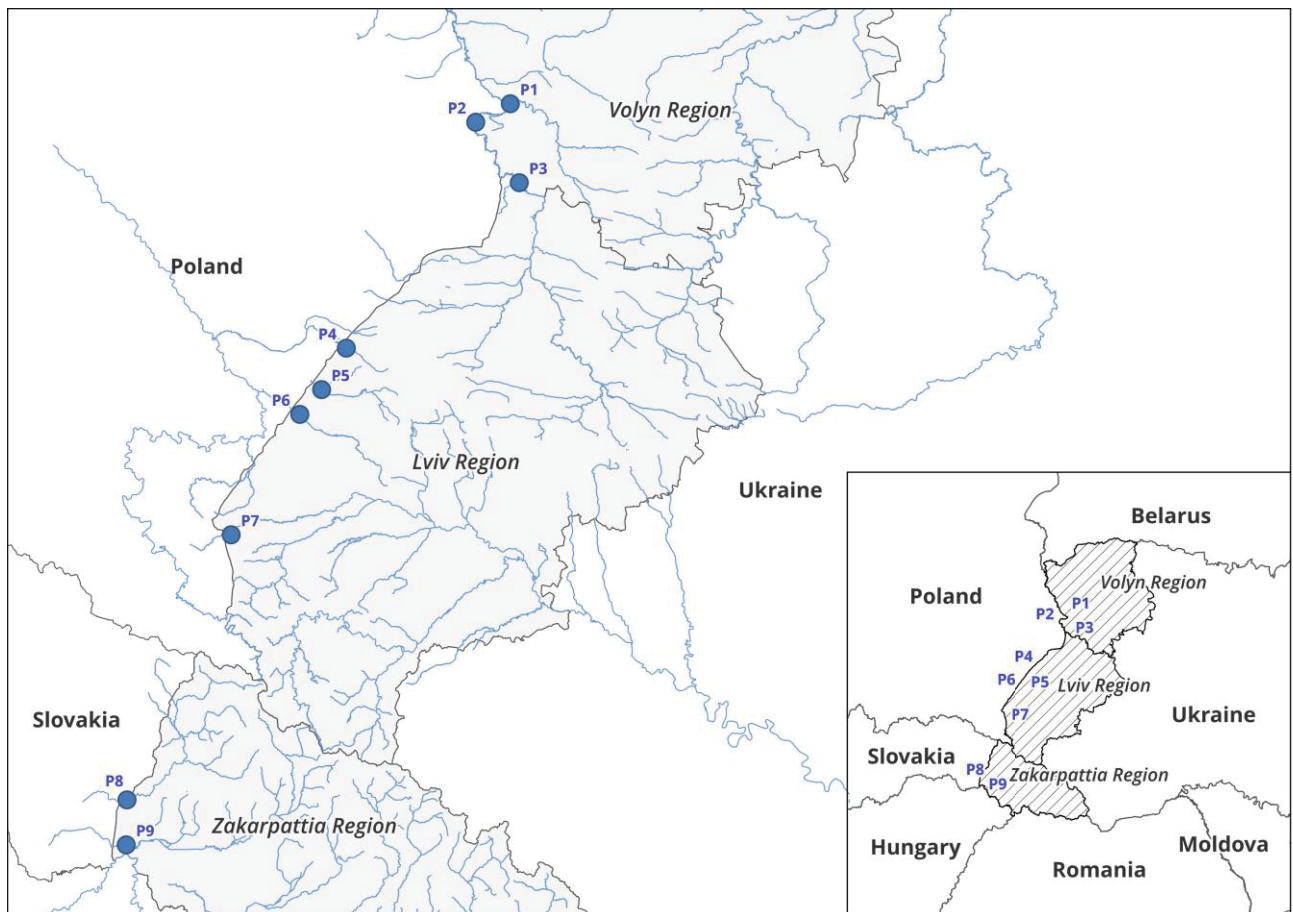
The main sources of water pollution in these regions include:

- Agricultural Activities. The use of fertilizers and pesticides in agriculture can lead to the influx of nitrates and phosphates into water systems, resulting in eutrophication.
- Domestic Wastewater. Improper disposal and discharge of untreated wastewater can contaminate local water bodies with heavy metals, organic compounds, and other pollutants.
- Industrial Discharges. Nearby industries may release pollutants into rivers, negatively affecting water quality.

The assessment of hydrochemical parameters in the surface waters of Ukraine's Volyn, Lviv, and Zakarpattia regions over the 15-year period (2009–2023) revealed significant trends influenced by both natural conditions and anthropogenic activities, particularly from the mining industry (figure).

The analysis of sulphates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) indicated a concentration range of 0 to 58 mg/dm<sup>3</sup>, with elevated levels observed near mining sites. These results are consistent with known effects of mining operations that can lead to the release of sulphate-rich effluents due to the dissolution of minerals. Although the values remained below the maximum permissible concentration (MPC) of 100 mg/dm<sup>3</sup> for aquatic life, the rising trend in specific areas calls for attention.

Biochemical Oxygen Demand ( $\text{BOD}_5$ ) levels varied widely, with heightened concentrations detected at sites adjacent to mining activities. Increased  $\text{BOD}_5$ , especially during periods of rainfall, points to the contribution of organic matter and pollutants mobilized by surface runoff. Several instances showed  $\text{BOD}_5$  levels exceeding the MPC of 3 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, indicating potential ecological risks.



**Figure. The map of water sampling sites**

While the majority of sampled sites exhibited Dissolved Oxygen (DO) levels within acceptable thresholds, significant reductions were noted downstream from mining operations. Low levels of DO are concerning as they can compromise aquatic life, highlighting the need for immediate intervention in these areas.

The data reflected a considerable fluctuation in Total Suspended Solids (TSS), with peaks correlated to mining regions. High TSS not only diminishes water clarity but can also affect aquatic photosynthesis and overall ecosystem health.

To address water quality challenges, it is essential to implement effective management practices:

- Water Quality Monitoring. Regular monitoring of water quality parameters is crucial to identify pollution sources and assess their impact on water resources.
- Adoption of Best Management Practices (BMPs). Implementing eco-friendly practices in agriculture and industry can reduce pollution.
- Community Engagement. Involving local communities in the water resource management process will enhance awareness and activism regarding environmental protection.

### **Conclusions**

The border areas of Volyn, Lviv, and Zakarpattia face significant water quality challenges due to various anthropogenic influences. It is crucial to take measures to improve water quality and protect the ecosystems that depend on these water resources. Effective water resource management strategies can significantly mitigate the negative impacts of human activities.

### **Acknowledgements**

This paper is supported by the National Research Foundation of Ukraine, project number 0123U103529 (2022.01/0009) “Assessing and forecasting threats to the reconstruction and sustainable operation of objects of critical infrastructure” from the contest “Science for reconstruction of Ukraine in the war and post war periods”.

## References:

1. Bernatska, N., Dzhumelia, E., Dyakiv, V., Mitryasova, O., Salamon, I. Web-Based Information and Analytical Monitoring System Tools – Online Visualization and Analysis of Surface Water Quality of Mining and Chemical Enterprises. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2023, 24(3), pp. 99–108.
2. Pohrebennyk V., Dzhumelia E. Evaluation of Impact of Mining and Chemical Enterprise on Ecological State of the Water Environment. *Water Security*. 2016. P. 155-169.
3. Погребенник В.Д., Джумеля Е.А. Екологічний аспект створення стабільної території Роздільського державного гірничо-хімічного підприємства "Сірка". *Агроекологічні, соціальні та економічні аспекти створення й ефективного функціонування екологічно стабільних територій: колективна монографія*. 2016. С. 56-66.
4. Pohrebennyk V., Koszelnik P., Mitryasova O., Dzhumelia E. Zdeb M. Environmental monitoring of soils of post-industrial mining areas. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. vol. 20. P. 53-61.
5. Durkowski T., Jarnuszewski G. Changes in Quality of Surface and Ground Waters during Implementation of Nitrates Directive in Selected Agricultural River Basin of Western Pomerania. *Inż. Ekolog.* 2015. 43:122–130.
6. Giri S. Water quality prospective in Twenty First Century: Status of water quality in major river basins, contemporary strategies and impediments: A review. *Environmental Pollution*. 2021. 271:116332.
7. Kieu LD, Quoc PN. Spatial and Temporal Analysis of Surface Water Pollution Indices Using Statistical Methods. *Civ Eng J*. 2024. 10:1828–1841.

## ПРО ПЕРШИХ ДОСЛІДНИКІВ НАФТИ

*Семенюк М.В., кандидат мистецтвознавства, iggk@mail.lviv.ua,  
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна*

Історія науки знає багато випадків, коли навколо певної проблеми розгортаються жаркі суперечки. Такі дебати відбуваються навколо проблеми походження нафти. Суттєво збагачують матеріал і джерелознавчі дослідження.

У Львівському університеті краківський геоботанік Антоній Реман у 1882 р. заснував першу кафедру географії, тут існувала кафедра під назвою – “історія природи з фізичною географією, технологією і рільництвом”. І на ній у 1790-1805 рр. працював визначний дослідник географії України – Бальтазар Гакет. Вагомими є наукові заслуги Б.Гакета, як дослідника Північних Карпат.

## THE BEGINNINGS OF THE FORMATION OF GEOLOGICAL SCIENCE

*Semenjuk M., candidate of science, iggk@mail.lviv.ua,  
Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

The history of science knows a lot of controversies surrounding a certain problem. Such a debate takes place around the problem of the origin of oil. Significantly enrich the material and source studies. Geological science has been forming for centuries.

At Lviv University, The Krakow geobotanist founded the first department of geography. There was a department called the history of nature with physical geography, technology and agriculture. And a prominent researcher of the geography of Ukraine Baltasar Hacquet worked on it. His scientific merits as a researchers of the Northern Carpathians are significant.

Фундаментальна дослідницька праця “Нафта і газ Прикарпаття. Нариси історії” розкриває чимало фактів історії нафтової промисловості у Західній Україні. На сторінках багатьох спеціальних видать і таких часописів як “Геологія і геохімія горючих копалин”, “Zeitschrift für die Petroleum”, “Przemysł naftowy”, “Галицька брама” та ін. подаються цікаві архівні документи та спогади з даного питання. Проте є ще багато нерозкритих сторінок історії нафти і нафтовидобування, які доповнять вивчення історії геологічної науки.

З найдавніших часів по 1760 р. уяви про походження нафти, так чи інакше, були пов’язані с різноманітними теоріям про “флогістон”, походження Землі та ін. Перша теорія була сформульована у 950 роки арабським вченим Іх-Ван-ес-Сафа. “Вода і повітря, - писав він, - визрівають діями вогню і утворюють вогненну сірку і водяну ртуть. Ці два вторинних елементи міксуються з різною кількістю землі і в залежності від температури утворюють мінерали, які знаходяться в землі, включаючи бітумінозну субстанцію, таку, як нафта. Тому вони мають “високе” повітря і нафта, при зжиманні, вогнебезпечна”.

У кінці 17 століття (1697) італійський вчений П.С.Бекконе, мотивуючи думкою британського вченого В.Чарметона, вважав, що бурштин і бітуми мають однакове походження і нафта утворюється “вулканічними силами з землі і сірчаного начала”. Як доказ він наводив приклад землетрус 1683 року, який вплинув на інтенсивність нафтепроявів у Сіцилії. Судячи з роботи французького вченого Н.Лемері, у кінці 17 століття існувала уява про утворення нафти як результат перегонки бурштина; кам’яне вугілля є рештками цієї перегонки. Однак сам Лемері вважав, що нафта утворюється у результаті перегонки бітума.

Можливо, саме цікаве предположение висказав на початку 18 століття німецький вчений П.Ф.Генкель. На його думку, нафта утворюється з рештків тварин і рослин. У 1750 році німецький вчений Шпільман писав, що нафта утворюється з рослин, переважно з сосни. Член французької академії наук, хемік по спеціальності П.Ж.Маєр у 1758 році висказав думку стосовно того, що бітуми утворюються у результаті взаємодії “рослинних масел” і “кислот”.

Цінні свідчення про нафту Прикарпаття навів львів’янин, природознавець, філософ і поет, міський радник, доктор, професор медицини Еразм Сикст<sup>1</sup> (Е. Syxt, бл. 1570-1635)

<sup>1</sup> Сикст (Львів’янин) Еразм (бл. 1570, Львів – бл. 1635), вчений медик родом зі Львова. Навчався у Кракові, ступінь доктора медицини здобув в Італії. У 1614-1629 – лікар львівського католицького шпиталю, пізніше



у своїй книзі “O ciepłach we Skle, ksiąg troje”. Це одна з перших бальнеологічних праць, яку було видано 1617 р. у друкарні Замойської академії, а перевидано 1780 р. у Варшаві. Перші аптеки на території Галичини з'являються у 13 ст. Серед освічених міщан значну частину становили аптекарі та лікарі. У 1445 році міське право прийняв аптекар Василь Русин. Як пише історик-архівіст Д. Зубрицький, “наскільки відомо, це був перший аптекар”. У цей час з'являються оригінальні наукові праці з медицини. Е. Сикст опублікував медичний коментар до творів Сенеки і трактат про мінеральну воду з с. Шкло. У 1609 р. було видано латинською мовою аптекарську ординацію “Lecta digna”. Протягом 1614–1629 рр. працюючи лікарем у львівському шпиталі Св. Духа львівський бургомістр та професор академії у Замості Сикст, опублікував медичний коментар до творів Сенеки, а також дослідив і описав лікувальні властивості мінерального джерела у селі Шкло. Згодом, у XVII ст. новостворений шпиталь св. Лазаря навіть забезпечував там лікування хворих сірководневими ваннами.

Професором фізики Львівського університету в 1783-1791 рр. був Йосиф Ігнат Мартинович (1755-1795), за національністю хорват, але за вихованням і переконаннями угорець. Основною його працею слід вважати “Курс експериментальної фізики” (“Praelectiones Physicae experimentalis”), що була видана в 1788 р. у трьох томах у Львові. Він також цікавився нафтовою ропою, видобутою поблизу м. Калуша, визначав її властивості, в тому числі питомі ваги окремих її фракцій, одержаних в результаті дистиляції, і навіть пропонував практичне застосування – для консервації деревини, при виправленні шкір, як ліки проти шкірних хвороб в овець. Ним же був одержаний і охарактеризований важкий залишок від дистиляції нафти – бітум. Результати його досліджень були опубліковані в журналі Д. Кремля у 1791 р. під загальною сучасною назвою “Untersuchungen des galizischen Bergöls” Мартиновича справедливо можна вважати одним з першодослідників нашої нафти.

Та найбільшої уваги заслуговує чотиритомна праця природознавця, професора Львівського і Краківського університетів Бальтазара Гакета (В. Hacquet 1739-1815), яка окремими випусками виходила друком в м. Нюрнберзі в 1790-1796 рр. В ці ж роки Гакет упорядкував і визначив зразки гірських порід, мінералів і викопних решток, що надходили до кабінету мінералогічної колекції за його проханням з території Галичини. Професор Львівського університету одним з перших зацікавився історією Тустані і не лише досліджував на межі XVIII і XIX століть корисні копалини краю, зокрема, нафту і сіль, а й паралельно цікавився життям та історією населення Карпат. На початку XIX століття він здійснив розкопки в Уричі. Відзначимо, що перші фахові дослідження печер Урича були здійснені на початку XX століття польським археологом В. Деметрикевичем, а згодом, у 1930-х роках, продовжені видатним українським археологом Ярославом Пастернаком.

Географічні дослідження України, які провів Гакет, на основі відомих зараз джерел, можна поділити на декілька напрямків. Найважливішим із них є опис подорожей по Північних Карпатах у 1788-1795 рр., що вийшов у 4-ох томах в 1790-96 рр., у Нюрнберзі під назвою “Hacquet’s neueste phisikalisch-politische Reisen in den Jahren 1788-1795 durch die Dacischen und Sarmatischen oder Nordlichen Karpathen” (13). Тоді, у кінці XVIII - на початку XIX ст. вийшов цілий ряд описів європейських подорожників, присвячених Україні. Іван Франко з цього приводу зазначав у 1900 р.: “Після того, як в кінці XVIII в. частина Польщі була прилучена до Австрії, австрійські урядники зацікавилися русинами, і вони скоро стали предметом етнографічних студій подорожників та німецьких учених” [12, с. 3]. Український вчений Іван Кревецький вважав, що “опис Гакета се найбільший і найцінніший опис подорожі по Карпатах, який коли небудь появився перед ним і після нього – по нинішній день” [1, с. 6-7].

У назві Гакетового твору відчутні ще Птолемеєві уявлення про гірську систему Карпат. У 105 р. імператор Траян приєднав Трансильванію (Південні Карпати) до Риму. Римське панування в регіоні тривало до 271 р. Таким чином Карпати були “відкриті” для

---

професор медицини в Замойській Академії. Автор низки наукових праць, зокрема про ковтун, про курорт Шкло (вперше провів хімічний аналіз його води, привернув увагу до його лікувальних властивостей, пропагував грязелікування); коментарі до творів Л. Сенеки.

цивілізованого світу. Тоді ж дану гірську систему, просторово дуже аморфну, вперше виокремив Птолемей (90-168). У своєму творі “Керівництво з географії” він пише: “Сарматію перетинають і інші гори (крім Сарматських), між якими називаються: Певка (Тейки) гора; Гора Карпат (виділ. наше – І.Р.); Венедські гори...” [2, с. 320]. Таким чином під сучасними Карпатами Птолемей розумів Сарматські, Карпатські, Венедські та Певкинські гори. Заслугою Птолемея є також те, що він вперше виділив і локалізував плем’я “карпів”, між верхньою течією Дністра і Карпатами [2, с. 231]. Зрозуміло, про назву цієї гірської країни мовою місцевих жителів можна тільки здогадуватися. В географії є випадки, коли одна назва гірської країни поступово трансформується в інші. Наприклад, первісна назва Тянь-Шаню давньотюркською мовою “Тенгри-Таг” (Небесні гори). Небесні гори китайською мовою – “Тянь-Шань”. Китайські подорожники розповсюдили цю назву на всю гірську систему. В такому розумінні вона ввійшла в китайську, звідки, завдяки працям європейських і російських вчених, у світову географію [1]. Карпатам у цьому плані пощастило більше, і заслуга в цьому також і Гакета.

В географічній літературі побутує уявлення про те, що вперше наніс на карту всю дугу Карпат польський вчений Станіслав Сташціц у 1806 р. [3]. Дійсно до своєї праці “O Ziemiородztwie Karpatow, ...” (1815 р.) він долучає виконану у 1806 р. “Карту геологічну Польщі, Молдавії, Трансільванії, Угорщини та Валахії” [4]. Він правильно орієнтує Карпатську дугу від Пресбургу (суч. Братіслава) на Дунаї до Залізних Воріт, де вона повторно переривається Дунаєм. Сташціц поділяє Карпати на Білавські, Татри, Бескиди, Бещади і Фогараш. Проте за 12 років до цього у 111-му томі опису подорожей по Північних Карпатах Гакет поміщає невелику карту Карпатських гір. Таким чином одна з найбільших заслуг Гакета полягає в тому, що він, очевидно, вперше визначив характер простягання Карпат, як дуги від Дунаю в районі сучасної Братіслави на північному заході до Дунаю в районі Залізних Воріт на пд.зх. Якщо Птолемей перший відкрив і назвав дані гори, то Гакет їх вперше як цілісність правильно “прив’язав” і оконтурив. На цій карті, крім Карпат і гідромережі показані також історико-географічні країни – Галичина, верхня і нижня Молдова, Валахія, Славонія, Угорщина та Трансільванія (Семигород). Позначено міста – Пресбург (Братіслава), Темешвар (Тімішоара), Германштадт (суч. Сібіу), Хотин. Найбільшим недоліком карти є те, що на ній р. Тиса перетинає Карпати (це невірно), насправді їх перетинає р.Олт (цього не відзначено).

В польській та українській географії ХІХ ст. назва гірської системи на південному заході Галичини була остаточно не усталена. Польський географ Е.Куропатницький, сучасник Гакета, у своїй “Geografii Galicyi i Lodomerii” (1786 р., перевид. 1858 р.), наприклад, зовсім не згадує назву “Карпати”, для нього вони тільки “Бещади” [5]. Інший польський географ – Л. Татомир у “Geografii Galicyi” (1874 р.) говорить вже про “Карпати” [6]. Український географ Р. Заклинський у своїй “Географії Русі” (1887 р.) говорить, що частина Карпат на Русі називається – Бескиди [7].

Вагомими є наукові заслуги Гакета, як дослідника Північних Карпат. Результати його досліджень викладені у вище згаданому описі подорожей по Північних Карпатах. З цього опису важко, а подекуди неможливо відтворити точний маршрут подорожей вченого в просторі і часі. Навіть карта Г.Якоба не дає відповіді на всі запитання. Проте деякі ділянки його подорожей прослідковуються досить чітко. Розглянемо це на прикладі тільки Українських Карпат. У першому томі опису це подорож за маршрутом: Путила – Кути – Яблунів – Коломия – Десятин – Надвірна – Станіслав (суч. Івано-Франківськ) – Калуш – Галич у 1788-89 рр. [8, т. 1]. У другому томі: Зборів – Тернопіль – Чортків – Заліщики – Хотин – Могилів (суч. Могилів-Подільський) – Липкани – Ботошани в 1788-90 рр. [8, т. 2]. Проте найкраще описаною є його подорож у 1791-1793 рр. в третьому томі [8, т. 3]. Маршрут цієї подорожі такий: Галич – Єзупіль – Нижнів – Тлумач – Тисмениця – Майдан – Гвіздець – Заболотів – Кути – долина Черемошу – Путила – озеро “Чуреп” – витоки Пруту – витоки Бистриці-Надвірнянської – Надвірна – долина Бистриці-Солотвинської – Мізунь – Болехів – Тисів – Бубнище – долина Опору – Сколе – долина Стрия – Турка – Бориня – Дністрик (Дубовий) – Стрілки – Лінина – Старий Самбір – Лисько – Дукля – Кросно – Динів –

Перемишль – Добромилль – Стара Сіль – Нагуєвичі – Стебник – Модричі – Дрогобич – Щирець – Любінь Великий – Шкло – Львів – Буськ – Сокаль – Замостя – Рава (Руська) – Жовква – Мокротин – Львів. Непогано описана також в четвертому томі опису подорож Гакета у 1794-1796 рр. зі Львова до Нового Санча через Краків [8, т. 4]. Вона проходила за маршрутом: Львів – Жовква – Мокротин – Шкло – Янів – Городок – Родатичі – Яворів – Краковець – Немирів – Любачів – Ярослав – Ланьцут – Жешув – Тарнув – Краків – Велічка – Живець – Старий Санч – Новий Санч. Автор в цілому правильно передає місцеві географічні назви, подаючи їх у польськомовному варіанті.

Багато уваги в чотирьох томах опису надається характеристиці населення, зокрема його етнічного складу, та поселень. Особливо докладним є у Гакета опис Львова. Він нараховує у ньому 40 тис. мешканців. З них 15 тис. жидів, 10 тис. русинів, 10 тис. поляків, решта вірмени та інші. Вчений так характеризує представників найчисельніших етносів міста: “... жиди є панами міста і передмість” [8, т. 3, с. 204]; “... русини і поляки дуже люблять горілку” [8, т. 3, с. 210]. У місті є три єпископи, 72 церкви та 15 церков у передмістях. Гакет перший висунув “соляну” гіпотезу походження назви міста Галича. Згідно з нею, назва міста могла походити від грецького слова “гальс” – сіль.

Цікавими є спостереження автора в галузі, якби по-сучасному сказати – економічної географії. Гакет, наприклад, зауважує, що в районі Чорткова вирощують тютюн [8, т. 2, с. 23], у Нижневі (коло Тлумача, на Дністрі) добувають мергель [8, т. 3], у Винниках (коло Львова: “... є колонія швабів і тютюнова фабрика” [8, т. 3, с. 235], у Буську знаходиться фабрика шкіри [8, т. 3], в Мокротині (коло Жовкви) є плантація “рабарбару” – ревеню [8, т. 4], а у Шкло – паперова фабрика, озера [8, т. 4].

У третьому томі опису подорожей по Північних Карпатах Б.Гакет згадує про озеро “Чуре́п” у верхів’ях річки Чорний Черемош [8, т. 3]. Він говорить, що його немає на тодішніх картах, утворилось воно внаслідок обвалу 150 років тому і знаходиться біля підніжжя гори “Руські-Ю” та недалеко коло “триразового кордону”. Сташці так визначає “триразовий кордон”: “Коло Чорної Гори (Чорногори – І.Р.), де витік Тиси, Пруту і Черемошу (Білого – І.Р.) знаходиться триразовий кордон між Польщею, Молдовою і Угорщиною” [9, с. 194]. На нашу думку, гора “Руські-Ю” це хребет “Руський Діл”, а озеро “Чуре́п” – озеро “Шибени”. Польський мандрівник Л.Вайгль за результатами подорожі 1879 р. подав коротку характеристику Шибеного [10]. На його думку, озеро знаходиться на висоті 1024 м над рівнем моря, має 850 м довжини, 200 м ширини, 25 м глибини, поверхня водного дзеркала становить 40 моргів. Вайгль пише, що: “Раніше це озеро було менше і мілкіше, ...” [10, с. 67]. Польський географ Б. Свідерський у 1932 р. визначив, що озеро Шибени утворилось внаслідок найбільшого в сучасних Українських Карпатах зсуву над річкою Шибени, притокою Чорного Черемошу [11, с. 100]. Зсув сформувався вздовж потоку Гропенець, допливом Шибеного. Свідерський не навів вік зсуву, проте вказав, що в другій половині ХІХ ст. на природньому озері Шибени створена штучна дерев’яна гребля (кляуза), а наймолодша ніша зсуву з 1927 р. [18, с. 103-105]. Отже, вказівка Гакета на вік обвалу над озером “Чуре́п” – 150 років, є дуже цінною [8, т. 2, с. 14]; у Тисмениці: “... крім жидів є багато вірменів, які збагатились на годівлі худоби і коней” [13, т. 3, с. 15]; Болехів – це місто, де дуже мало чистих християн, всього на Галичині 200 тис. жидів [8, т. 3, с. 90]; Дукля (зараз у Польщі): “найчистіше і найвпорядкованіше із усіх міст Галичини” [8, т. 3, с. 140]; в Кросно: “... немає русинів, є мазури”.

Основоположник української національної географії Степан Рудницький писав у 1905 р.: “Жерела ріки Дністра кляли давніші географи мабуть за Викентієм Подем в Дністрику Дубовім. Цей погляд удержувався довгі літа (...), хоч Беноні вже в 1879 р. доказав, що властиво жерела Дністра належить шукати кола села Вовчого” [10, с. 2]. Польський митець та географ В.Поль (1807-1872) свою головну географічну працю “Rzut oka na północne stoki Karpat” видав в 1851 р. Б. Гакет же писав про Дністрик Дубовий як місце витоків Дністра в третьому томі опису подорожей по Північних Карпатах в 1794 р. [8, т. 3]. Таким чином пріоритет тут не за В. Подем, а за Гакетом.

У цьому ж третьому томі опису подорожей по Північних Карпатах Б.Гакет вживає термін “Ukraine”. Він говорить: “...після поділу Польщі (2-го у 1793 р. – І.Р.) Росія дістала від неї такі провінції як Поділля, Україну і т.д...” [8, т. 3, с. 242]. Можна припустити, що під Україною тут Гакет розуміє Київщину (Наддніпрянщину). Адже з українських земель саме Київщина (крім Києва) та Поділля перейшли від Польщі до Росії внаслідок 2-го поділу Польщі у 1793 р. Це вживання вченим терміну “Україна” у 1794 р. для конкретної території є дуже важливим при розгляді процесу його виникнення і поширення, зокрема у XVIII-XIX ст.

В кожному томі опису подорожей по Північних Карпатах поміщені оригінальні карти. У першому, це карта Галичини і сусідніх територій. В другому – карта Південних Карпат і навколишніх територій. У третьому поміщено дві карти. Перша зображує всю Карпатську дугу (вище вона більш-менш детально охарактеризована), друга має назву: “Поклади залізних руд у Смільні”. Четвертий том нараховує три карти: “Татри”, “Корисні копалини Татр”, “Південні Татри”. Питання авторства карт, тобто чи виконані вони Б.Гакетом, чи іншим автором чи авторами, залишається поки що недослідженим.

В цілому “Nacquet’s neueste phisikalisch-politische Reisen...” є надзвичайно цінним географічним твором. Твір Гакета, зважаючи на його велике значення для української національної культури, повинен бути обов’язково перекладений українською мовою і виданий. Найкраще, звичайно, було б підготувати академічне видання з науковим апаратом, на зразок “Опису України...” Г.Л. де Боплана 1990 р. Можна видати і популярно-наукові переклади всіх чотирьох, або хоч би одного третього тому. Нещодавно (1993 р.) правда, вперше видано українською повний текст “Історії” Геродота. Б.Гакет особливо любив Карпати. Недаремно в листі до фон Молля за 1787 р (рік переїзду до Львова) він писав: “Але тому, що я знову зібрався з силами, до серця мені найближче лежать Карпати” [12, с. 93].

Географічну характеристику Правобережної України та Криму подає Гакет у своєму творі: “Reise durch die neu eroberten Provinzen Russlands, im Jahr 1797, ...”, що вийшов у Ляйпцігу в 1798 р. [14]. Це було всього через два роки після поділу Польщі (1795 р.) та 14 – після приєднання Криму до Російської імперії (1783 р.). Маршрут подорожі вченого пролягав із Львова на Гусятин, де він, перетнувши Збруч, вступив у межі Російської імперії, і далі через Кам’янець-Подільський – Могилів – Дубосари – Овідіополь – Одесу – Очаків – Херсон – Перекоп у Крим. В Криму Гакет спочатку зупинився в Сімферополі, який нещодавно перед тим став центром півострова. З Сімферополя вчений робив подорожі до Бахчисараю, Севастополя, Євпаторії, Феодосії, Судака та ін. У Сімферополі Б.Гакет зустрівся з російським географом-природодослідником П.-С.Палласом, який тоді перебував там. Перу Палласа належить, серед інших, праця: “Короткий фізичний і топографічний опис Таврійської області”, що вийшла два роки перед тим у (1795 р.). Зворотній маршрут подорожі пролягав із Сімферополя через Перекоп, знову Херсон, і далі на Миколаїв – Торговицю – Умань – Тульчин – Радивилів, після якого, повторно перетнувши російсько-австрійський кордон, Гакет повернувся в Галичину і до Львова.

Кримом, без сумніву, цікавились в тодішній Європі і, зокрема, у Німеччині. В 1784 р., наприклад, у тому ж Ляйпцігу та в “Землеописі” А.-Ф.Бюшинга вийшла праця професора університету в Галле Тунманна “Кримське ханство” [13]. В цьому творі давалася географічна характеристика Кримського ханства на період його короткотривалої незалежності (1774-1783 рр.). Пізніше, в 1787 р. у повторному виданні “Землеопису Бюшинга” поміщена перероблена праця Тунманна про Крим під назвою: “Таврійське намісництво або Крим”. Цікаво, що Тунманн на відміну від Б. Гакета у Криму не був. На Правобережній Україні Гакет бував ще перед подорожжю 1797 р. Про це він говорить у своєму описі подорожей по Північних Карпатах. Як зазначає український дослідник з Мюнхена (Німеччина) Олекса Вінтоняк Б. Гакет, зокрема, зауважив, що “околиці Кам’яця-Подільського є багаті на врожайну чорну землю” [15, с. 29]. В описі подорожі на Правобережну Україну та в Крим Гакет називає місто на Дністрі “Могилів або Могилів-Подільський” [14, с. 10]. Тут ми маємо важливе свідчення вченого про те, як російська адміністрація після приєднання Поділля до Росії (після 2-го поділу Польщі у 1793 р.) змінює назву міста з “Могилів” на “Могилів-



Подільський”, щоб відрізнити його від Могилева у Білорусі, який був приєднаний до Росії раніше, у 1772 р., після 1-го поділу Польщі. Як вказує відомий український вчений-ономаст А.П.Непокупний Могилеву-Подільському необхідно повернути споконвічну українську назву – “Могилів” [16, с. 8]. Б.Гакет у цьому ж творі ріку Південний Буг справедливо називає “Бог” [14, с. 18]. Це ще одне свідчення того, що перед включенням до складу Росії у 1793 р. середньої і верхньої течії цієї ріки вона мала українську національну назву “Бог”, а не “Південний Буг”. Працю вченого про подорож на Правобережну Україну та в Крим у 1797 р. необхідно перекласти українською мовою. Тоді вона стане доступною передусім фахівцям-географам, історикам та ін., а також широкому загалу читачів.

Б. Гакета справедливо можна назвати предтечею географії у Львівському університеті. Відомо, що у ньому він працював в 1787-1805 рр. Як пише український педагог та історик, дослідник львівського “*Studium ruthenum*” Амвросій Андрохович: “Від р. 1790/1. Слухали вже питомці *studii rutheni* історію природи на університеті. В тім році почав їм та питомцям *studii latini* (тобто кафедри історії природи з фізичною географією, технологією і рільництвом, якої не було на *studii rutheni* - I.P.) викладати практичну історію природи (рільництво) професор медичного віділу Гакет (Nacquet)...” [17, с. 43]. Таким чином, ще перед тим як у Львівському університеті краківський геоботанік Антоній Реман у 1882 р. заснував першу кафедру географії, тут існувала кафедра під назвою – “історія природи з фізичною географією, технологією і рільництвом”. І на ній у 1790-1805 рр. працював визначний дослідник географії України – Б. Гакет.

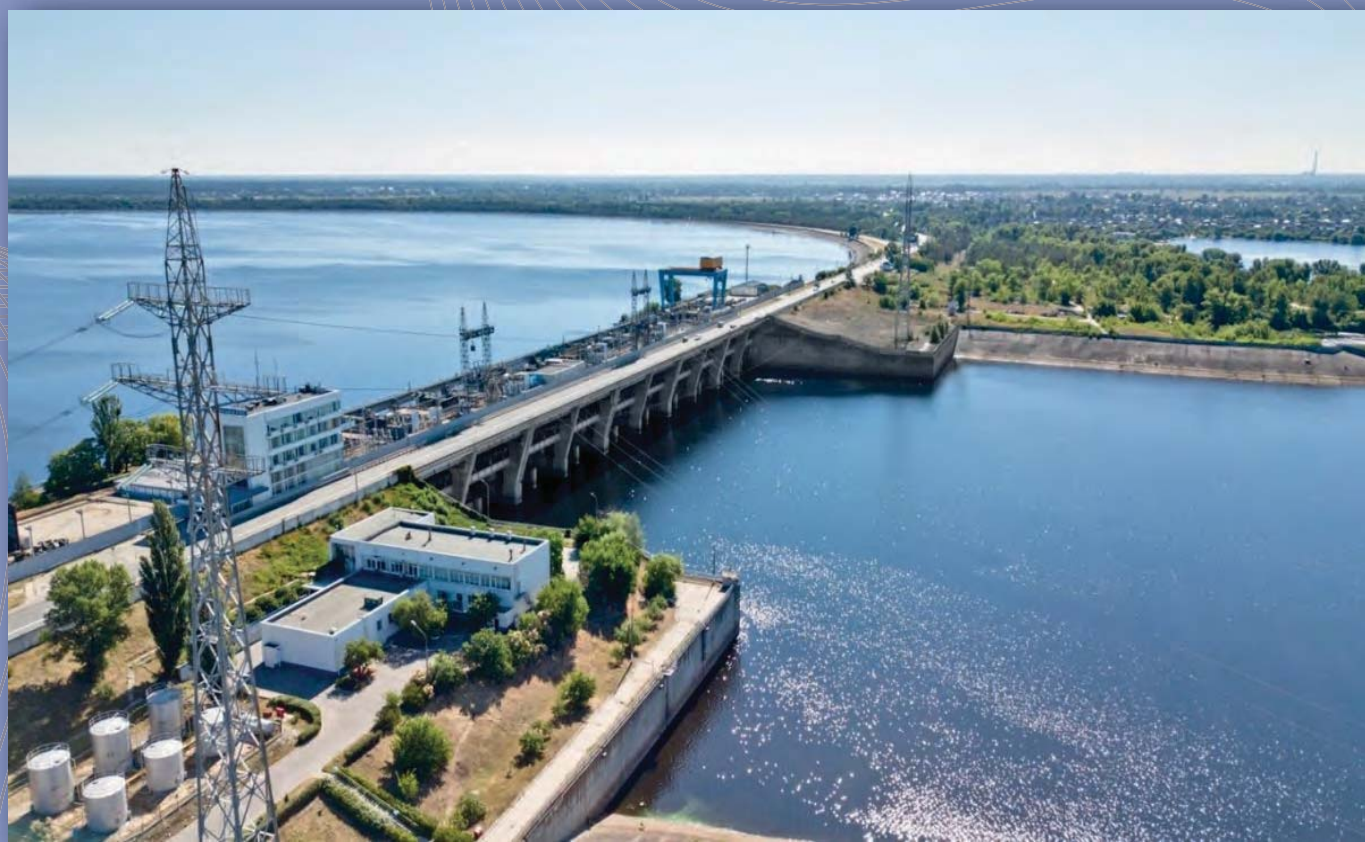
Історія науки знає багато випадків, коли навколо певної проблеми розгораються жаркі суперечки. Такі дебати відбуваються навколо проблеми походження нафти. Суттєво збагачують матеріал і джерелознавчі дослідження.

#### Список використаних джерел:

1. Кривецький І. Подорожі чужинців по Україні в 18-19 ст. // Нова зоря, 21 липня. – Львів, 1929. – Ч. 52. – С.6-7.
2. Античная география / Сост. М. Боднарский. – Москва: ГИГЛ. – 1953. – 376 с. + кар.
3. Магидович И.П., Магидович В.И. История открытия и исследования Европы. – Москва: Мысль. – 1970. – 456 с.
4. Staszic S.O. Ziemiородztwie Karpatow, i innich gor i rownin Polski. – Warszawa, 1815. – 390 s. + X s.
5. Kuropatnichki E.A. Geografia Galiciji i Lodomeryi. – Lwow. – 1858. – 104 s.
6. Tatomir L. Geografia Galiciji. – Lwow. – 1874. – 262 s.
7. Заклинський Р. Географія Русі. Русь галицька, буковинська і угорська. – Львів: Просвіта, 1887. – 150 с. + кар.
8. Nacquet B. Neueste physikalisch-politische Reisen in den Jahren 1788 bis 1795 durch die Dacischen und Sarmatischen oder Nordlichen Karpaten. Erster Teil: 206 S., 7 fig. und 7 Tafeln. Zweiter Teil: 249 S., 8 fig. und 6 tafeln. Dritter Teil: 247 S., 7 Tafeln und 3 Tabellen. Vierter Teil: 254 S., 6 Tafeln. Im Ferlage der Raspischen Buchhandlung, Nurnberg 1790, 1791, 1794, 1796.
9. Staszic S.O. Ziemiородztwie Karpatow, i innich gor i rownin Polski. – Warszawa, 1815. – 390 s.+X s.
10. Wajgl L. O burkucie i jeziorach czarnohorskich // Pamietnik towarzystwa tatrzanckiego. – Krakow, 1880. – T. V. – S. 60-71.
11. Swiderski B. Przyczynki do badan nad osuwiskami karpackimi // Przegląd geograficzny. – Warszawa, 1932. – t. XII. – S.96-107.
12. Бальтазар Гакет і Україна / Автор-упор. М. Вальо. – Львів, 1997. – 152 с.
13. Тунманн. Крымское ханство. – Симферополь: Таврия, 1991. – 96 с.
14. Nacquet B. Reise durch die neu eroberten Provinzen Russlands, im Jahr 1797, mit Rucksicht auf Handel, Manufakturen, Fabriken, Geographie, Statistik, Politik, Okonomie, Naturgeschichte, Botanik u.s.w. (schreiben an einem Freund in L.) // Journal fur Fabrik, Manufaktur, Handlung und Mode [Leipzig]-1798. – Juli. – S. 1-33; August. – S.89-131.

15. Вінтоняк О. Україна в описах західноєвропейських подорожників другої половини 19 століття. – Львів-Мюнхен, 1995. – 144 с.
16. Непокупний А.П. Сучасний ономастикон України у внутрішньому і зовнішньому вимірах // Відтворення українських власних назв (Антропонімів і топонімів іноземними мовами). Доп. та пов. Міжнар. Наук. Конф. (Київ, 7-8 грудня 1993 р.). – Київ, 1995. – С. 8-13.
17. Андрохович А. Львівське “*Studium ruthenum*” // Записки НТШ. – Львів, 1925. – Т. 136/137. – С. 43-105.

# ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД. ПЕРЕОЦІНКА ЗАПАСІВ ТА РЕСУРСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД





## ПРО ПРИУРОЧЕНІСТЬ ВИХОДІВ НА ПОВЕРХНЮ СОЛОНИХ ДЖЕРЕЛ У ВІДКЛАДАХ КАРПАТСЬКОГО ФЛІШУ ДО ДИЗ'ЮНКТИВНИХ ДИСЛОКАЦІЙ

*Кондратюк Є.І.<sup>1</sup>, k.yevhen14@gmail.com;*

*Шлапінський В.Є.<sup>2</sup>, к. геол. н., с. н. с., vlash.ukr@gmail.com;*

*Савчак О.З.<sup>2</sup>, к. геол. н., с. н. с., savchakolesya@gmail.com;*

*Лазарук Я.Г.<sup>2</sup>, д. геол. н., с. н. с., lazaruk\_s@i.ua;*

*Тернавський М.М.<sup>2</sup>, matrix5@ukr.net;*

*1 – ТОВ "КВАРЦ", м. Моршин, Україна;*

*2 – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Солоні джерела на території Українських Карпат тяжіють до двох смуг загальнокарпатського простягання, орієнтованих з північного заходу на південний схід. У першій поширені води вилуговування засолонених відкладів міоцену, які знаходяться порівняно неглибоко під насувами Берегової скиби або флішем Покутських складок. Води другої смуги - це води глибоких горизонтів, які потрапили у приповерхневі шари внаслідок перетоків по системі тріщин, пов'язаних головне з тектонічними дислокаціями.

## A CONTRIBUTION TO THE QUESTION OF THE AVAILABILITY OF BRINE WELLS IN DEPOSITS OF CARPATHIAN FLYSH

*Kondratiuk Ye.<sup>1</sup>, k.yevhen14@gmail.com;*

*Shlapinsky V.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), senior researcher, vlash.ukr@gmail.com;*

*Savchak O.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), senior researcher, savchakolesya@gmail.com;*

*Lazaruk Ya.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Geol.), senior researcher, lazaruk\_s@i.ua;*

*Ternavsky M.<sup>2</sup>, matrix5@ukr.net;*

*1 – Kvarts Ltd., Morshyn, Ukraine,*

*2 – Institute of Geology & Geochemistry of Combustible Minerals of NASU, Lviv, Ukraine*

On the territory of the Ukrainian Carpathians the brine wells gravitate towards two zones of the whole-Carpathian extending oriented from the north-west to the south-east. In the first zone, waters of leaching of saline deposits of Miocene are spread, they are found comparatively shallow under the thrust faults of the Beregovo Skybian zone or the flysh of Pokuttya folds. Waters of the second zone are waters of deeper horizons that reached to near-surface layers due to overflows along the fractures system mainly connected with tectonic dislocations.

**Вступ.** Солоні джерела на території Українських Карпат тяжіють до двох смуг загальнокарпатського простягання, орієнтованих з північного заходу на південний схід. Перша відноситься до зовнішньої частини Флішових Карпат і її високомінералізовані джерела, пов'язані з водами вилуговування солоних міоценових відкладів. За хімічним складом та хлор-бромними коефіцієнтами вони не відрізняються від солоних вод, які зустрічаються в районах розвитку воротищенських відкладів міоцену Внутрішньої зони Передкарпатського прогину [1, 2]. Друга – південна, смуга поширення солоних вод, яка розглядається в цій статті, лежить на певній віддалі від першої і займає широкий простір, обмежений здебільшого територією Зовнішніх Карпат від південних скиб Скибового покриву до Рахівського покриву. Ці прояви солоних джерел серед відкладів карпатського флішу зустрічаються порівняно нечасто. Практично всі джерела приурочені до різноманітних диз'юнктивів як таких, що виходять на денну поверхню, так і похованих. Згідно з класифікаціями та галузевим стандартом колишнього союзу, до категорії солоних відносяться природні води мінералізація котрих перевищує 25 г/дм<sup>3</sup>, води з мінералізацією від 5,0 до 10,0 г/дм<sup>3</sup> це солонуваті, а від 10,0 до 25,0 г/дм<sup>3</sup> – сильно солонуваті (ОСТ 41-05-263-86). Всього серед відкладів карпатського флішу південного ареалу (в українській частині) за літературними даними зафіксовано не більше 15 солоних та сильно солонуватих джерел.

**Історія питання.** Польські та радянські геологи припускали, що оскільки флішові відклади не містять солей у своєму складі, то джерелом їх були засолені породи воротищенської світи міоцену, які знаходяться у піднасуві Карпат у складі Бориславсько-Покутського і Самбірського покривів. Таку ідею поділяли Б.Свідерський, К.Толвінський, В.А.Сельський, С.А. Ковалевський, С. І. Суботін [2, 3]. Інші дослідники розглядають солоні



води як прояви седиментаційних, що поступово відтискуються на поверхню (елізійні) [1, 10]. Такі води зафіксовані в Скибовому покриві в селах Гребенів Стрийського та Головське Дрогобицького районів Львівської області (№3 і №2, рис. 1), Кросненському (села Верхній Бистрий – №4, Усть-Чорна Тячівського району Закарпатської області – №6), Дуклянсько-Чорногорському (с. Голошина Верховинського району Івано-Франківської області, №8), (урочищі Попитник по р. Середня Ріка Рахівського району Закарпатської області, №7), на південній околиці с. Сіль Ужгородського району (№1), і в потоці Петровець ліва притока р. Ріка (№5, Міжгірський район тої ж області), а також у Рахівському покриві неподалік с. Солонцівка (бувша Сарата, №9) Верховинського району Івано-Франківської області.



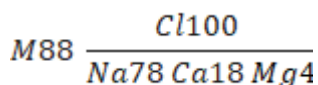
**Рис. 1. Карта розташування солоних джерел в Українських Карпатах**

**Новизна досліджень.** В цьому дослідженні прояви солоних джерел пов'язуються з диз'юнктивами, завдяки яким відбувається проникнення солоних вод з глибини та змішування їх з інфільтраційними, тобто вони є полігенні. Вплив глибинної складової підтверджується високим значенням В/Вг коефіцієнта, що вважається гідрогеохімічним індикатором [4].

**Результати.** Джерело солоної води – №2, розташоване біля с. Головське, знаходиться в полі поширення відкладів еоцену Мальманстальської скиби Скибового покриву на правому березі р. Рибник (рис.1). Вода, за даними лабораторії КТП тресту “Львівнафтогазрозвідка”, від грудня 1971 р. має мінералізацію 37,55 г/дм<sup>3</sup> хлоридного натрієвого складу, густину 1,029 г/см<sup>3</sup> (Табл.1) [5]. Знаходження в цьому районі даного джерела з такою значною концентрацією солі викликає запитання, про його походження? Ймовірно, джерело знаходиться на продовженні глибинного Раточинського розлому відомого в районі Борислава. Слід відзначити, що в воді цього джерела зафіксовано аномально високу для джерел концентрацію бромю (55,58 мг/л). Південно-західніше, припустимо в зоні дії цього ж розлому за 15 км (по Аз-50°) в районі с. Риків в потоці Молдавчанка, ліва притока р. Завадки вже в Турківському субпокриві Кросненського покриву у відсл. 625 площі Ільник-Комарники описане солоне джерело №2а з незначним дебітом. Крім впливу Раточинського розлому воно ще приурочене до насуву третьої луски цього субпокриву на другу (головецькі

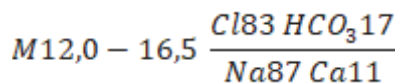
відклади олігоцену насунуті на нижньовержовинські). За результатами дешифрування космічних знімків і геолого-геофізичних даних (А. Кудряшов, О. Мичак) встановлено, що Раточинський лінеамент є регіональною субвертикальною зоною деструкції земної кори (за Р. Бембелем) з ознаками розтягу [5]. І хоча він не розтинає безпосередньо відкладів Скибового і Кросненського покривів і не виходить на поверхню, він очевидно сполучує глибокі горизонти розрізу з ними. В селах Голошина (№8) прояви мінералізованих вод відзначені в нижньокрейдових відкладах шипотської світи Говерляньсько-Красношорського субпокриву Дуклянсько-Чорногорського покриву. Вони зафіксовані в трьох джерелах і одній криниці та мають високу мінералізацію, відповідно 46,5 і 104,1 г/дм<sup>3</sup>) [6]. Якраз у районі зазначених сіл трасується глибинний Ужоцький розлом, який відокремлює занурену окраїну платформи від дофлішової основи і одночасно слугує північною границею розповсюдження вуглекислих джерел [8]. Він також не порушує флішових верств, тож його вплив проявлений тут у їхній підвищеній тріщинуватості. Солоні джерела урочища Попитник (№7) розташовані за 13 км північніше с. Кобилецька Поляна. Джерела локалізовані в обох берегах р. Середня Шопурка на контакті відкладів яловецької світи сеноману-турону і шипотської світи апт-альбу Говерляньсько-Красношорського субпокриву на місці двох неглибоких кар'єрів солі. В лічених десятках метрів на ці відклади насунуті крейдові відклади Буркутського покриву. Води хлор-кальцієвого складу з мінералізацією 22–25 г/л є і в джерелах №9 (№10, 11 за нумерацією Жиловського М. І.) у верхній течії Білого Черемоша в селищах Перкалаб і Нижня Сарата. Вони локалізовані відповідно у відкладах рахівської світи нижньої крейди та буркутської світи альбу-сеноману. Дані джерела мають зв'язок із зоною насуву Рахівського покриву на Буркутський.

В с. Гребенів біля впадіння потічка Зелем'янка знаходиться високомінералізоване джерело (№3), яке відкрите у 1906 р., згідно з інформацією, поширеною в інтернеті. Воно виходить з відкладів верхнього еоцену-нижнього олігоцену Сколівської скиби. У воді цього джерела хлоридно-кальцієвого-натрієвого складу з мінералізацією 87,1 г/дм<sup>3</sup> зафіксовано великий вміст йоду (3,4 мг/дм<sup>3</sup>) і бром (81,6 мг/дм<sup>3</sup>) та мікроелементів, зокрема літій (15 мг/дм<sup>3</sup>) і стронцію (1310 мг/дм<sup>3</sup>) [9]. Щоправда, в роботі [10] занотовано, що: “бурова свердловина Зелем'янка знаходиться на першій надзаплавній терасі правого схилу р. Опір у місці впадіння р. Зелем'янки, Вг-0,12 г/л, НВО<sub>3</sub>-0,047 г/л. Вода типу законтурних вод нафтових родовищ. Раніше використовувалась для лікувальних ванн на нині зруйнованому курорті ”Зелем'янка”. Згадка про те, що на місці цього джерела знаходилась стара глибока закинута свердловина міститься також в праці [5]. Доводиться визнати, що всупереч поширеній тепер в інтернеті інформації, йдеться про джерело, створене в результаті буріння свердловини. Це підтверджується також відсутністю даних про нього в геологічному Атласі Галіції, який видавався на початку минулого століття, де зібрані всі відомі фактичні дані цієї території. Хімічний склад такий:



Джерелом виводяться хлоридно- натрієві розсоли з мінералізацією близько 90 г/дм<sup>3</sup>. Дебіт його 8,6 м<sup>3</sup>/добу. Крім того, у воді виявлена значна кількість заліза - до 30 мг/дм<sup>3</sup> (дані 2003 року). Розсоли можуть використовуватись для бальнеологічних потреб у вигляді ванн (купелей), як це й було на кліматичному та бальнеологічному курорті Гребенів (Зелем'янка).

В селі Сіль на Закарпатті знаходяться Пудросольські джерела – №1 (рис. 1). Це фактично група джерел, основне з яких лежить на південно-західній околиці села. Вода джерела вуглекисла, хлоридно-натрієва. Загальна мінералізація досягає 16,5 г/дм<sup>3</sup>. В складі містяться мікроелементи марганець, нікель, барій, метаборна кислота. Формула хімічного складу така:



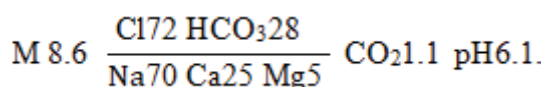
Таблиця 1

## Хімічний склад солоних джерел Флішових Карпат [5, 12]

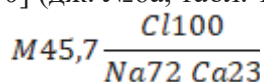
№ на карті	№ автор.	Населений пункт	Один. вимір.	Na+K	Ca	Mg	Cl	SO4	HCO3	BO2, HBO3	Br	Мінер-ція, г/дм <sup>3</sup>	rNa/rCl	rB/rBr
№9	29	с. Голошина дж.	мг/дм <sup>3</sup>	12650	3012,5	395,96	23794,9	44,24	146,44			40,2		
			мг/екв.	480,5	150,3	32,56	671,02	0,92	2,4				0,72	
			%-екв.	35,83	11,22	2,49	50,09	0,07	0,18					
№9	17	с. Голошина, колодязь	мг/дм <sup>3</sup>	33554,0	5800,0	840,0	63844,0	-	202,0			104,2		
			мг/екв.	1444,0	290,0	70,0	1801,0		355				0,8	
			%-екв.	80,2	16,07	3,88	99,34		0,66					
№7	32	ур. Попитник, р. Середня Шопурка	мг/дм <sup>3</sup>	12127,0	11,0	16,1	13829,9	26,7	8540,0			37,5		4,81
			мг/екв.	523,13	0,55	13,1	390,0	0,55	140,0				0,75	
			%-екв.	97,45	0,11	2,44	73,52	0,09	26,39					
№1	7	с. Сіль, південна околиця, р. Уж	мг/дм <sup>3</sup>	4856,4	292,58	51,07	6807,71	7,41	1484,9	50,0	8,0	13,55		6,75
			мг/екв.	202,35	14,6	4,2	192,0	0,15	24,5	4,5			1,05	
			%-екв.	45,75	3,3	0,95	43,41	0,03	5,54	1,02				
№5	10	Стр. Петровець, ліва притока р. Ріки,	мг/дм <sup>3</sup>	5915,52	348,7	34,05	7410,51	8,64	3059,21	80,0		15,85		
			мг/екв.	246,48	17,4	2,8	209,0	0,18	50,3	7,2			1,18	
			%-екв.	46,21	3,26	0,53	39,19	0,03	9,43	1,35				
№2		с. Головське, р. Рибниця	мг/дм <sup>3</sup>	13723	459,22	341,98	22403	6,18	61,0					
			мг/екв.	586,69	22,91	28,17	645,88	0,13	0,01					
			%-екв.	46,06	1,77	2,17	49,85	0,01	0,004					
№3		с. Гребенів, р. Опір	мг/дм <sup>3</sup>	2710	5510	669	5333	3000	207	47	120	88		0,39
			мг/екв.	117,7	27,5	6	150,4	6	0,3				0,78	
			%-екв.	78,1	18,2	3,64	99,8	0,01	0,2					
№4		В. Бистрий, р. Ріка	мг/дм <sup>3</sup>	2142	660	85	3408	9,5	2257	48	1,28	8,6		37,5
			мг/екв.	93,21	32,94	6,99	96,13	0,20	36,99				0,97	
			%-екв.	69,97	24,77	5,26	72,07	0,15	27,78					
№ба		Усть-Чорна, р. Тересва	мг/дм <sup>3</sup>	6393	1534	125	12767	2	61	18	16,8	21,0		1,07
			мг/екв.	278,08	76,55	10,29	360,11	0,20	1				0,77	
			%-екв.	76,20	20,98	2,82	99,67	0,05	0,28					
		Сойми, р. Ріка	мг/дм <sup>3</sup>	1145	687	48,6	1199,7	6,9	3304	80,4	2,8	6,4		28,71
			мг/екв.	49,80	34,28	4,00	33,84	0,14	54,15				1,47	
			%-екв.	56,53	38,91	4,54	38,40	0,16	61,44					
№6	№1	Усть-Чорна, р. Тересва	мг/дм <sup>3</sup>	11990	7540	6,99	27800	16	148,9	146,2	20,3	45,752		7,2
			мг/екв.	521,56	237,3	5,74	784,0	0,34	2,44				0,66	
			%-екв.	66,4	30,02	0,73	99,62	,004	,031					

Одне з джерел, яке розташоване в урочищі «Росіл», віднесене до гідрологічної пам'ятки природи місцевого значення, тому догляньте. Крім цих джерел неподалік від них (західніше) в ході геологічного довивчення була пробурена картувальна свердловина №3. В інтервалах 140-172 та 182-216 м отримано приплив солоної води з мінералізацією 45,8 г/л [11], що аж ніяк не відповідає зоні відкритого водообміну, характерного для таких глибин. Використовуючи ці прояви як пошукові критерії, тут розвідане невелике родовище – Сольське, з запасами 36 м<sup>3</sup>/добу. Ці джерела і свердловина знаходяться в зоні впливу складного тектонічного вузла, на перетині двох скидо-зсувів і двох насувів, які розмежують Полонинський субпокров Дуклянсько-Чорногорського покрову від Березнянського.

Цікаве джерело виходить у правому борту долини р. Ріки на Міжгірщині, яке відноситься до перспективної ділянки для розвідування мінеральних вод – Верхньобистрянський прояв (№4). Воно контролюється протяжним субвертикальним поперечним розривом, який трасується в долині р. Ріки. За фізико-хімічними показниками підземні води вуглекислі, борні, залістисті середньомінералізовані гідрокарбонатно-хлоридні, кальцієво-натрієві, слабкокислі, холодні. Хімічний склад води цього джерела відповідає такій формулі:



Солоні джерела №6 і №6а в селищі Усть-Чорна локалізовані в долині р. Тересви. Мінералізація – від 21 до 45,7 г/дм<sup>3</sup>. Вода містить біологічно активні елементи: йод, бром, стронцій. Формула йонного складу [1, 10] (дж. №6а, табл. 1, дані за [12]):



Джерело знаходиться в зоні впливу насуву Бітлянсько-Свидовецького субпокрову Кросненського покрову на Турківській (крейдові відклади стрийської світи насунуті на головецькі утворення олігоцену). Значно меншу мінералізацію має вода вуглекислого солоного джерела в потоці Петровець (№5, 15,85 г/дм<sup>3</sup>). Вода розкрита в неглибокій свердловині, Виходи приурочені до відкладів красношорської світи верхньої крейди-палеоцену Говерлянсько-Красношорського субпокрову. Свердловина знаходиться в зоні насуву двох передових лусок Дуклянсько-Чорногорського покрову (крейдові відклади південнішої насунуті на одновікові другої). Крім цього в піднасув цих лусок трасується, в місце де пробурена ця свердловина, дуже протяжний (14 км) косий розлом, який розтинає структури сусіднього Бітлянсько-Свидовецького субпокрову.

Води солоних джерел, розглянуті в цьому дослідженні, це води гідродинамічних зон утрудненого і дуже утрудненого водообміну, які проникають у приповерхневі шари внаслідок перетоків по системі тріщин, пов'язаних головне з тектонічними дислокаціями.

На підтвердження ролі тектоніки в цих проявах наведемо деякі гідрогеохімічні дані по ряду досліджених об'єктів. Спершу зауважимо, що прояви більшості цих джерел добре лягають в північний пояс борних вуглекислих вод Закарпаття, виділений в [1, 12]. Він починається від с. Сіль (№1), проходить через населенні пункти Кострина, Голятин, В. Бистрий (№4), Сойми, Кваси, Колочава, Усть-Чорна (№6), Середня Шопурка (№7) та чітко збігається з Ужоцьким глибинним розломом (рис. 1). Як відмічається в [12], помітною гідрохімічною рисою цього поясу є підвищений вміст хлору та висока мінералізація, у порівнянні з іншими смугами.

Для виділення ендегенної складової в глибоких підземних водах (глибинних флюїдах), рекомендують використовувати бор-бромний коефіцієнт, що має свої переваги серед інших генетичних коефіцієнтів, враховуючи особливості геохімії цих елементів [5].

Для застосування бор-бромного коефіцієнта в якості індикатора глибинної складової приймається, що середнє значення його для океанської води рівне 0,15-0,30, а помітне збільшення цього відношення свідчить про проникнення з глибинними флюїдами.

Обчислені значення коефіцієнта В/Вr для досліджуваних водопунктів (де виконувалися відповідні визначення) з різним складом води та структурного положення наведені в табл. 1. За значеннями В/Вr коефіцієнту досліджувані води можна поділити на дві



групи: перша – для цих вод значення коефіцієнта менше 1, друга - з коефіцієнтом 4,8 і більше, до 37,5 (№4, джерело в с. Верхній Бистрий). Для порівняння наведені дані по св. №3-р Сойминського родовища вуглекислих борних вод, глибина якої 60 м, відповідно й коефіцієнт метаморфізації  $r_{Na/rCl}=1,47$ .

Вода з свердловини в Гребеніві має низькі значення бор-бромного коефіцієнта, отже в ній мінералізація зростає відповідно до гідрохімічної зональності, коефіцієнт метаморфізації  $r_{Na/rCl}=0,78$ . Деякі дослідники припускають зв'язок цих вод з соленими породами прогину.

Отже, в водах тектонічно активних областей альпійської складчастості значення відношення  $V/Br$  збільшується до 10–45, що свідчить про проникнення бору з ендегенними водами. Значна (в 30–150 раз) відмінність відношення  $V/Br$  для седиментогенно-інфільтраційних і гідротермальних вод дозволяє впевнено діагностувати присутність ендегенної компоненти в підземних водах.

**Висновки.** Аналіз матеріалів наведених в цій статті, дають підставу для висновку. Практично всі джерела приурочені до різноманітних диз'юнктивів, як таких, що виходять на денну поверхню, так і похованих, найчастіше до перетину поперечними розломами (долини річок) насувів скиб або покривів. Вони сполучують зони сповільненого і вельми сповільненого водообміну з приповерхневою зоною, за участю різноорієнтованих тріщин. За сучасними уявленнями одним із доказів присутності глибинної складової у підземних водах перших від поверхні горизонтів є високе значення  $V/Br$  коефіцієнта, для гірських систем альпійської складчастості в межах 10-45.

#### **Список використаних джерел:**

1. Бабинец А.Е., Марус В. И., Койнов И.М. Минеральные и термальные воды Советских Карпат. Киев, "Наукова думка", 1978. 160 с.
2. Габинет М. П., Кульчицкий Я. О., Матковский О. И., Ясинская А. А. Геология и полезные ископаемые Украинских Карпат. Ч. II– Львов: Вища школа, 1977. – 220 с.
3. Жиловский Н. И. О природе соленых источников юго-восточной части Восточных Карпат. В сб.: Геология, гидрогеология и геохимия нефтегазоносных районов Украины. – Тр. УкрНИГРИ, вып.2, М., 1959, Гостоптехиздат, с. 100-108.
4. Киреева Т.А. К методике оценки эндогенной составляющей глубоких подземных вод // Вестник Москов. Ун-та. Сер.4. Геология. – 2009. – № 1. – С. 54–57.
5. Кузовенко В. В., Жигунова З. Ф., Петров В. Г. Отчет о результатах комплексной геологической съемки масштаба 1:50000, проведенной на площади Ломна Львовской и Закарпатской областей УССР в 1969-1972 г.г. Трест "Львовнефтегазразведка", КГП. – Львов, 1973. – 170 с. Фонди ДП "Західукргеологія".
6. Назаревич Л. Є., Назаревич А. В Сейсмогеодинамічна активізація нафтогазоносних районів Передкарпатського прогину (Долина, Надвірна, Борислав) Мінеральні ресурси України. 2018. № 2, С.36-42.
7. Жиловский Н. И. Геологическое строение и оценка перспектив нефтегазоносности юго-западного склона Украинских Карпат. Диссер. на соиск. уч. ст. канд. геол.-мин. наук. Львов, 1963. 522 с. інв. №2060/1 Фонди УкрДГРІ.
8. Шлапінський В. Деякі питання тектоніки Українських Карпат /В. Шлапінський// Праці НТШ Геологічний збірник. —2012р. т.ХХХ — С.48 – 68.
9. Карпатська нафтогазоносна провінція // Колодій В. В., Бойко Г. Ю., Бойчевська Л. Т., Братусь М. Д. та інші. - Львів-Київ, 2004., 390 с.
10. Овчинников А. М. Овчинникова Л. К. Отчет о работах Карпатской геологической экспедиции, Т. VII. М., 1949. Фонди ДП "Західукргеологія".
11. Зобков А. В., Тарасенко В. И. Отчет о результатах геологического доизучения территории листов М-34-117-Б и М-34-118-А применительно к масштабу 1:50000. Велико-Березнянский район. Т. 1. – Берегово, 1977. – 216 с. Фонди ДП "ЗУГ".
12. Онищенко І. П. Борні мінеральні води / Формування мінеральних вод України : моногр. / Шестоपालов В.М., Негода Г.М., Моїсєєва Н.П., Дружина М.О., Сухоребрій А.О., Онищенко І.П.. Київ: Наук. думка, 2009. 312 с. С. 161-175.

## **МОНІТОРИНГ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПІДЗЕМНИХ ВОД: СУЧАСНИЙ СТАН, ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ**

*Панов Д.Г., [dgp.panov@gmail.com](mailto:dgp.panov@gmail.com),*

*Дочірнє підприємство ПрАТ “НАК “Надра України” “Західукргеологія”, м. Львів, Україна*

Наведено і охарактеризовано роботи з державного моніторингу масивів підземних вод і небезпечних екзогенних процесів, що виконуються за кошти державного бюджету в Львівській, Закарпатській, Івано-Франківській, Тернопільській і Чернівецькій областях. Охарактеризовані основні прояви небезпечних екзогенних процесів та проблеми, які вони викликають. Наведені ключові аргументи щодо необхідності виконання моніторингу підземних вод, який є складовою частиною державного моніторингу довкілля. Виконання моніторингу у відповідності до національних нормативно-правових актів та Водної Рамкової Директиви ЄС. Необхідність залучення інших джерел фінансування, в тому числі екологічних фондів, міжнародної технічної допомоги, грантових проектів тощо.

## **MONITORING OF HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES AND GROUNDWATER: CURRENT SITUATION, CHALLENGES AND OPPORTUNITIES**

*Panov D., [dgp.panov@gmail.com](mailto:dgp.panov@gmail.com),*

*Subsidiary enterprise of PrJSC "NJSC "Nadra Ukrainy" "Zahidukrgeologiya", Lviv, Ukraine*

The paper presents and characterises works related to the state monitoring of groundwater bodies and hazardous exogenous processes in Lviv, Transcarpathian, Ivano-Frankivsk, Ternopil and Chernivtsi regions, which are funded by the state budget. Major manifestations of hazardous exogenous processes and associated problems are outlined. Key arguments regarding the need for groundwater monitoring, which is an integral part of state environmental monitoring, are presented. Also, the implementation of monitoring in accordance with national regulations and the EU Water Framework Directive are considered. The necessity to attract other funding sources, including environmental funds, international technical assistance, grant projects, etc. is highlighted.

Дочірнє підприємство ПрАТ “НАК “Надра України” “Західукргеологія” виконує державний моніторинг підземних вод та небезпечних екзогенних геологічних процесів в 5-ти західних областях України – Львівській, Закарпатській, Івано-Франківській, Тернопільській і Чернівецькій. Це 2 об'єкти (титули) по моніторингу підземних вод і 2 об'єкти по моніторингу поширення та розвитку екзогенних геологічних процесів.

В цій статті мова не про конкретні задачі чи результати цих робіт, а про необхідність їх виконання в принципі.

Чому ці роботи важливі і необхідні?

Для прикладу – Львівська область. Нижче представлені деякі факти, які наводять співробітники Львівського національного університету (доценти Євген Іванов і Володимир Біланюк).

“...Активний розвиток донної і бічної ерозії спостерігають на багатьох карпатських і передкарпатських водотоках, зокрема на річках Стрв'яж, Сушичанка, Вирва, Дністер, Бухта, Ямельничанка, Сторонянка, Кам'янка, Кропив'янка та ін. У районі Сколівського водозабору вздовж лівого берега р. Опір явище бічної ерозії носить постійний характер...”

“...Ділянки розповсюдження карстових і карстопровальних процесів займають значні площі в межах Львівщини. Закономірності розвитку карсту пов'язані з літологічним складом порід, просторовим їх розповсюдженням та потужністю покривних порід, ступенем та умовами водопроникності, умовами та взаємодією поверхневих і підземних вод на карстоутворювальні породи та антропогенним чинником. Карстовий процес має розвиток у межах залягання порід, які здатні до карстування (81,6 % від загальної площі області) різного типу перекриття та літологічного складу (здебільшого карбонатні, а також сульфатні і галогенні). У зонах карстопроявів виявлено мережу тектонічних порушень, яка сприяє карстоутворенню та підвищену тріщинуватість порід...”

За останніми даними ДП “Західукргеологія” 2020-2021 років зафіксовано:

В межах Львівської області обліковано 2025 різнорозмірних карстових форм загальною площею 220,04 км<sup>2</sup>. Загалом кількість карстопроявів у регіоні сягає понад 12 500 одиниць. На сьогодні активними є 25 карстових лійок і провалів. У районах розроблення родовищ різних видів корисних копалин, зокрема самородної сірки, калійних, магнієвих і натрієвих солей, вапняку і гіпсу, мають розвиток 1462 карстопрояви. Найбільше карстових форм виявлено у Дрогобицькому, Миколаївському, Пустомитівському та Яворівському районах. Зокрема, у районах розроблення родовищ самородної сірки відкритим способом почали утворюватися депресійні лійки, радіус яких сягав 18-20 км (Гайдін, 2011). Унаслідок водовідвідних та осушувальних робіт у межах Язівського кар'єру рівень водоносних горизонтів знизився на 86 м (!). Зниження рівня підземних вод призвело до активізації сульфатного карсту. Загалом на основі еколого-геологічних досліджень 1995-2000 рр. виявлено понад 950 поверхневих форм (Рудько, Бондаренко, 2001). Складна, наближена до критичної, екологічна ситуація на Львівщині, яка зумовлена проявом карстопровальних процесів сформувалася над гірничими виробками Стебницького ГХП “Полімінерал”. Серед 25 активних карстових форм розвиток просадочних процесів спостерігають у трьох карстових лійках. Так, у житловому районі м. Стебник зафіксовано розширення зони просідання та збільшення тріщин в окремих будівлях. Існує загроза провалів інженерних споруд(автомобільних доріг і залізниці, опор ЛЕП, водопроводів, будівельних споруд) та подальших проривів пластових вод у гірничі виробки. Великий карстовий провал техногенного походження (діаметром понад 200 м і глибиною 40 м), який утворився 30 вересня 2017 р. і розміщений у 300 м від автодороги Дрогобич–Трускавець, у зоні максимальної просідання земної поверхні, не збільшує розміри. Водночас, 15 березня 2020 р. неподалік утворилося нове карстове провалля діаметром 150 м і глибиною 100 м. На стінках карстових провалів відбуваються зсувні процеси, а їхні центральні частини заповнюються водою. Спостерігають поперечні тріщини на автодорозі Дрогобич–Трускавець. Активізація карстових явищ у цьому районі продовжується. На заплаві р. Вишниця продовжують утворюватися нові карстові провалля діаметром і глибиною у 4 м. Інші карстонебезпечні зони в Львівській області пов'язані з ліквідованими кар'єрами різних видів мінеральної сировини. Вони розміщені у с. Піски Пустомитівського району, на ділянках Яворів–Новояворівськ (особливо на території санаторію “Шкло”) і Миколаїв–Демня. Більшість карстових лійок знаходяться у стадії тимчасової стабілізації, заросла кущами, деревами і травою. Періодично спостерігають їх незначну активізацію. Карстові провали можуть призвести до змін хімічного складу мінеральної води “Нафтуся”.

Значну геоекологічну небезпеку становлять гравітаційні і зсувні процеси. В межах гірських районів нерідко активізуються селеві процеси. Кількість зсувів у регіоні становить 1 347 проявів загальною площею 292,6 км<sup>2</sup>, з них 19 проявів (0,42 км<sup>2</sup>) є активними (Інформаційний..., 2019). Активізація небезпечних зсувних процесів відбувається в межах Бродівського, Жидачівського, Миколаївського, Сколівського, Старосамбірського і Турківського районів. Здебільшого спостерігають невеликі зсувні опливини і тріщини відколу, однак зустрічаються й великі зсувні тіла. Наприклад, на правому березі р. Опір, у районі с. Кам'янка, зафіксовано чотири зсуви текучого типу. Прояв зсувних та ерозійних процесів відмічають на схилах Роздільського та Яворівського сірчаних кар'єрів.

Просідання земної поверхні спостерігають в межах Червоноградського ГПР Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну внаслідок вироблення вугільних пластів на багатьох ділянках. Деформаційні процеси простежуються на площі близько 70 км<sup>2</sup>, а глибина просідань коливається в середньому від 0,6 до 3,0 м і може досягти в кінці видобування кам'яного вугілля 4,2 м. Високі показники від'ємних просадочних процесів збіглися з долиною р. Західний Буг, що призвело до появи нового русла річки, утворення водойми площею понад 10 га та прискорення швидкості течії річки до 1,0-1,2 м/с вище цього місця. Високі значення просідання (понад 2,0-2,5 м) зареєстровано також у межах значних фрагментів гірничих відводів шахт “Відродження”, “Візейська”, “Бендюзька” і “Зарічна” (Іванов, 2007). У багатьох місцях існує загроза техногенного паводку та руйнування будівель і комунікацій.

Затоплення і підтоплення поширене на площі 248,7 км<sup>2</sup>, а ураженість цим процесом становить 1,14 % від загальної площі регіону. Площа природно-техногенного підтоплення складає 56,4 км<sup>2</sup>. Повністю або частково підтоплені 36 населених пунктів загальною площею 26,7 км<sup>2</sup>, з них 12 міст, 4 селища і 20 сіл (Інформаційний..., 2019). Інтенсивне затоплення, підтоплення і вторинне заболочення проявляється в межах Львівсько-Волинського басейну та зумовлене просіданням земної поверхні, рівнинністю поверхні, малою глибиною залягання ґрунтових вод та великою кількістю опадів (650-700 мм/рік). Найбільші водойми, що виникли внаслідок затоплення, мають діаметр до 500-800 м і площу понад 10 га.

Дослідження режиму підземних вод є актуальним для прогнозу активізації небезпечних екзогенних процесів (підтоплення, зсувів, карсту і селів), у розвитку яких діяльність цих вод відіграє важливу роль поряд з метеорологічними умовами.

Щодо необхідності моніторингу підземних вод коротко відзначимо тільки наступні ключові тези.

Імплементация Водної Рамкової Директиви ЄС в Україні передбачає перехід до басейнового принципу і висуває чіткі і обов'язкові вимоги до здійснення моніторингу підземних вод.

Транскордонність. На заході України басейни річок Західного Бугу, Сяну, Дністра, Прута, Тиси є транскордонними. Досвід участі нашого підприємства в 2020-2023 роках в міждержавному проекті EU-Waterges показує, яка велика увага приділяється у відповідних структурах Євросоюзу до моніторингу транскордонних підземних вод.

Вимоги національного законодавства. Державна система моніторингу довкілля включає такі підсистеми:

- а) моніторинг атмосферного повітря;
- б) моніторинг вод;
- в) моніторинг земель і ґрунтів;
- г) моніторинг лісів;
- ґ) моніторинг біологічного та ландшафтного різноманіття;
- д) моніторинг у сфері управління відходами;
- е) моніторинг геологічного середовища;
- є) моніторинг впливу фізичних факторів (температура, шум, вібрація, іонізуюче та неіонізуюче випромінювання).

Порядок здійснення державного моніторингу вод затверджується Постановою Кабінету Міністрів. Суб'єктами державного моніторингу вод є Міндовкілля, Держводагентство, Держгеонадра та ДСНС.

Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України кожен рік видається наказ, в якому зазначається – “Державній службі геології та надр України забезпечувати виконання Програми державного моніторингу вод за умови наявного фінансування проведення відповідних робіт”. До наказу додається Програма державного моніторингу підземних вод, в якій детально перелічується кожен спостережний пункт, всі показники, періодичність спостережень, виконавці спостережень.

Плани управління річковими басейнами. Плани управління річковими басейнами є документом державного планування загальнодержавного рівня, яким визначаються основні екологічні цілі для поверхневих, підземних вод та комплекс заходів для їх досягнення. Вони розробляються Держводагентством разом з Держгеонадра, центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування і теж містять конкретні плани і заходи, а саме -

- Проведення діагностичного моніторингу, обстеження із відбором проб.
- Проведення операційного моніторингу, обстеження із відбором проб в свердловинах, в яких попередньо виявлено перевищення ГДК.
- Формування та організація спостережної мережі відповідно до вимог ВРД.
- Буріння спостережних свердловин у випадку відсутності на певній площі масиву свердловин, які можна залучити у моніторингову мережу.



- Облаштування спостережних свердловин електронними рівнемірами безперервного заміру рівнів підземних вод на основі датчиків DCX-22 автоматичного вимірювання.

- Проведення пошуку та ревізії безгосподарних свердловин з подальшою ліквідацією чи консервацією.

- Створення інтерактивної карти з пунктами моніторингу підземних вод, рівнями, результатами хімічного стану.

- Дослідження динаміки підземних вод та інтенсивності експлуатації в місцях утворення депресійних ліжок на великих водозаборах центрального водопостачання. Зменшення депресійних ліжок шляхом регулювання експлуатації свердловин.

Джерело фінансування цих заходів зазначене як державний бюджет. Виконавці цих заходів – підприємства, що підпорядковані Держгеонадра.

Про забруднення підземних водоносних горизонтів, проблеми підтоплення територій пишуться обласні регіональні програми, стратегії розвитку, програми охорони навколишнього природного середовища та інші документи. Зокрема в Стратегії розвитку Львівської області на період до 2027 року йдеться також про необхідність модернізації пунктів моніторингу підземних вод.

І ще один важливий аргумент. Частка підземних вод, які використовуються для господарсько-питних потреб населенням України становить 39 %, для західних областей – Львівської, Закарпатської, Івано-Франківської, Тернопільської і Чернівецької – цей показник 75 %, а для Львівської області – 97 %. Це дані з "Національної доповіді про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2022 р.", яка підготовлена Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури України.

Державний моніторинг підземних вод та небезпечних екзогенних процесів виконується у відповідності до Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України, де зазначено -

- Пунктів спостереження (моніторинг підземних вод) до 2021 року має бути – 3 тисячі. А щорічник “Стан підземних вод в Україні” пише – на 2021 рік мережа складається з 846 пунктів, а спостереження велись – по 134 за рівнем підземних вод і по 40 за хімічним складом.

- Ділянок спостереження за станом екзогенних процесів до 2021 року мало бути 650. А відповідний “Щорічник...” пише – станом на 2020 рік – 44 ділянки.

Ось що зазначено в Планах управління річковими басейнами щодо підземних вод -

“...З початку російської воєнної агресії 2022 р. моніторинг був припинений остаточно, оскільки було призупинене виконання державної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030, в рамках якої відбувалося проведення і фінансування моніторингу. Спостережна мережа моніторингу підземних вод наразі перебуває в зруйнованому стані. Спостереження, що велися у 2018-2020 роках, ні за кількісними, ані за якісними показниками не відповідали вимогам чинного Порядку здійснення державного моніторингу вод.”.

Суб'єктами державного моніторингу вод є Міндовкілля, Держводагентство, Держгеонадра та ДСНС. Всі суб'єкти державного моніторингу вод, крім Держгеонадра, мали державне фінансування в 2023, 2024, і планується в 2025 роках, на моніторинг поверхневих вод та іншу природоохоронну діяльність. Але з 2022 року фінансування моніторингу підземних вод і небезпечних геологічних процесів не здійснюється. Програма “Розвиток мінерально-сировинної бази...” відсутня в державному бюджету і в 2025 році також.

Вважаємо, що необхідно відновити державне фінансування і виконання моніторингу підземних вод, а також розширити можливості його фінансування з інших джерел, таких як регіональні і обласні фонди, програми, міжнародна технічна допомога, грантові проекти та інше.

#### **Список використаних джерел:**

1. Загальнодержавна програма розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року. Закон України 21 квітня 2011 року № 3268-VI. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 44, ст.457.
2. Іванов Є., Біланюк В. Розвиток і поширення небезпечних екзогенних процесів у Львівській області. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування : матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції 1–5 листопада 2021 р., м. Львів.
3. Моніторинг довкілля. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. Київ, 2023 р.
4. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Київ, 2022 р.
5. Порядок здійснення державного моніторингу вод. Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758.
6. Стан підземних вод України. Київ, 2019 р.
7. Щорічна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2023 році. Львів, 2024 р.

## АДАПТАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ПІДЗЕМНИХ ВОД ДО ВИМОГ ВОДНОЇ РАМКОВОЇ ДИРЕКТИВИ (ВРД)

*Павлюк Н.М., natalka1916@gmail.com,  
Львівська ГРЕ Дочірнього підприємства ПрАТ “НАК “Надра України”  
“Західукргеологія”, м. Львів, Україна*

Підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, що відбулося 2014 р., зобов'язує Україну запроваджувати європейські стандарти у сфері управління водними ресурсами, їх охорону та боротьбу із забрудненням.

Водна рамкова директива встановлює основні положення для досягнення доброї якості води у водних об'єктах країн ЄС. Стратегічною екологічною ціллю для всіх районів річкових басейнів є досягнення/підтримання «доброго» хімічного та кількісного станів масивів підземних вод.

Моніторинг – це інструмент, за допомогою якого можна досягнути цих цілей. До об'єктів державного моніторингу вод віднесено масиви поверхневих та підземних вод.

З метою адаптації національного моніторингу підземних вод до вимог Водної рамкової директиви прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом», постанову Кабінету Міністрів України «Порядок здійснення державного моніторингу вод». Обов'язки та відповідальність за проведення моніторингу покладена на відповідні державні органи.

Адаптація національного моніторингу підземних вод до вимог ВРД є важливим кроком для забезпечення ефективного управління водними ресурсами.

## NATIONAL GROUNDWATER MONITORING ADJUSTMENT TO THE REQUIREMENTS OF THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE

*Pavliuk N., natalka1916@gmail.com,  
Lviv GE, Subsidiary enterprise of PrJSC “NJSC “Nadra Ukrainy”  
“Zahidukrgeologiya”, Lviv, Ukraine*

Signing of the Association Agreement between Ukraine and the European Union in 2014 binds Ukraine to implement European standards in water management, protection and pollution control. The Water Framework Directive defines fundamental provisions for achieving good water quality in EU water bodies. The strategic environmental objective for all river basin areas is to achieve/maintain ‘good’ chemical and quantitative status of groundwater bodies. Monitoring is a tool that can be used to achieve these goals. Sites subject to state water monitoring include surface and groundwater bodies. In order to adjust national groundwater monitoring to the requirements of the Water Framework Directive, the Law of Ukraine ‘On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on the Implementation of Integrated Approaches to Water Resources Management Based on the Basin Principle’ and the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine ‘Procedure for State Water Monitoring’ were adopted. Duties and responsibilities for monitoring are assigned to the relevant state bodies. National groundwater monitoring adjustment to the WFD requirements constitutes a crucial step to ensure effective water resources management.

Підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом в 2014 р. зобов'язує Україну запроваджувати європейські стандарти у сфері управління водними ресурсами, їх охорону та боротьбу із забрудненням.

З метою досягнення комплексного та екологічно безпечного підходу до управління водними ресурсами країни-члени Європейського Союзу, країни Європейської економічної зони та Європейської асоціації вільної торгівлі включили до свого національного законодавства рамки «Дій Співтовариства у сфері водної політики». Ця структура, започаткована Європейським парламентом у 2000 р., називається Водною рамковою директивою (ВРД). ВРД стосується всіх вод, які повинні бути досліджені відповідно до їх біологічних, хімічних, гідроморфологічних характеристик. На сьогодні це найбільш амбітний та всеохоплюючий документ щодо навколишнього середовища.

ВРД спрямована на отримання гармонізованого цілісного загальноєвропейського управління водними ресурсами на основі інтегрованої моделі управління річковим басейном та встановлює основні положення для досягнення доброї якості води у водних об'єктах країн ЄС. Стратегічною екологічною ціллю для всіх районів річкових басейнів є досягнення/підтримання «доброго» хімічного та кількісного станів масивів поверхневих та

підземних вод. Моніторинг – це саме цей інструмент, за допомогою якого можна досягнути цих цілей.

На виконання вимог Водної директиви та зобов'язань України за Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом 4 жовтня 2016 р. прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом», яким внесено ряд суттєвих змін до Водного Кодексу України.

Базовим документом стала постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 «Порядок здійснення державного моніторингу вод», яка набрала чинності з 1 січня 2019 р. Даний документ відповідає директивам ЄС і допомагає отримати більше інформації про стан вод в Україні.

Відповідно до цього документа, суб'єктами державного моніторингу вод є:

- Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України в частині моніторингу морських вод;
- Державне водне агентство та Державна служба України з надзвичайних ситуацій в частині моніторингу поверхневих вод;
- Державна служба геології та надр України у частині державного моніторингу масивів підземних вод.

Загальну координацію та організацію моніторингу доручено Міндовкілля.

Цілісне управління водними ресурсами ґрунтується на комплексній моделі управління річковими басейнами. Плани управління річковими басейнами вже розроблені та затверджені. В Україні виділено 9 районів річкових басейнів: річок Дніпра, Дністра, Дунаю, Південного Бугу, Дону, Вісли; басейни річок Криму; Причорномор'я; Приазов'я. У межах 4 басейнових районів України (Дніпро, Дунай, Дон, Вісла) було виділено 13 суббасейнів.

Об'єктами державного моніторингу вод, згідно ВРД, є «масиви поверхневих та підземних вод, в тому числі зони (території), які підлягають охороні».

Масиви підземних вод (МПВ), визначені згідно затвердженої в Україні Методики (складеної на основі керівництва ВРД), є підземними водними об'єктами або їх частинами, для яких встановлюються екологічні цілі та які використовуються для оцінки досягнення цих екологічних цілей. Масиви підземних вод виділялись окремо для кожного річкового басейну.

Основними критеріями для визначення меж МПВ є геологічні і стратиграфічні межі водоносних горизонтів, лінії потоку або лінії вододілів підземних вод (для четвертинних водоносних горизонтів), дані буріння і результати гідрогеологічних досліджень по них. Важливим чинником є продуктивність водоносних горизонтів (наявність водозаборів підземних вод з продуктивністю понад 10 м<sup>3</sup>/добу та окремо пробурені розвідувальні свердловини з аналогічними дебітами). Окрім того, враховувалося техногенне навантаження та наявні дані щодо кількісного і якісного стану підземних вод.

Для безнапірних і напірних водоносних горизонтів масиви підземних вод виділялись окремо.

Насамперед було відокремлено наймолодші водоносні горизонти, які апроксимуються з межами перших від поверхні водоносних горизонтів, згодом здійснювалось визначення масивів підземних вод для глибших водоносних горизонтів, які виходять за межі басейнів поверхневих вод і використовуються для централізованого водопостачання. При цьому оцінювався гідравлічний зв'язок між водоносними горизонтами.

У випадках тісного гідравлічного зв'язку (хімічний склад води формується завдяки перетіканню підземних вод із одного водоносного горизонту до іншого) різновікові водоносні горизонти були об'єднані у групу масивів підземних вод, що охоплюють водовмісне середовище у вертикальному розрізі.

Опис масивів підземних вод здійснювався з метою визначення територій з однаковими умовами, аналізу антропогенного впливу та виявлення ділянок, в межах яких стан підземних вод перебуває під ризиком недосягнення екологічних цілей.



Моніторинг підземних вод повинен забезпечувати необхідну інформацію для досягнення екологічних цілей, закріплених статтею 4 ВРД, зокрема оцінки кількісного та хімічного станів та визначення довгострокових тенденцій у стані МПВ.

Для вдосконалення спостережень за МПВ повинна бути переглянута та оновлена моніторингова мережа, засоби та прилади для вимірювання.

Вимірювання статичного рівня та глибини свердловини зазвичай відбувається за допомогою ручного електрорівнеміра. Згідно затвердженої методики, заміри рівнів проводяться тричі на місяць. Недоліком такої методики є те, що у період між замірами (10 діб) відсутні дані щодо змін рівнів, максимальних чи мінімальних значень, короткотермінової циклічності. Також на результат впливає людський фактор і додаткові маніпуляції із внесенням замірів у електронні бази даних.

В рамках проекту «EU-Waterres» для організації моніторингу підземних вод на транскордонних ділянках Західного регіону України ДП «Західукргеологія» отримала 11 сучасних комплектів датчиків рівня підземних вод «Autonomous Data Collector DCX-22 (SG/VG)» (рис. 1). Прилади використовують цифрові технології з можливістю програмування, цифрової обробки отриманих даних і, головне, безперервності запису даних, що суттєво покращує якість отриманих результатів та виводить можливості аналізу та прогнозу на безперечно вищий рівень.



Рис. 1. Електронний рівнемір DCX-22

Вбудовані у програму модулі, такі як «Universal Text Converter», «Water Level Converter», «Data Graph Viewer» та інші, дають можливість оперативно зчитати інформацію, конвертувати її у файли з необхідним розширенням, наглядно вивести на поточні чи підсумовуючі графіки (рис. 2).



Рис. 2. Графік рівня підземних вод свердловини, облаштованої DCX-22

Підземний водний масив має добрий кількісний стан, якщо:

- довгостроковий середньорічний забір не перевищує доступного ресурсу підземних вод;
- рівень води та потік масиву підземних вод є достатнім для досягнення екологічних цілей для поверхневих вод і наземних екосистем;
- антропогенні зміни напряму потоку не призводять до засолення або інших вторгнень.

Методика проведення хімічного моніторингу потребує детального вивчення, а також впровадження на практиці. ВДР вимагає, щоб параметри: рН, вміст кисню, електропровідність, нітрати, амоній були включені до всіх програм наглядного моніторингу. Також при скринінгу передбачено опробування на пестициди, фармакологічні препарати, специфічні синтетичні та несинтетичні сполуки.

Міжнародна організація зі стандартизації розробила стандарт програми та методів відбору проб (ISO-5667), який передбачає і польові протоколи виконання аналізів, і лабораторні. ВРД передбачає та вимагає акредитації за міжнародними стандартами лабораторій, що виконують дані випробування. В Україні за сприяння ЄС облаштовано 4 відповідних лабораторії. Визначення параметрів: рН, вмісту кисню, електропровідність в польових умовах передбачає забезпечення відповідним обладнанням.

Оцінка ризиків недосягнення екологічних цілей наводиться у вигляді порівняння наявного стану підземних вод з екологічними нормативами якості або гранично допустимими концентраціями (ISO).

Особливу увагу потрібно приділити МПВ в межах транскордонних водоносних горизонтів. Єдиний підхід до моніторингу та управління водними ресурсами в транскордонних регіонах потребує розуміння спільної термінології, узгодження методології для аналізу тенденцій та оцінки порогових значень. Це можливо досягти шляхом налагодження транскордонного діалогу.

Отже, для адаптації національного моніторингу підземних вод до вимог ВРД важливо виділити наступні ключові аспекти.

- Визначення цілей моніторингу. Необхідно чітко визначити цілі моніторингу підземних вод, відповідно до вимог ВРД, включаючи якість води, обсяги запасів та екологічний стан водоносних горизонтів.
- Стандартизація методів. Впровадження єдиних методів збору, обробки та аналізу даних, що відповідають європейським стандартам, для забезпечення порівнянності цих даних на національному та європейському рівнях.
- Систематичний підхід до збору даних. Розробка інтегрованих систем моніторингу, які охоплюють різні географічні райони і типи підземних вод, дозволяючи виявляти зміни та тенденції.
- Оцінка ризиків. Впровадження механізмів для оцінки ризиків забруднення та виснаження підземних вод, що є важливим для своєчасного реагування на потенційні загрози.
- Залучення громадськості та партнерів, транскордонна співпраця. Активна участь зацікавлених сторін, включаючи місцеві громади, підприємства та наукові установи, для підвищення обізнаності та спільної відповідальності за збереження підземних вод. Співпраця з іншими країнами для обміну інформацією та кращими практиками в галузі моніторингу підземних вод.
- Пошук фінансування. Залучення державних та міжнародних фондів для підтримки програм моніторингу та охорони підземних вод. Ефективне управління ресурсами для забезпечення належної роботи моніторингових систем.

#### **Список використаних джерел:**

1. Водна Рамкова Директива. Спільна стратегія впровадження Водної Рамкової Директиви (200/60/ЄС). Керівництво № 2.
2. Водна Рамкова Директива. Спільна стратегія впровадження Водної Рамкової Директиви (200/60/ЄС). Керівництво № 15.

## ЕКОЛОГІЧНА КАТАСТРОФА НА РІЧКАХ СЕЙМ І ДЕСНА: ЧОГО НАС УЧАТЬ УРОКИ ВІЙНИ

*Люта Н.Г., к. геол.-мін. н., nlyuta@ukr.net;*

*Саніна І.В., ekogeol@ukr.net;*

*Руденко Ю.Ф., к. геол.-мін. н., с. н. с., rud@hydrosafe.kiev.ua,*

*Державна установа «Науково-інженерний центр радіогідроекологічних полігонних досліджень  
НАН України», м. Київ, Україна*

У середині серпня сталася екологічна катастрофа на р.Сейм, спричинена викидами забруднювальних речовин на території країни-агресорки. Вона призвела до масштабного забруднення річки, масової загибелі риби та інших гідробіонтів. Поки фахівці з водно-екологічних питань сперечалися з приводу причин катастрофи і складу забруднювальних речовин, забруднення, хоч і в розбавленому стані, просувалося вниз за течією. Наразі зрозуміло одне - незахищені від забруднення поверхневі води в умовах війни стають однією з найбільших загроз для здоров'я і життя людей. Нищення й отруєння джерел водопостачання за своїми негативними наслідками може значно перевершити руйнування інших об'єктів інфраструктури. Нині ж чотиримільйонна столиця України використовує деснянську воду для господарсько-питних потреб. Її частка у водопостачанні киян становить 66%, дніпровської води – 25%, і лише 8% складає артезіанська вода. Запевнення очільників водоканалів у контролі якості води не завжди звучать переконливо, зважаючи на нерідко невідоме походження забруднення і обмежені можливості українських лабораторій. У ситуації, що склалася, коли ми маємо справу з ворожою сусідньою державою, територією якої протікають річки, вода яких широко застосовується для водопостачання населення, єдиним надійним шляхом, що забезпечить збереження здоров'я і життя людей, є масове і термінове переведення на захищені підземні джерела водопостачання, тим паче, що у більшості міст, зокрема й Києві, є такі можливості.

## THE ENVIRONMENTAL DISASTER ON THE SEJM AND DESNA RIVERS: WHAT THE LESSONS OF WAR TEACH US

*Lyuta N., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), nlyuta@ukr.net;*

*Sanina I., ekogeol@ukr.net;*

*Rudenko Ju., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Researcher, rud@hydrosafe.kiev.ua,*

*State Institution "Radioenvironmental Centre of National Academy  
of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine*

In mid-August, an ecological disaster occurred on the Seim River, caused by the release of pollutants on the territory of the aggressor country. It led to large-scale pollution of the river, mass death of fish and other hydrobionts. While water-environmental experts were arguing about the causes of the disaster and the composition of pollutants, the pollution, although in a diluted state, was moving downstream. Now one thing is clear - under war unprotected from pollution surface waters conditions become one of the biggest threats to human health and life. Destruction and poisoning of water supply sources by their negative consequences can far surpass the destruction of other infrastructure. Now the capital of Ukraine, which has four million inhabitants, uses Desna water for household and drinking needs. Its share in water supply of Kyiv citizens is 66%, Dnipro water—25%, and only 8% is artesian water. The assurances of water supply company managers in water quality control do not always sound convincing, given the often unknown origin of contamination and limited capabilities of Ukrainian laboratories. In the current situation, when we are dealing with a hostile neighboring state, through the territory of which flow rivers, whose water is widely used for water supply to the population, the only reliable way to ensure the preservation of human health and life is a mass and urgent transfer to protected underground sources of water supply, especially since most cities, in particular Kyiv, have such opportunities.

Розв'язавши війну в Україні, РФ є відповідальною за численні злочини проти людства і природи. Класичним проявом екоциду є підриг дамби Каховської ГЕС, результатом якої, серед багатьох інших наслідків, стали суттєве забруднення поверхневих і ґрунтових вод, зміна гідрогеодинамічної та гідрогеохімічної обстановки та проблеми водопостачання населення прилеглих до водосховища регіонів.

З початку війни ми неодноразово спостерігали синергічний вплив наслідків російської агресії та нашого багаторічного недолугого господарювання, коли відсутність розуміння важливості забезпечення населення екологічно чистою, захищеною від забруднення підземною водою, у т.ч. в результаті воєнних дій і терористичних актів, призводила до вкрай негативних наслідків, аж до загрози життю та здоров'ю населення. Варто згадати ситуацію,

що виникла у південних областях, коли бомбардуванням були зруйновані водогони, які постачали воду з поверхневих джерел, і мешканці окупованого нині Маріуполя, а також Миколаєва та інших міст були позбавлені можливості задовольняти свої потреби у питній воді та змушені були набирати з лиманів і тимчасових водотоків непридатну для пиття воду, збирати дощову воду та стояти в довжелезних чергах за привозною водою.

Екологічна катастрофа на р.Сейм на Сумщині виникла 14 серпня 2024 року, тоді надійшли перші повідомлення про масову загибель риби та інших водних тварин. Тоді ж було зафіксовано зміни органолептичних показників річкової води (чорний колір, висока каламутність, масляниста плівка на поверхні води, неприємний запах гнилі та аміаку). Аналізи, виконані в кількох лабораторіях, підтвердили забруднення води амонієм, який є показником свіжого органічного забруднення, та підвищений порівняно з ГДК вміст завислих речовин. Вміст розчиненого у воді кисню різко знизився і становив лише 1,0 порівняно з нормативом 4,0 мг/дм<sup>3</sup>. Лише через місяць після початку катастрофи було конкретизовано джерело забруднення - відстійники цукрового заводу в російському місті Тьоткіно, хоча з урахуванням сучасних аерофотознімків, очевидно, це можна було встановити значно раніше і, з урахуванням цього, визначитися з переліком контрольованих речовин. Стосовно причини потрапляння забруднень до річки висловлюються різні припущення - цілеспрямовані дії країни-агресорки зі скидання неочищених стічних вод, руйнування очисних споруд прикордонної зони, що опинилися в зоні бойових дій, або безгосподарність.

У кінці серпня забруднення, менш інтенсивне після розбавлення, досягло Десни, притокою якої є Сейм. У Чернігові та області заборонили купання в Десні, риболовлю та використання деснянської води для господарських потреб. Для подолання наслідків катастрофи було вжито заходів з аерування води та збору загиблої риби.

Стосовно численних запевнень представників Мінприроди у відсутності небезпеки щодо водопостачання населення Сумщини та Чернігівщини за рахунок підземних вод, слід зауважити наступне. Справді, централізоване водопостачання у містах і селищах Чернігівщини та Сумщини здійснюється за рахунок підземних вод. Однак у селах, розташованих у долині Сейму та Десни, ситуація є дещо іншою - очевидно, тут основним джерелом водопостачання є ґрунтові води, тісно пов'язані з річковими. Щодо запевнень у регулярних перевірках якості води поверхневої і криничної, виникало запитання — які саме показники перевірялися, враховуючи, що тривалий час достеменно не було відомо, що потрапило у воду, та й скепсису додавало те, що можливості українських лабораторій з визначення великої кількості речовин є обмеженими.

Відтак, чи не щодня з першої декади вересня в різних засобах масової інформації з'являлися повідомлення, що забруднення з деснянською водою з дня на день досягне Києва. Для Києва забруднення Десни є критичним, адже частка деснянської води у водопостачанні киян становить 66%, дніпровської — 25%, і лише 8% складає артезіанська вода. Очільники міста намагалися заспокоїти киян, представники Київводоканалу запевняли, що готові до ретельного очищення деснянської води, водночас столичні медичні установи отримували письмові рекомендації запастися питною водою на 5 днів.

У цій невизначеній ситуації зрозумілим є одне - незахищені від забруднення поверхневі води в умовах війни стають однією з найбільших загроз для здоров'я і життя людей.

Перш за все, ситуація з водопостачанням населення Сумщини та Чернігівщини потребує уточнення. Як зазначалося вище, централізоване водопостачання населення цих областей здійснюється за рахунок підземних вод. Однак при цьому 28,3% сільського населення Сумщини і лише 12% сільського населення Чернігівщини охоплено послугами централізованого водопостачання, і очевидно, задовольняють свої потреби у воді за рахунок уразливих до забруднення ґрунтових вод [1].

На території Сумщини та Чернігівщини, у басейні Сейму та Десни глибина залягання ґрунтових вод змінюється від 1-5 до 10-15 метрів, а зона аерації складена піщаними породами. Переважаючий час проникнення забруднювальних речовин у підземні води



змінюється від 0-50 діб у долинах річок до 50-250 діб на вододілах, тому безнапірні водоносні горизонти (грунтові води) є незахищеними від забруднення з поверхні. На відміну від безнапірних напірні підземні води в покрівлі мають природні протектори - водотривкі товщі, що перешкоджають попаданню забруднення з поверхні.

Безпосередньо у долині річок Сейм та Десна розташована низка родовищ питних підземних вод, які експлуатують водоносні горизонти у четвертинних, еоценових, верхньокрейдових, альб-сеноманських та середньоюрських відкладах.

У долині річки Сейм в межах Сумської області для потреб Білопільської територіальної громади було розвідане родовище у напірному верхньокрейдовому водоносному горизонті, яке наразі не експлуатується. Підземні води розкриті на глибині від 13-32 до 70-100 метрів і захищені за природними гідродинамічними умовами: рівні підземних вод встановлюються на глибині від +0,4-+0,2 до 1,5-14,87 м. Для Конотопської громади видобуваються підземні води із захищених водоносних горизонтів у відкладах еоцену з глибини 48-115 м та альб-сеноману з глибини 468-645 м.

У Чернігівській області на 10 ділянках родовищ підземних вод, розташованих у долині Десни, у м. Чернігів, видобуваються підземні води з піщаних відкладів еоцену в інтервалі глибин від 61-76 до 95-270 м та альб-сеноману в інтервалі від 445-494 до 549-720 м. Ці напірні підземні води є надійно захищеними від забруднення. Крім згаданих, експлуатується одна Гончарівська ділянка, приурочена до піщаних алювіальних, водно-льодовикових нижньо-середньонеоплейстоценових відкладів. Води видобуваються із глибини 45-72 м. Цей водоносний горизонт також напірний, в процесі експлуатації рівні встановлюються на глибині 16,4-24,6 м.

У нижній течії Десни (мм. Остер, Десна, Деснянська територіальна громада) розташовані Деснянське родовище підземних вод, приурочене до відкладів еоцену (інтервал 64-100 м), а також Київське родовище, пов'язане із верхньою юрою і альб-сеноманом (глибина 155-240) м і середньою юрою (глибина 375-412 м), яке зараз не експлуатується. Певні побоювання щодо можливого потрапляння забруднених поверхневих вод у підземні викликає Деснянське родовище, на якому окрім еоценового водоносного горизонту водокористувачем (Остерська квартирно-експлуатаційна частина району) розробляються також підземні води у відкладах верхнього неоплейстоцену. Останні розкриті у інтервалі від 14,0-15,47 до 40-45 м. Рівень підземних вод на ділянці, що експлуатується, встановився на глибині 8,5-14,3 м. Але для попередження потрапляння забруднення на час його проходження у поверхневих водах можна рекомендувати тимчасово призупинити видобуток води з горизонту в четвертинних відкладах і здійснювати подачу води населенню з водоносного горизонту в еоценових відкладах, експлуатаційні запаси якого складають 4,080 тис. м<sup>3</sup>/д, а видобуток становить 1,605 тис. м<sup>3</sup>/д, тобто лише 39,34 % від загальної кількості.

Окремим вкрай складним і болючим питанням є господарсько-питне водопостачання столиці. За даними ДНВП «Геоінформ України», станом на 01.01.2021 р. на території м. Києва розвідано та взято на облік запаси підземних питних і технічних вод по 36 ділянках у кількості 695,399 тис. м<sup>3</sup>/д. У 2020 році розроблялись 25 ділянок, видобуток з яких склав 74,684 тис. м<sup>3</sup>/д, у т.ч.: 65,610 тис. м<sup>3</sup>/д було використано на господарсько-питне водопостачання [2]. Отже, освоєно було лише менше 11% запасів, що свідчить про можливість значного нарощування видобутку і забезпечення більшості мешканців столиці екологічно чистою артезіанською водою.

У звіті Київводоканалу зазначається: «Якість поверхневих вод значно коливається впродовж року. Спостерігається погіршення якості дніпровської та деснянської води за мікробіологічними та фізико-хімічними показниками у весняно-літній період. На відміну від поверхневих джерел підземні води більш захищені від антропогенного забруднення. Водопостачання з артезіанських свердловин є альтернативним при критичному забрудненні поверхневих джерел централізованого водопостачання як природного характеру, так і через техногенну діяльність людини» [3]. Очевидно, нинішня ситуація не розглядається як критична, і невідомо, що повинно статися, щоб змусити власників Київводоканалу почати

переведення киян на підземні води. Поки що частка підземних вод у водопостачанні невинно зменшується і досягла 8%, хоча ще кілька десятиліть тому, коли підприємство перебувало у державній власності, становила 30-40%. Склалася парадоксальна ситуація - у Київській області частка підземних вод у централізованому водопостачанні становить 70 %, а у столиці з максимальною в країні концентрацією населення - майже вдесятеро менше! [4].

Незалежно від того, чи оміне на цей раз киян забруднення Сейму та Десни, питання залишається відкритим: існуюча система водопостачання не забезпечує належної безпеки здоров'я і життя людей. Немає гарантії, що щось подібне або ще гірше не станеться у майбутньому, особливо беручи до уваги війну та повну відсутність у нашого ворога будь-яких моральних переконань, а нищення й отруєння джерел водопостачання за своїми негативними наслідками може суттєво перевершити руйнування інших об'єктів інфраструктури.

У ситуації, що склалася, єдино можливим адекватним реагуванням на неї є максимально можливе і термінове переведення населення на водопостачання за рахунок підземних вод.

#### **Список використаних джерел:**

1. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2022 році. Київ. 397 с.

2. Державний баланс запасів корисних копалин України на 1.01.2021. Підземні питні і технічні води. Вип.19. Кн.27. м. Київ. 2021. 38 с.

3. Звіт Київводоканалу за 2023 рік. Режим доступу: <https://www.vodokanal.kiev.ua/zv%D1%96t-pro-upravl%D1%96nnya-prat-%C2%ABak-%C2%ABki%D1%97vvodokanal%C2%BB-za-2023-r%D1%96k>

4. Шестопапов В. М., Люта Н. Г. (2024). Щодо оптимального співвідношення поверхневих і підземних вод у водопостачанні населення в Україні. *Мінеральні ресурси України*, (1), 41-49. <https://doi.org/10.31996/mru.2024.1.41-49>

## ТЕРМАЛЬНІ ВОДИ В РАЙОНІ М. ЛЬВОВА ТА ЙОГО ОКОЛИЦЬ - ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНА ТА ГЕОДИНАМІЧНА ОБУМОВЛЕНІСТЬ

*Лосів В.М., vmlosiv@gmail.com,*

*Яремович М.В., geoltechnologies@gmail.com,*

*ТОВ «НВП «ГЕОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ», м. Львів, Україна*

В межах м. Львова та його околиць на ділянках «Брюховичі» і «Львівська» виявлені поклади високомінералізованих термальних вод, які за хімічними температурними характеристиками придатні для використання в оздоровчій діяльності. Дебіти цих вод достатні для експлуатації. За результатами аналізу геологічної будови району розташування обох ділянок визначена геолого-структурна та геодинамічна обумовленість, розкритих свердловинами покладів, що дає можливість прогнозування нових перспективних ділянок.

## GEOLOGICAL-STRUCTURAL AND GEODYNAMIC CONDITIONS THERMAL WATERS IN THE REGION OF M. LVIV AND ITS SURROUNDINGS

*Losiv V., vmlosiv@gmail.com,*

*Yaremovich M., geoltechnologies@gmail.com,*

*LLC «SPTЕ «GEOLOGICAL TECHNOLOGIES», Lviv, Ukraine*

Within the city of Lviv and its surroundings, deposits of highly mineralized thermal waters were discovered in the areas of "Bryukhovychi" and "Lvivska", which according to their chemical temperature characteristics are suitable for use in health activities. The flow rates of these waters are sufficient for exploitation. According to the results of the analysis of the geological structure of the area where both sites are located, the geological-structural and geodynamic conditioning of the deposits discovered by the wells was determined, which is important for forecasting new promising sites.

**Вступ.** За результатами бурових пошукових та геолого-розвідувальних робіт, виконаних ДП «ГГП «Укргеокаптажмінвод» в 1986-1992 рр. у м. Львові та на його західній околиці, у свердловинах № 1-Бр, № 2-Бр, № 3-Бр у р-ні смт. Брюховичі (ділянка «Брюховичі»), та у свердловині № 1-Лв у р-ні басейну «Динамо» в м. Львові (ділянка «Львівська»), на глибинах від 880 до 1450 м виявлені високомінералізовані термальні та субтермальні (далі термальні) підземні води [10]. Їх значні дебіти – від 230,4 до 311,5 м<sup>3</sup>, зафіксовані при відкачках, вказують на доцільність експлуатації виявлених покладів для санаторно-оздоровчої діяльності.

**Мета досліджень** – визначення геолого-структурної та геодинамічної обумовленості, розкритих свердловинами покладів високомінералізованих термальних вод, для більш цілеспрямованого виконання подальших пошуково-розвідувальних робіт на обох ділянках, та для прогнозування наявності нових, схожих за умовами, перспективних ділянок.

**Завдання досліджень** – надати обґрунтовані пояснення розташування виявлених покладів підземних вод на значних глибинах, саме в цих місцях, та їх термальності за результатами комплексного аналізу наявної геологічної інформації та топографічних карт.

### **Загальна інформація.**

**Ділянка «Брюховичі.** У 1986-1987 рр. пробурена пошукова гідрогеологічна свердловина № 1-Бр (1505 м), а у 1987 р., на тому ж майданчику, розвідувально-експлуатаційна свердловина № 2-Бр (1400 м). У 1991-1992 рр. у 660 м на північний захід від свердловини № 2-Бр пробурена розвідувально-експлуатаційна свердловина № 3-Бр (1450 м).

В подальшому свердловина № 1-Бр була ліквідована, а свердловина № 2-Бр передана замовнику. У 1988 р. вода з неї успішно використовувалась в санаторії профспілок України «Львів». В даний час свердловина законсервована. Розвідувально-експлуатаційна свердловина № 3-Бр в експлуатації до цього часу не була і законсервована.

У свердловині № 1-Бр поклади локалізуються на двох інтервалах. В інт. 1090-1110 м водоносними є інтенсивно тріщинуваті вапняки, мергелі і доломіти низів нижнівської світи верхньої юри. Температура на усті свердловини +34<sup>0</sup>С. Дебіт 230 м<sup>3</sup>/добу. В інт. 1385-1345 м водовмісними є пласти пісковиків кварцових тріщинуватих, алевролітів та аргілітів

сокальської світи середнього відділу юрської системи. Температура на усті свердловини +38<sup>0</sup>С. Дебіт 249,6 м<sup>3</sup>/добу. Між нижнівською і сокальською світами залягають щільні доломіти верхньоюрської рава-руської світи.

У свердловині № 3-Бр в інт. 1340-1398 м водозбагачена конгломератоподібна товща складена уламками кварцових пісковиків і алевролітів нижньої підсвіти сокальської світи середньої юри. Температура на усті свердловини +40,0<sup>0</sup>С. Рекомендований експлуатаційний дебіт 240,0 м<sup>3</sup>/добу.

**Ділянка «Львівська».** У 1990 р. у Львові в районі басейну «Динамо» (вул. Стуса) пробурена пошукова свердловина № 1-Лв (1350 м), яка в даний час законсервована.

У свердловині № 1-Лв водовмісними є інтенсивно тріщинуваті вапняки, мергелі і доломіти в низах нижнівської світи верхньої юри (інт. 946-880 м). Температура на усті +32,5<sup>0</sup>С. Дебіт 311,0 м<sup>3</sup>/добу.

На обох ділянках розкриті свердловинами води містять значні концентрації йоду, бромю, фтору та інших бальнеоактивних елементів і кондиційні для зовнішнього бальнеологічного застосування.

### **Геолого-структурні умови та геодинаміка регіону і району досліджень.**

Обидві ділянки, на яких виявлені поклади підземних вод, розташовані біля південно-західного краю вузької смуги північно-західного простягання, відомої як Розточчя, яка водночас є північно-західним відрогом Подільської височини на її зчленуванні з Малополіською височиною, представленою Пасмовим Побужжям (ПП). По Розточчю тут проходить Головний Європейський Вододіл (ГЄВ), який розділяє басейни Балтійського і Чорного морів. Ділянка «Брюховичі» знаходиться на лівобережжі верхів'їв потоку Брюховицького, а ділянка «Львівська» у верхів'ях витоків р. Полтви. І потік, і ріка, відносяться до басейну Балтійського моря.

З аналізу матеріалів опублікованих геологічних карт масштабу 1:200 000 [1, 2] та публікацій, які стосуються геологічної будови та геолого-структурних особливостей району розташування обох ділянок, не можна отримати практично ніякої інформації для логічних пояснень наявності покладів високомінералізованих термальних вод саме в тих місцях, саме в тих породних комплексах, і саме на тих глибинах. У записках до вищезгаданих карт про ці поклади навіть не згадується.

Довгий час в публікаціях геологія району розглядалася з позицій фіксистизму [4, 8]. На цих же позиціях знаходилися і автори вищезгаданих карт масштабу 1:200 000 [2, 3]. В публікаціях, в яких декларується розгляд території регіону з позицій тектоніки плит, це робиться дуже позірно, узагальнено [5, 7]. При цьому продовжується поділ фундаменту регіону на блоки за часом його консолідації у цих блоках [5]. Рисунки ж, з всіх публікацій і «фіксистів», і «мобілістів» дуже схематизовані і їх практично не можливо прив'язати до реальної геологічної ситуації. На цій підставі ми вважаємо, що обґрунтовані відповіді на всі запитання можна отримати лише при перегляді геолого-структурних особливостей регіону та побудові нової плитнотектонічної геодинамічної моделі його розвитку. Основою для її побудови повинен бути детальний, комплексний аналіз наявних геологічних карт, пояснювальних записок до них, топографічних карт території регіону та публікацій.

І «фіксистів», і практично всі «мобілістів», розглядають регіон як такий, що знаходиться на межі між Східноєвропейською (СЄП) і Західноєвропейською (ЗЄП) платформами. Остання клином «втиснена» між СЄП і складчастою системою Карпат (ССК). При цьому межею між СЄП і ЗЄП майже у всіх публікаціях, як «фіксистів», так і «мобілістів», розглядається зона Тейсейре-Торнквіста (ТТ). Однак, в більшості випадків без чіткого пояснення, що вона собою являє і де саме проходить. Як наслідок, в різних публікаціях її проводять по різному і, як правило, нереально вузькою смугою. Її зсувний характер і, відповідно, специфічний вплив на розвиток регіону, попри те, що з самого початку вона була виділена, як зсувна, «фіксистами» ігнорується повністю. На жаль, мало цей фактор враховується і при плитнотектонічних побудовах. Рава-Руську шовну зону, яка розглядається, як складова зони ТТ, проводять то на захід [5], то на схід [7] від Львова.



Згідно з фіксистською парадигмою у будові регіону виділяються дві складові - фундаменти платформ та їх чохла, які сформовані «in situ». Питання фундаменту СЄП ми не розглядаємо у даній роботі. В фундаменті ЗЄП «фіксистами» виділяються Розтоцька, Рава-Руська і Коханівська структурно-фаціальні зони (СФЗ) та Лежайський масив [1, 2, 4], які відрізняються віком його консолідації у цих зонах і масиві. При цьому ніким не надається обґрунтування його складчастої природи [9]. Оскільки СФЗ мають розломні межі, ми вважаємо доцільнішим розглядати їх як блоки.

У 1991 р. Глушко В.В та ін. [4], які також вважали, що зона ТТ є межею між СЄП і ЗЄП, представили її як континентальну рифтогенну структуру. Однак з приведеного в цій роботі опису історії її становлення і розвитку виходить, що рифтогенним є фундамент всієї території між СЄП і ССК. Відповідно місця для ЗЄП і не залишається. Ширину зони ТТ за даними глибинного сейсмічного зондування ці автори оцінюють в 60-100 км. За їхніми поглядами під впливом рифтогенних процесів відбувалося формування і практично всього комплексу чохла цієї смуги, від палеозою до кайнозою, та складчастих і розривних структур. Ці процеси вони представляли як чергування поперечного розтягнення, що супроводжувалося прогинанням з наступним накопиченням у прогинах різноманітних відкладів, і такого ж поперечного стиснення, яке призводило до деформації накопичених відкладів. Про будь-які латеральні переміщення блоків автори мову не вели взагалі. Тобто, вони продовжували розглядати регіон з позицій фіксистизму.

На відсутність підстав виділення ЗЄП вказував Ступка О.С. [9] Всю структуру регіону, який виділяється в цій якості багатьма дослідниками, він розглядав з позицій тектоніки плит, як «мікроплитний структурний ансамбль з мозаїчним стилем будови», а зону ТТ, як частину глобальної полірифтової системи, що виникла в результаті розпаду Пангеї (320-200 млн р.) і взаємодії палеоконтинентів Гондвани, Лавразії, Балтики. Саме таке розуміння структури регіону, на наш погляд, є правильним [6].

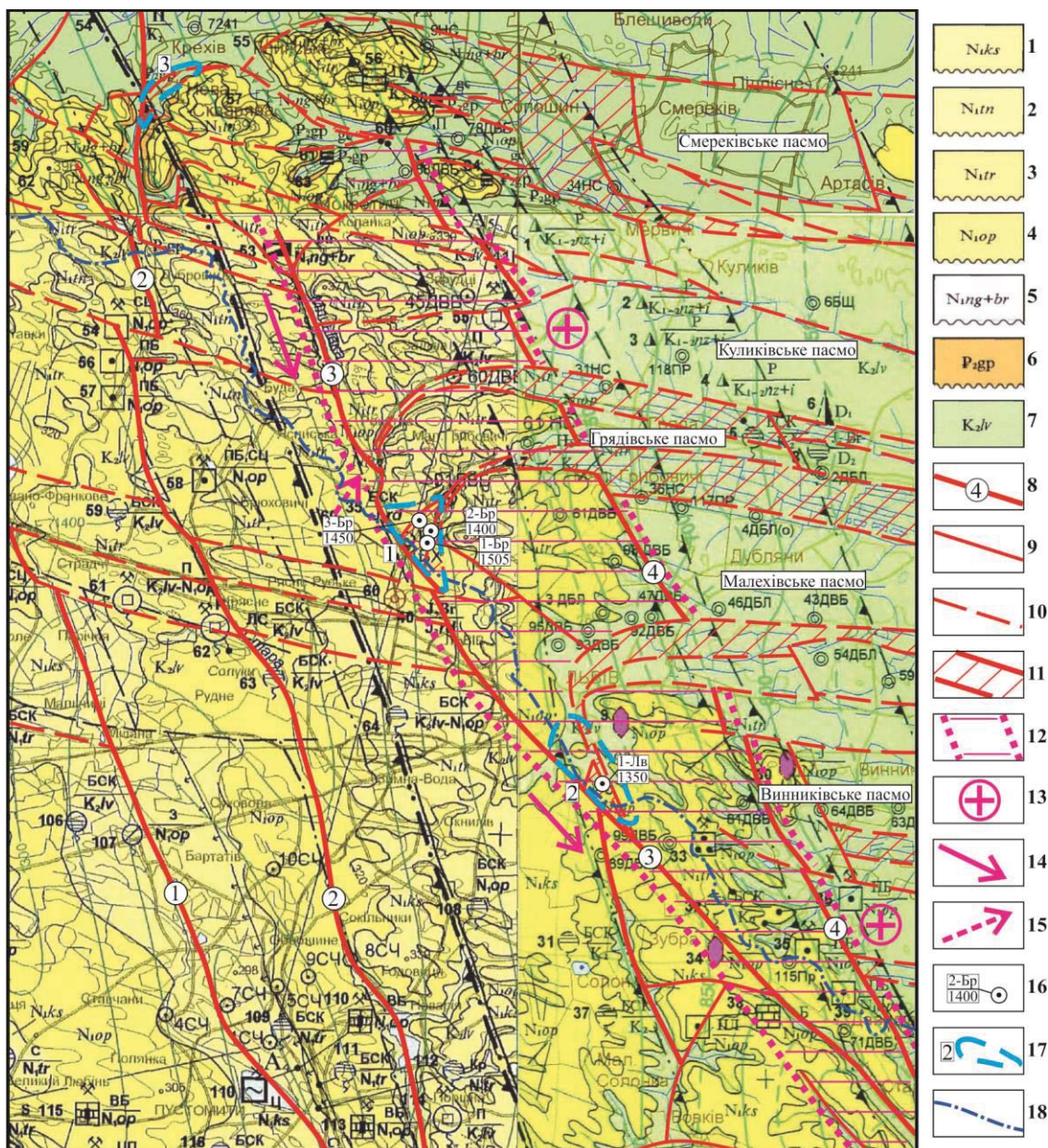
При розгляді континентальної рифтогенної структури з позицій тектоніки плит основними моментами є: 1 - чітке розуміння її блокової будови з визначенням меж блоків, 2 - виділення алохтонних комплексів чохла блоків і їх груп, як фіксуючих трансформації блокової будови в часі - об'єднання, чи дроблення блоків, 3 - визначення розломів (зон), по яких відбуваються латеральні переміщення блоків, їх груп, в різні періоди часу.

З аналізу інформації стосовно блоків фундаменту та палеозойських відкладів, які їх перекривають і обмежені тими ж розломами, ми припускаємо, що додевонська частина чохла Коханівського і Рава-Руського блоків, а у Розтоцькому блоку і на південно-західній окраїні СЄП, доюрська, є продовженнями розрізів докембрійського фундаменту, сформованих до початку основної багатоетапної рифтогенної деструкції. Саме тому на геологічних картах і тектонічних схемах тектонічне районування регіону залишається практично незмінним від докембрію до юри.

Також, ми дійшли висновку, що Розтоцький блок фундаменту від початку формування зони ТТ був «припаяним» до крайової частини СЄП. На це вказує поширення відкладів волинської серії (нижній венд) і девон-карбонівих відкладів Львівського палеозойського прогину від краю СЄП до Рава-Руської шовної зони. Відповідно, всі основні переміщення в доюрський час відбувалися по лінії розмежування Розтоцького і Рава-Руського блоків - по Рава-Руській шовній зоні. Саме до цієї зони приурочене різке зростання теплового потоку до 60-80 МВт\*м<sup>-2</sup> [4]. При цьому зона ТТ охоплює всю полосу від краю Рава-Руського блоку до Лежайського масиву.

З юри почалося формування власне автохтонного чохла всієї рифтогенної структури. Юрсько-ранньокредовий Стрийський прогин охоплював територію від окраїни СЄП, імовірно, з Лежайським масивом включно, а Львівська крейдова западина лише частково заходила в поле Коханівського блоку. На завершення, сформувався виділений нами [6] Городоцько-Новояричівський ранньнеогеновий прогин, поширений від Розтоцького блоку до краю Передкарпатського прогину. Активність рифтогенної структури в цей період була низька, однак достатня, щоб призводити до виникнення прогинів і деформації накопичених у

них відкладів. З зсувними рухами по зоні ТТ, але більш інтенсивними, пов'язане виникнення у ранньому палеогені серії субширотних зон тріщинуватості (рис. 1). За нашими припущеннями, ці зони виникли при розщепленні фундаменту західного краю Розтоцького, менше Рава-Руського і Коханівського блоків разом з відкладами чохла при лівосторонньому зміщенні вздовж південно-західного краю зони ТТ. Саме з наявністю цих зон пов'язане формування морфоструктур ПП, які, поза сумнівом, мають передусім тектонічну обумовленість і є наслідком розмиву відкладів верхньої крейди вздовж зон тріщинуватості. На картах масштабу 1:200 000 [1, 2] цих зон немає - вони чомусь показані лише на картах четвертинних відкладів як лінеamenti, що дешифруються як розривні порушення [1, 2], що взагалі не логічно.



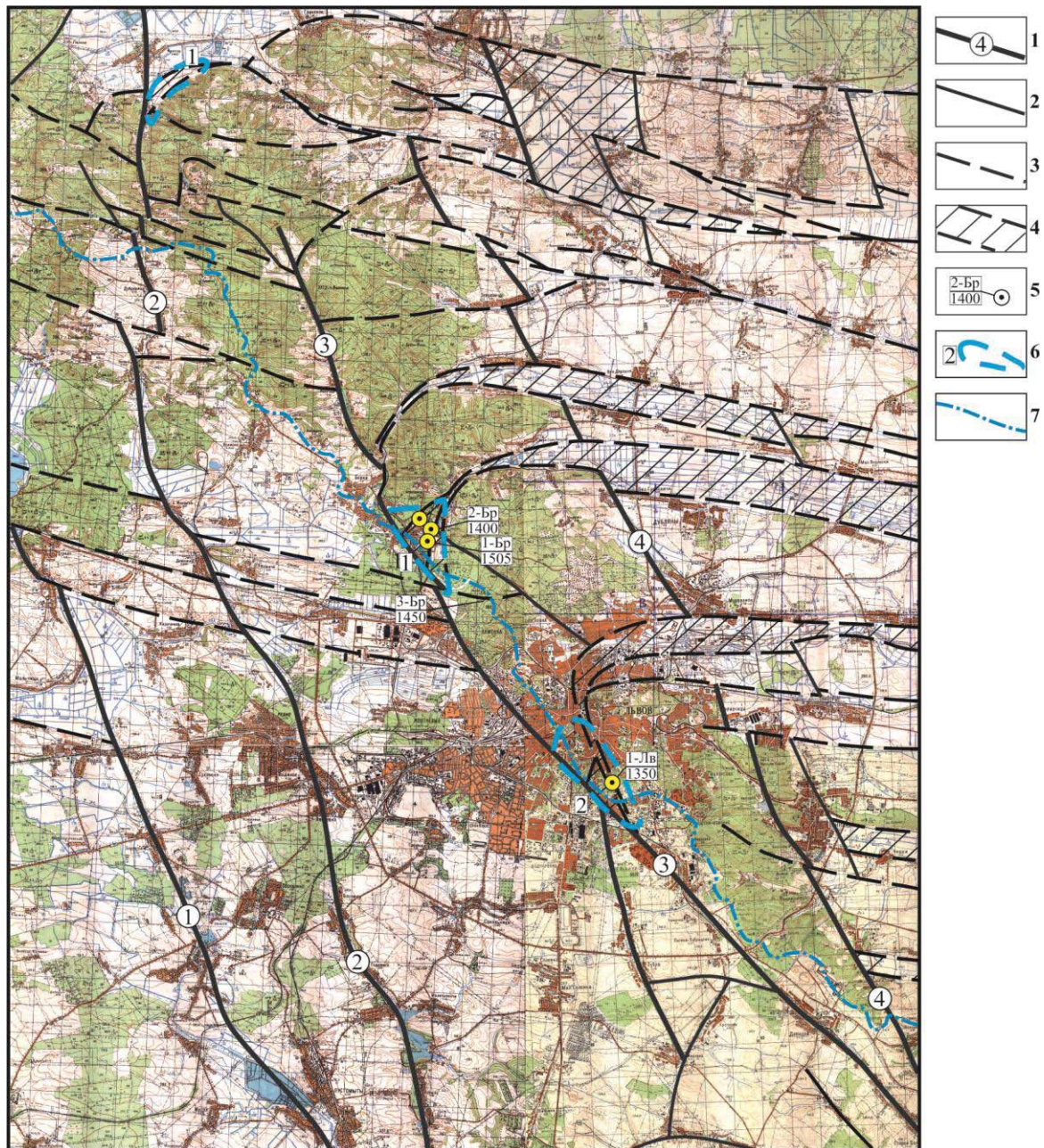
**Рис. 1. Схематична геолого-структурна карта району досліджень (за матеріалами геологічних карт м-бу 1:200 000 [1, 2] з доповненнями):**

- 1-7 – стратони: 1 – косівська світа, 2 – тернопільська світа, 3 – тираська світа, 4 – опільська світа, 5 – нагорнянські і бережнлянські верстви, 6 – товща глауконітових пісків, 7 – львівська світа;  
 8-10 – розломи (за результатами аналізу топокарт та польових спостережень):  
 8-9 – північно-західного простягання: 8 – головні та їх номери (1 – Верещицько-Ставчанський, 2 – Домажир-Щирківський, 3 – Верхомлинівсько-Давидівський, 4 – Грибовицько-Винниківський), 9 – другорядні; 10 – субширотні, в т.ч. межі зон тріщинуватості; 11 – зони тріщинуватості;



12 – Розточька рухома зона; 13 – нерухоме крило, 14 – напрямок переміщення крила,  
15 – зміщення розлому при правозсувних переміщеннях, 16 – свердловина: номер/глибина,  
17 – контур перспективної ділянки і її номер, 18 – ГЕВ

Те, що розломами та пов'язаними з ними зонами тріщинуватості визначається характер рельєфу, особливо в гірській місцевості, до якої слід відносити Розточчя, на наш погляд, не підлягає сумніву. Води опадів у вигляді дощу призводять лише до поверхневого змиву. Він переходить у лінійний розмив, який є основним ерозійним рельєфоформуючим фактором, лише за умови наявності порід, ділянок території, які за своїми фізико-механічними властивостями легше піддаються розмиву, або під дією концентрованого потоку, що буває достатньо рідко - при таненні снігового покриву, чи льодовика. Тобто, повинні бути смуги початково легкорозмивистих порід, або порід, порушених в зонах розломів, та пов'язаних з ними зонах тріщинуватості. Те, що розломи і зони тріщинуватості контролюють формування долин водотоків, ми неодноразово спостерігали при виконанні робіт на різних ділянках, як в районі досліджень, так і в інших місцях на території Львова та його околиць [6]. На жаль, ця закономірність практично повністю була ігнорована авторами геологічних карт цього району і масштабів 1:50 000 [4] та 1:200 000 [2, 3], при тому, що першим етапом складання геологічних карт будь-якого масштабу завжди був аналіз і дешифрування топоматеріалів та аерофотознімків. Тим більше, що починаючи з Ломніцького М.А. (1897 р.), багато дослідників фіксували численні розривні порушення у нижньонеогенових відкладах Розточчя, не кажучи вже про більш древні. Врахування сказаного вище і детальний аналіз топографічних карти району досліджень масштабу 1:50 000 дали нам можливість представити свій варіант його розломної сітки (рис. 2). Частина розломів ми безпосередньо спостерігали при польових дослідженнях.



**Рис. 2. Результати аналізу топографічних карт масштабу 1:50 000:**

- 1-3 – розломи: 1-2 – північно-західного простягання: 1 – головні та їх номери, 2 – другорядні;  
 3 – субширотні, в т.ч. межі зон тріщинуватості; 4 – зони тріщинуватості,  
 5 – свердловина: номер/глибина, 6 – контур перспективної ділянки і її номер, 7 – ГЕВ

На те, що вищезгадані субширотні зони тріщинуватості простягалися до межі Лежайського масиву вказує наявність пасма, схожого з пасмами ПП, між селами Рясне Руське та Домажир, а також серії субширотних розломів, проявлених у рельєфі, західніше від крайньої зі сходу, найвищої смуги горстової структури Розточчя (рис. 1), по якій проходить ГЕВ. Горстова структура, яка сходінками знижується до Передкарпатського прогину, імовірно, виникла внаслідок лівозсувного імпульсу вздовж Рава-Руської шовної зони в кінці раннього і, можливо, пізнього неогену. При цьому східне крило Грибовицько-Винниківського розлому було умовно нерухомим, а західне крило Верхомлинівсько-Давидівського зміщувалося на південний-схід (рис. 1), що призвело до загинання субширотних зон тріщинуватості, якими контролюються морфоструктури ПП. В смугі між цими розломами простягання фрагментів зон тріщинуватості змінюється від широтного біля її північно-східної межі до південно-західного і майже південного біля південно-західної. По простяганням загнутих фрагментів зон тріщинуватості одночасно з загинанням, імовірно, відбувалося їх



стискання з закриттям тріщин. Тріщини сколювання, які мали б виникнути при лівозсувних переміщеннях, не виникали, через проковзування по тріщинах загнутих зон тріщинуватості.

Свердловини, в яких були виявлені поклади термальних підземних вод, приурочені до середньо-пізньоюрських відкладів сокальської та нижнівської світи на ділянці «Брюховичі», та до нижнівської світи на ділянці «Львівській», розташовані поблизу причленування південно-західних кінців загнутих зон тріщинуватості до Верхомлинівсько-Давидівського розлому (3). Те, що тріщини на загнутих ділянках зон тріщинуватості, після лівозсувного імпульсу вздовж рифтогенної зони ТТ були закриті, виключає дренаж до юрських відкладів поверхневих вод і вод з водоносних горизонтів, які залягають вище. Відповідно, для того щоб води з'явилися у них, необхідно, щоб закрита тріщинуватість хоча б трохи відкрилась. Це можливо лише при правозсувних імпульсах по Верхомлинівсько-Давидівського розлому. На користь того, що вони по ньому відбувалися говорить характер зміщень його фрагментів в районі с. Бірки (рис. 1). Також, це відмічалось в публікаціях [5]. Однак, незначного відкриття тріщин недостатньо для звичайного дренажу води до глибини понад 1000 м. У цьому суттєву негативну роль, у нашому випадку, відіграє те, що на водовмісних юрських породах залягають мергелі верхньокрейдової львівської світи, для яких характерні інтенсивна кольматація зон тріщинуватості, яка перетворює їх на водотривкі. Виходячи з цього, ми вважаємо, що вода до юрських порід з хорошими колекторськими властивостями могла потрапити лише внаслідок дилатансного засмоктування і подальшого перекачування на глибину з залягаючих вище водоносних горизонтів. Процеси дилатансії є характерними для пульсаційної активності зсувних зон.

Виникнення привододільної смуги Розтоцького горсту і процеси дилатансного нагнітання, які забезпечили потрапляння води у юрські відклади, пов'язані з багатократними різнонаправленими зсувними рухами вздовж численних повздовжніх розломів північно-західного простягання. Це дало нам підстави виділити цю смугу в якості однойменної рухомої зони [5], яка є поверхневим проявом активності Рава-Руської шовної зони. Розтоцька рухома зона простежується від Ходорівського блоку [1] на півдні до широти Смереківського пасма ПП, де зрізається широтними розломами. Рухи по Розтоцькій рухомій зоні, правда вертикальні, продовжуються практично досі - ми спостерігали сліди зміщення по Верхомлинівсько-Давидівському розлому у флювіогляціальних четвертинних відкладах у долині р. Млинівки. Наявність цих відкладів в долинах водотоків району досліджень вказує на дольодовикове формування цих долин.

Виходячи з усього сказаного стосовно історії формування геологічної структури регіону, і Розтоцької рухомої зони зокрема, ми маємо достатньо обґрунтоване пояснення появи покладів підземних вод у юрських відкладах, саме в тих місцях і на тих глибинах, де вони виявлені свердловинами.

Вище, нами було відмічено, що до Рава-Руської шовної зони приурочене різке зростання глибинного термального потоку [4]. Його наявністю пояснюється термальний характер вод на обох ділянках. Цей тепловий потік супроводжувався еманціями з глибин таких характерних хімічних елементів глибинного походження, як йод, бром, та ін., збагаченість якими зафіксована при аналізах вод в усіх свердловинах.

## **ВИСНОВКИ.**

1. Встановлена чітка геолого-структурна та геодинамічна обумовленість розташування виявлених покладів високомінералізованих термальних вод на ділянках «Брюховичі» та «Львівській»:

- виявлені поклади локалізуються в середньо- пізньоюрських відкладах Стрийського прогину, який перекидає блоки континентальної рифтогенної структури (зони ТТ);
- виявлені поклади знаходяться в місцях причленування загнутих кінців субширотних зон тріщинуватості до Верхомлинівсько-Давидівського розлому;
- води потрапили на глибину з водоносних горизонтів, які залягають вище, за рахунок дилатансного нагнітання при зсувних пульсаціях вздовж Верхомлинівсько-Давидівського розлому, який є південно-західною межею Розтоцької рухомої зони;

- Розтоцька рухома зона є поверхневим проявом Рава-Руської шовної зони - одної з зон між блоками континентальної рифтогенної структури (зони ТТ), що вкупі з тепловими потоками і еманациями елементів глибинного походження, вказує на її, практично сучасну, активність;

- теплові потоки та еманачії елементів глибинного походження з нижніх горизонтів континентальної рифтогенної структури вздовж Рава-Руської шовної зони, забезпечили прогрів покладів підземних вод, та насичення їх йодом, бромом, та ін., бальнеоактивними хімічними елементами.

2. Геолого-структурні умови розташування ділянок «Брюховичі» і «Львівська» дають підстави вважати, що їх перспективи не вичерпані. Особливо це стосується ділянки «Львівська». Орієнтовні контури перспективних ділянок показані на рисунках.

3. Як перспективний на виявлення нових покладів високомінералізованих термальних вод, ми розглядаємо район Крехова (3), де можуть мати місце схожі геолого-структурні умови.

#### **Список використаних джерел:**

1. Герасімов Л.С. та ін. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000, аркуш М-34-ХVІІІ (Рава-Руська), М-34-ХІІІ (Червоноград), М-34-ХІХ (Львів). К., 2004. Львів: Фонди ДП «Західукргеологія».

2. Герасімов Л.С. та ін. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000, аркуш М-34-ХХІІІ (Пшемисль), М-34-ХХІV (Дрогобич). К., 2005. Львів: Фонди ДП «Західукргеологія».

3. Герасімов Л.С. та ін. Звіт за результатами комплексної геолого-гідрогеологічної зйомки масштабу 1:50 000 листів М-34-Г (Нестерів), - 83-Б (Яворів), -84-А (Івано-Франкове), - Б (Брюховичі), - В (Городок), - Г (Пустомити), М-35-73-А (Львів), - В (Винники), проведеної Куликівською партією у 1962-1967 рр. Львів: Фонди ДП «Західукргеологія».

4. Глушко В.В. та ін. Рифтогени і нафтогазоносність південно-західного краю Східно-Європейської платформи та її обрамлення / Рифтогени і корисні копалини. Київ. Наукова думка. 1991. С. 15-23.

5. Крупський Ю.З., Вислоцька О.І. Дослідження простягання зони Тейсейре-Торнквіста (ТТЗ) на території Західної України // Геодинаміка. 2014, 1 (16). С. 34-42.

6. Лосів В.М., Яремович М.В., Звіт по роботі: «Геологічний, гідрогеологічний аналіз та аналіз біорізноманіття території північних околиць Львова». Частина 1. «Геологічна будова та гідрогеологічний аналіз ґрунтових (пластових) вод з прогнозом гідродинамічного режиму території північної окраїни та околиць м. Львова». С. 3-61.

7. Мончак Л., Анікеєв С. Відображення тектонічної будови Західного регіону України у гравімагнітних полях // Геодинаміка. 2017. № 2(23). С. 104-118.

8. Різун Б.П., Чиж Є.І., Щерба В.М. Західно-Європейська платформа в межах СРСР // Геологія і геохімія горючих корисних копалин. 1984. вип. 63. С. 11-14.

9. Ступка О. «Молоді платформи» - традиційні уявлення і реальність (геодинамічний аспект) // Геодинаміка. 2018. № 1(2). С. 51-59.

10. Термальні води Львова та околиць. Інформаційна записка ДП «ГГП «УКРГЕОКАПТАЖМІНВОД». 2021. 11 с.

## ІЗОЛЯЦІЯ ПОГЛИНАЮЧИХ ГОРИЗОНТІВ СВЕРДЛОВИН ТЕРМОПЛАСТИЧНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

*Судаков А.К., д. техн. н., професор, sudakovy@ukr.net,  
Дригола М.А., mdrigola@gmail.com,*

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна*

Метою роботи є підвищення ефективності ізоляційних робіт за рахунок застосування нерозчинних у свердловинній рідині термопластичних сумішей. Поставлені завдання вирішувалися комплексним методом дослідження, що включає аналіз і узагальнення літературних і патентних джерел, проведення аналітичних, експериментальних досліджень. Запропоновано спосіб ізоляції поглинаючих горизонтів термопластичними матеріалами, для реалізації якого необхідно виконати наступні технологічні операції: доставку термопластичних матеріалів на вибій свердловини, плавлення термопластичних матеріалів та задавлювання термопластичних матеріалів в канали поглинання. Як тампонажний матеріал для ізоляції поглинаючих горизонтів бурових свердловин запропоновано використання побутових відходів на основі поліетилентерефталату.

## ABSORBING HORIZONS INSULATION OF DRILLING WELLS THERMOPLASTIC MATERIALS

*Sudakov A., Dr. Sci. (Eng.), Prof., sudakovy@ukr.net,  
Drygola M., mdrigola@gmail.com,*

*Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine*

The work objective is to increase the efficiency of insulation work through the use of thermoplastic mixtures insoluble in the well fluid. The tasks were solved by a complex research method, including analysis and synthesis of literary and patent sources, conducting analytical, experimental studies. A method of isolating absorbing horizons by thermoplastic materials has been developed and substantiated, for the implementation of which it is necessary to perform the following technological operations: delivery of thermoplastic materials to the bottom hole, melting of thermoplastic materials and crushing of thermoplastic materials into absorption channels. The use of household waste based on polyethylene terephthalate has been proposed as a cement material for isolating absorbing horizons of boreholes.

**Вступ.** Буріння, як геологорозвідувальних, так і експлуатаційних свердловин з метою видобутку природного метану в районі Донецького кам'яновугільного басейну ведеться у міцних гірських породах з високим ступенем метаморфізму. Техніко-економічні показники буріння свердловин значною мірою визначаються витратами часу і коштів на усунення ускладнень. Одним із найбільш поширених ускладнень є поглинання промивної рідини. Поглинання призводить до порушення технологічного режиму буріння, провокує аварії.

Для ліквідації поглинання промивної рідини найчастіше застосовують недостатньо ефективні тампонажні матеріали, які виготовляють на водній основі з введенням у їх склад мінералов'язучих або синтетичних речовин. Основними недоліками цих матеріалів є те, що вони мають велику чутливість до розведення водою – розчини легко перемішуються з промивною рідиною і пластовими водами, особливо при наявності міжпластового перетоку. Відбувається розбавлення водою, седиментація тампонажних розчинів, що веде до підвищення часу тужавлення, розтіканню на значні відстані від свердловини і, як наслідок, веде до перевитрати тампонажних матеріалів та повторенню операцій з тампонування.

На наш погляд, ці матеріали та технології вичерпали свою можливість подальшого вдосконалення, тому єдиний шлях – це розробка та застосування для формування ізоляційних завіс, технологій, заснованих на матеріалах, що мають неводну основу, та інші процеси формування тампонажного каменю. До таких технологій можна віднести технології створення тампонажного каменю, засновані на явище фазового переходу термопластичних матеріалів (ТПМ).

**Виклад основного матеріалу.** Тампонажні матеріали, застосовувані для ізоляції поглинаючих горизонтів, при твердінні не повинні давати усадки з утворенням тріщин, розтікатися в тріщинах, повинні мати гарне зчеплення з гірськими породами, бути стійкими щодо впливу води і перепадів тиску. Ці матеріали повинні бути однокомпонентними, технологічними при доставці в зону тампонування, легко розбурюватися і змиватися з бурового інструмента та мати густину вищу за густину очисного агента.

З ТПМ застосовувалися суміші на основі бітуму, сірки та синтетичних термопластів (поліетилен, поліпропілен) [1]. Термопластичні матеріали, через недосконалість технологій їх використання не знайшли широкого застосування в якості тампонажних матеріалів при ізоляції поглинаючих горизонтів бурових свердловин.

Для вирішення проблеми ізоляції поглинаючих горизонтів потрібно знаходити принципово нові рішення. Тому винятково важливе значення має питання розробки технологій ізоляції поглинаючих горизонтів із використанням ефективніших тампонажних матеріалів.

Метою роботи є вдосконалення технології ізоляції поглинаючих горизонтів свердловин.

Ідея роботи полягає у застосуванні термопластичних, нерозубожуваних пластовими водами матеріалів з низькою температурою плавлення, розплав яких, проникаючи в канали поглинання промивальної рідини, твердне там, утворюючи надійну, непроникну ізоляційну оболонку.

З метою усунення недоліків традиційних технологій та технологій застосування ТПМ, на кафедрі нафтогазової інженерії та буріння НТУ «Дніпровська політехніка» розробляються принципово нові технології ізоляції поглинаючих горизонтів, що ґрунтуються на застосуванні вторинного поліетилентерефталату (ПЕТ). Для реалізації запропонованої технології необхідно поетапно виконати технологічні операції: транспортування ТПМ до поглинаючого горизонту по стовбуру свердловини, плавлення ТПМ і задавлювання ТПМ в канали поглинання. Обґрунтування можливості плавлення ТПМ у свердловині розглянуто авторами раніше [2-7].

Фізичні властивості ПЕТ наведені в роботах [8-11]. ПЕТ володіє високою механічною міцністю та ударостійкістю, стійкістю до стирання та деформаціям при розтягуванні та згинанні та зберігає свої високі ударостійкі та міцнісні характеристики в робочому діапазоні температур від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . ПЕТ відрізняється низьким коефіцієнтом тертя та низькою гігроскопічністю. Загальний діапазон робочих температур виробів із поліетилентерефталату від  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+170^{\circ}\text{C}$ . Термодеструкція поліетилентерефталату відбувається при температурі  $+290^{\circ}\text{C}$  та вище.

Аналіз всіх технологічних операцій та способів їх здійснення показує, що вибір необхідної технологічної схеми може бути зроблено, виходячи із способу доставки ТПМ до зони ускладнення.

На думку багатьох дослідників, тампонування пористих порід не викликає особливих труднощів через застосування інертних матеріалів в промивальних рідинах. Тому, запропонована технологія рекомендується застосовувати при тампонуванні тріщинуватих поглинаючих горизонтів з мінімальним розкриттям тріщин 0,5 мм.

У цьому зв'язку, областю застосування технології є ізоляція поглинаючих горизонтів у свердловинах глибиною до 8000 м різного цільового призначення, представлених стійкими гірськими породами з повним, інтенсивним або катастрофічним поглинанням промивної рідини.

При застосуванні розроблених технологій діаметр свердловин обмежень немає. Як промивна рідина може застосовуватися технічна вода, глинистий розчин.

**Висновки.** Виконаний аналіз показав, що в даний час існує велика різноманітність технологій та матеріалів для ліквідації поглинання рідини для промивання. У більшості випадків ліквідація поглинань забезпечується тампонування каналів поглинання промивної рідини твердіють або нетвердіють тампонажними сумішами шляхом створення водонепроникного екрану в породі навколо свердловини. При цьому для ліквідації поглинання промивної рідини застосовуються недостатньо ефективні тампонажні матеріали.

На основі виконаних досліджень запропонована принципово нова, нетрадиційна технологія ізоляції зон поглинання, яка базується на заповненні каналів поглинання розплавом легкоплавких тампонажних матеріалів.

**Список використаних джерел:**



1. Судаков А.К., Дзюбик А.Р., Кузін Ю.Л., Назар І.Б., Судакова Д.А. Ізоляція поглинаючих горизонтів бурових свердловин термопластичними матеріалами. Монографія. – Дрогобич: «Просвіт», 2019. 182 с.
2. Кузін Ю.Л., Судакова Д.А. Термомеханічний спосіб тампонування проникних горизонтів бурових свердловин. Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: XVIII Международная конференция (Трускавец, сентябрь 2017 г.). Трускавец: ИИМ, 2017. – С. 98-102.
3. Sudakov, A.K., Dreus, A.Yu., Khomenko O.Ye., & Sudakova. D.A. (2017). Analytic study of heat transfer in absorbing horizon of boreholes in the formation of protection cryogenic plugging material. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 3(159). – P. 32-46.
4. Sudakov, A., Dreus, A., Ratov, B., & Delikesheva, D. (2018). Theoretical bases of isolation technology for swallowing horizons using thermoplastic materials. *News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan*. – 2(428). – P. 72-80.
5. Sudakov A.K. Khomenko O.Ye., Isakova M. L., & Sudakova, D.A. (2016). Concept of numerical experiment of isolation of absorptive horizons by thermoplastic materials. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 5 (155). – P. 12-16.
6. Dreus, A.J., Sudakov, A.K., Kozhevnikov, A.A., & Vahalin, J.M. (2016). Study on thermal strength reduction of rock formation in the diamond core drilling process using pulse flushing mode. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 3(153). – P. 5-9.
7. Khomenko, O.Ye., Sudakov, A.K., Malanchuk, Z.R., & Malanchuk, Ye.Z. (2017). Principles of rock pressure energy usage during underground mining of deposits. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2(158). – P. 34-43.
8. Isakova M. Sudakova D. Thermoplastic materials on the basis of polyethyleneterephthalate. The 11th International Forum for Students and Young Researchers, (Dnipropetrovsk, april 2016). Dnipropetrovsk: НГУ, 2016. – P. 62.
9. Sudakov A., Dreus A., Sudakova D., Khamininch O. (2018) The study of melting process of the new plugging material at thermomechanical isolation technology of permeable horizons of mine opening. *E3S Web of Conferences*. 60, 1-10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000027>.
10. Судакова Д.А. Обґрунтування параметрів ізоляції поглинаючих горизонтів бурових свердловин: автореф. дис. на здобув. науч. степ. канд. техн. наук: спец 05.15.10 «Буріння свердловин» / Д.А. Судакова. – Івано-Франківськ, 2018. – 20 с.
11. Судакова Д. А. Механічні властивості тампонажного термопластичного матеріалу на основі поліетилентерефталату // Вісті Донецького гірничого інституту / ДВНЗ «ДонНТУ». – Покровськ, 2017. – № 2. – С. 107–116.

## ТЕХНОЛОГІЯ ОБЛАДНАННЯ БУРОВИХ СВЕРДЛОВИН ЕКОЛОГІЧНИМИ БЛОКОВИМИ ГРАВІЙНИМИ ФІЛЬТРАМИ

*Судаков А.К., д. техн. н., професор, sudakovy@ukr.net,*

*Шумов А.С., аспірант, Shumov.An.S@nmu,*

*Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна*

Метою роботи є удосконалення технології обладнання бурових свердловин екологічними блоковими гравійними фільтрами за рахунок використання нового в'язучого матеріалу, що дозволить покращити технологічні властивості блокового гравійного фільтра.

Результати роботи можуть бути використані:

Підприємствами, які займаються бурінням та ремонтом бурових свердловин під час видобутку флюїду;

Підприємствами, які займаються бурінням технологічних свердловин.

## TECHNOLOGY OF EQUIPPING DRILLING WELLS WITH ECOLOGICAL BLOCK GRAVEL FILTERS

*Sudakov A., Dr. Sci. (Eng.), Prof., sudakovy@ukr.net,*

*Shumov A., postgraduate, Shumov.An.S@nmu,*

*Dnipro University Technology, Dnipro, Ukraine*

The aim of the work is to improve the technology of equipping drilling wells with ecological block gravel filters by using a new binder material that will improve the technological properties of the block gravel filter.

The results of the work can be used:

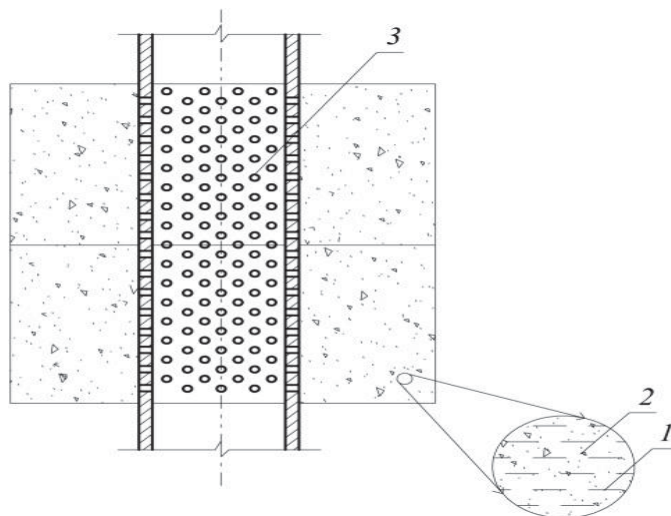
Enterprises engaged in drilling and repair of drilling wells during fluid production;

Enterprises engaged in drilling technological wells.

**Вступ.** Блоковий гравійний фільтр призначений для обладнання водозабірних, гідрогеологічних, нафтових, газових та інших свердловин в інтервалі продуктивного пласта, складеного слабощементованими породами [1].

Типові блокові гравійні фільтри бурових свердловин мають свої недоліки, такі як руйнування під дією ударних навантажень, зниження проникності та збільшення гідравлічного опору через використання нерозчинних в'язучих речовин (клей БФ, бакелітовий лак, бітум, цемент, епоксидні смоли тощо) [2, 3]. Проте нова модель з цукром як в'язучим матеріалом частково розв'язує ці проблеми.

Запропонований авторами тез блоковий гравійний фільтр (рис. 1) містить гравійний матеріал 1, в'язучий матеріал (цукор) 2 і каркас фільтрової колони 3 [3].



**Рис. 1. Блоковий гравійний фільтр бурових свердловин:**

1 – гравійний матеріал; 2 – в'язучий матеріал (цукор); 3 – каркас фільтрової колони

Гравійний елемент фільтра виконаний у вигляді циліндричного блоку гравійного обсіпання (рис. 2).



**Рис. 2. Зовнішній вигляд циліндра блока гравійного обсипання**

Блоковий гравійний фільтр виготовляється на денній поверхні у спеціальних формах. Процес омонолічування в'язучого матеріалу з гравійним матеріалом залежить від технічних умов і часу термообробки. Його особливістю є можливість формування навколо каркаса фільтра гравійного шару високої якості із заданими параметрами, що дають змогу здійснювати візуальний контроль.

Після етапу виготовлення циліндра блоку гравійного обсипання, безпосередньо перед спуском фільтра у свердловину, блоки з'єднуються з фільтровою колоною.

Через деякий час після встановлення блочного гравійного фільтра у свердловину, під дією позитивних температур продуктивного горизонту відбувається розмонолічування гравійного блоку через фільтрацію флюїду.

Як обсипання гравійних блокових фільтрів слід застосовувати пісок, гравій і піщано-гравійні суміші. Матеріал обсипання має бути однорідним, добре окатаним. Підбір розміру матеріалу для одношарових, дво- і тришарових гравійних обсипань фільтрів проводиться, виходячи з вимог ДБН В.2.5-74:2013. Товщина циліндра блоку гравійного обсипання повинна бути не менше 30 мм [1].

Дослідженнями фізико-механічних властивостей гравійного композиту встановлено, що як в'язучу речовину можна застосовувати цукор, що випускається відповідно до ДСТУ 4623-2006 [5].

Застосування цукру дозволяє значно підвищити фільтраційні властивості блокового гравійного фільтра. Це досягається за рахунок більш щільного з'єднання гравійних частинок та рівномірного розподілу пор, що знижує ризик засмічення. Такий підхід сприяє збільшенню терміну експлуатації блокового гравійного фільтра гідрогеологічних свердловин, знижуючи загальні витрати на виготовлення блокових гравійних фільтрів без шкоди для їх якості. Цей результат відкриває перспективи для подальших досліджень та оптимізації технології.

#### **Список використаних джерел:**

1. Kozhevnikov, A.A., Sudakov, A.K. (2015). Anniversaries of innovative drilling technologies: Reference review. *Science and Innovation* 11(4), 55-65. <https://doi.org/10.15407/scine11.04.055>.
2. Sudakov A., Napich H., Shumov A., Holub L. (2023). Overview of binding substances for manufacturing block gravel filters of hydrogeological wells. *Tooling materials science*, 26, 49-57. DOI: 10.33839/2708-731X-25-1-58-68.
3. Kondrat RM, Dremlyukh NS. (2014). Use of tubular and gravel filters to prevent sand influx from formation into well. *Exploration and Development of Oil and Gas Fields*.(2): 14-25.
4. Pavlychenko, A.V., Sudakov, A.K., Zagrytseno, et al. (2023). *Patent of Ukraine № 154865 МПК E21B 43/08. Blokovyi hraviyniy filtr dlia budivnystva sverdlovyyn [Block gravel filter for well construction]*. (Patent Ukrainy № 154865).
5. DSTU 4623-2006. (2006). *White sugar, technical conditions*.

## РОЗВИТОК РЕГІОНАЛЬНИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОФІЛЬТРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ДОВГОСТРОКОВОМУ ВОДОКОРИСТУВАННІ У БАСЕЙНАХ ПІДЗЕМНИХ ВОД УКРАЇНИ

*Удалов І.В.<sup>1</sup>, д. геол. н., професор, igorudalov8@gmail.com,*

*Триснюк В.М.<sup>2</sup>, д. техн. н., професор,*

*Яковлев Є.О.<sup>2</sup>, д. техн. н., yakovleve1939@gmail.com,*

*1 – Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна,*

*2 – Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна*

Актуальність дослідження обумовлена проблемами безпеки питного водопостачання враховуючи, що воно на 75 % забезпечується за рахунок поверхневих джерел. Виконано аналіз екологічного стану підземних вод питної якості і обґрунтовано додаткові критерії можливого сталого підземного господарсько-питного водопостачання. Проаналізовані дані моніторингу стану підземних водозаборів України свідчать, що їх довгострокова експлуатація супроводжується розвитком комплексу небезпечних літодинамічних процесів (НЛДП), що мають гідрогеофільтраційне походження. Виділено 3 провідних еколого-гідрогеологічних НЛДП: дифузія мінералізованих порових розчинів із слабопроникних шарів у експлуатаційні горизонти, фільтраційна компресія водоносних комплексів і суфозійний перенос водоносних порід з локальним зменшенням їх об'єму та, як наслідок, провальними осіданнями земної поверхні. Встановлено, що основними факторами розвитку процесів суфозії, фільтраційної компресії та деформацій земної поверхні в межах депресійної лійки за умови активного підземного водовідбору є: перше - наявність пухких порід - глин, суглинків, супісків, пісків, алевритів, лесів у геологічному розрізі зони активного водообміну (ЗАВ); друге - гранулярна неоднорідність пухких відкладів та більш щільних порід, що їх підстеляють в межах ЗАВ (або наявність в них порожнин) - пісковиків, вапняків, мергелів, черепашників, сланців; третє - вертикальна циркуляція підземних вод, що сприяє низхідній міграції пилово-глиняних часток у експлуатаційні підземні водоносні горизонти.

## DEVELOPMENT OF REGIONAL HAZARDOUS GEOFILTRATION PROCESSES FOR LONG-TERM WATER USE IN GROUNDWATER BASINS OF UKRAINE

*Udalov I.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Prof., igorudalov8@gmail.com,*

*Trisnyuk V.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Prof.,*

*Yakovlev Ye.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Eng.), yakovleve1939@gmail.com,*

*1 – V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine,*

*2 – Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

The relevance of the study is due to the safety of drinking water supply, given that 75% of it is provided by surface sources. The article analyzes the ecological state of underground water of drinking quality and substantiates additional criteria for a possible sustainable underground economic and drinking water supply. The analyzed data of the monitoring of the state of underground water intakes of Ukraine show that their long-term exploitation is accompanied by the development of a complex of dangerous lithodynamic processes (DLDP) of hydrogeofiltration origin. The article highlights 3 leading ecological and hydrogeological DLDPs: diffusion of mineralized pore solutions from poorly permeable layers into operational horizons, filtration compression of aquifer complexes and suffusion transport of aquifers with a local decrease in their volume and, as a result, subsidence of the earth's surface. It was established that the main factors in the development of the processes of suffusion, filtration compression and deformations of the earth's surface within the depression funnel under the condition of active underground water abstraction are: first - the presence of loose rocks - clays, loams, sandy loams, sands, siltstones, loess in the geological section of the zone of active water exchange (AWE); the second - granular heterogeneity of loose deposits and denser rocks that underlie them within the AWE (or the presence of cavities in them) - sandstones, limestones, marls, cherts, shales; the third is the vertical circulation of groundwater, which contributes to the downward migration of dust-clay particles into operational underground aquifers.

**Вступ.** За рівнем раціонального використання та якості поверхневих і підземних водних ресурсів, включаючи діючі очисні споруди, Україна, за даними ЮНЕСКО, серед 122 країн світу посідає 95 місце. Такий стан водно-ресурсного потенціалу країни обумовлює, перед усім, великі труднощі у розв'язанні проблеми безпеки питного водопостачання, особливістю якого в Україні є 75 % забезпечення з поверхневих джерел. Виконані дослідження свідчать [1, 2], що більшість поверхневих водних ресурсів за умови зростаючого впливу



техногенезу, глобальних змін клімату (ГЗК) (потепління, нерівномірність опадів і ін.) та наслідків російської агресії (військові викиди забруднень, геохімічне забруднення водозбірних ландшафтів, руйнування очисних споруд та ін.) класифікується як забруднена і брудна (IV, V клас якості). Як наслідок, за якістю вони не відповідають технологічній спроможності діючих систем водопідготовки (одно-двоступеневе очищення). Крім того, поверхнева гідросфера України має аномальне зарегулювання поверхневих водних об'єктів (більше 70 %) внаслідок будівництва 1160 водосховищ та 52 тис. ставків, що за умови критичного уповільнення водообміну суттєво підсилює негативний вплив ГЗК.

Ресурси підземних вод України складають 22,5 млрд м<sup>3</sup>, з яких 70 % припадає на захищені або умовно захищені артезіанські води питної якості [1-3].

Підвищений потенціал захищеності водоносних горизонтів від техногенного забруднення формує значні резерви безпечного еколого-технологічного розвитку систем господарсько-питного водопостачання (ГПВ), особливо в регіонах комплексного забруднення річкових вод (Донбас, Причорномор'я, Приазов'я та ін.).

В той же час, аналіз даних моніторингу підземних водозаборів засвідчив, що їх довгострокова експлуатація супроводжується розвитком комплексу небезпечних літодинамічних процесів (НЛДП), що мають гідрогеофільтраційне походження при експлуатації водозабірних (дренажних) споруд. Виконані дослідження дозволили виділити 3 провідні еколого-гідрогеологічні НЛДП: дифузія мінералізованих порових розчинів із слабо проникних (водотривких) шарів у експлуатаційні горизонти, фільтраційна компресія водоносних комплексів і суфозійний перенос водоносних порід з локальним зменшенням їх об'єму та місцевими (провальними) просіданнями земної поверхні.

**Метою статті** є аналіз потенційних факторів регіонального розвитку небезпечних геофільтраційних процесів у басейнах підземних вод України при довгостроковому водокористуванні.

**Основний матеріал дослідження.** Виконана авторами систематизація НЛДП водокористування у басейнах підземних вод (БПВ) України, дозволила виділити 3 процеси, на які майже не звертали уваги: 1) дифузія мінералізованих порових розчинів із слабопроникних (водотривких) шарів у експлуатаційні водоносні горизонти; 2) фільтраційна компресія водоносних горизонтів під впливом тривалих відкачок підземних вод; 3) фільтраційна суфозія.

В цілому результати виконаних розрахунків дозволяють зробити наступні методичні висновки:

- 1) конвективно-дифузійна міграція солі з порових розчинів слабопроникного покривного розділяючого шару в експлуатаційний водоносний горизонт має стійкий просторово-часовий характер впливу на якість підземного водовідбору;
- 2) мінералізовані порові розчини, з початкової фази розвитку депресії приймають участь у формуванні хімічного складу водовідбору;
- 3) низька проникність і висока сорбційна здатність глинистих порід слабопроникних розділяючих регіональних шарів обумовлюють дуже обмежений вплив мінералізованих порових розчинів на експлуатаційний водовідбір при умові відсутності геомеханічних порушень ГГФС (підземне будівництво, гідравлічні розриви та ін.).

Згідно з існуючими гідрогеофільтраційними моделями у багатьох випадках розділяючі шари мають подвійну структуру порово-проникного простору внаслідок існування послаблених лінійних зон підвищеної проникності та стійких слабопроникних блоків [3-5].

Вищенаведені експертні узагальнення дозволяють дійти висновку, що при будь-якій схемі формування депресійної лійки дифузійно-конвективний рух солей і мікрокомпонентів із порових розчинів слабопроникного (розділяючого) шару є стабільним просторово-часовим фактором впливу на якість вод експлуатаційних водоносних горизонтів [2-5]. Таким чином, на нашу думку, гідрогеохімічна еволюція експлуатаційних водоносних горизонтів на більшості артезіанських водозаборів України вимагає змін підходів до обґрунтування схем розташування експлуатаційних свердловин водозаборів та величин припустимих знижень

рівнів в експлуатаційних горизонтах з урахуванням розвитку конвективно-дифузійної міграції мінералізованих порових розчинів із слабопроникних розділяючих шарів.

Вперше просідання земної поверхні, у зв'язку з інтенсивними відкачками підземних вод було зареєстровано в японських містах Токіо, Осака й Ніагата в 30-х рр. минулого сторіччя. До 60-х рр. максимальний сумарний відбір підземних вод тільки в м. Токіо перевищив 600 тис. м<sup>3</sup>/добу, а загальне зниження напорів склало більше 150 м. В 1975 р. максимальна величина зниження поверхні землі в цьому місті досягла 4,0 м. У результаті частина міста виявилася нижче рівня моря, і для його захисту потрібно було побудувати 200 км захисних дамб.

Накопичений досвід свідчить, що провідна причина просідання полягає в тривалому й інтенсивному підземному водовідборі, який призводить не тільки до значного зниження рівня води й зняття гідростатичного напору, але й до збільшення ефективного тиску на скелет дисперсного ґрунту, його ущільнення й, як наслідок, до осідання поверхні землі.

За результатами багатьох досліджень інженерно-геотехнічно суттєвою є фільтраційна компресія водоносного горизонту, яка спостерігається при зниженнях рівня у десятки метрів і більше при переважно піщано-пилуватому складі водонасиченого породного масиву. Результати просторово-часового моніторингу фільтраційно-компресійних осідань земної поверхні у зонах депресійних лійок водозаборів великих промислово-міських агломерацій та дренажно-осушувальних систем кар'єрів та шахт на території України (Придніпров'я, Причорномор'я, Донбас, Полісся) свідчать, що величина осідання земної поверхні корелюється зі зниженням рівня в експлуатаційному водоносному горизонті і в більшості випадків складає 1,0-2,5 % його величини.

На території України масштабним прикладом прояву фільтраційної компресії породного масиву під впливом великого зниження рівня піщано-пилуватого напірного горизонту (> 200 м) є Південно-Білозерське залізорудне родовище, яке розташоване на межі Українського кристалічного масиву та Причорноморського артезіанського басейну. Величина осідання земної поверхні із центром депресії біля шахтних стволів склала 2,5 м при загальній площі мульди осідання до 15 км<sup>2</sup>. Зміна напружено-деформованого стану водно-породного комплексу призвела до додаткових небезпечних деформацій конструкцій шахтних стволів та необхідності їх додаткового зміцнення.

В цілому встановлено [2-5], що осідання земної поверхні у зонах депресійних лійок підземних водозаборів нерідко супроводжується підтопленням і заболоченням території, деформаціями будівель і споруд інженерних комунікацій та ін. (Придніпровський, Причорноморський регіони та ін.).

Відомо, що під фільтраційною суфозією мають на увазі винесення гідрогеофільтраційним потоком депресійної лійки експлуатаційної свердловини (дрени) мілкозернистих (пилуватих) часток крізь пори більш крупнозернистого скелета. Як свідчить досвід довгострокової експлуатації водозабірних споруд на різнозернисті водоносні горизонти, винос дрібних часток може мати як обмежений характер, так і призводити до руйнування структури водоносного горизонту і перекриваючих порід та формування зон осідання земної поверхні. Численні дослідження свідчать, що активізація суфозії залежить, в першу чергу від коефіцієнту неоднорідності водоносного піщаного ґрунту  $K_n$  і гідравлічного градієнту  $I$  фільтраційного потоку.

За отриманими даними встановлено, що активні процеси суфозійного руйнування породного масиву неоднорідних водонасичених пісків (супісків) спостерігаються переважно при коефіцієнті неоднорідності ( $K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ ) від 10 і більше ( $d_{60}, d_{10}$  – відповідно діаметр фракцій порід, що складають 60 % та 10 % водоносного горизонту).

Оцінки впливу гідравлічного градієнту фільтраційного потоку на прояви суфозії дозволяють дійти висновку, що її формування поблизу фільтрів водозабірних свердловин і на поверхні обводнених схилів може відбуватися при гідравлічних градієнтах  $I = 0,1$  і більше. В інженерно-технологічному відношенні суфозійний процес у прифільтровій зоні часто

призводить до пошкодження насосного обладнання та низхідного пристовбурного розвитку суфозії і осідання земної поверхні.

На регіональному рівні суфозійні процеси у багатьох регіонах України (Полісся, Прикарпаття та ін.) завдають значної шкоди фундаментам житлових і промислових будівель у низці промислово-міських агломерацій України [1, 2, 4, 5].

Явище суфозії широко поширене в межах півдня України, де розповсюджені лесово-суглинисті просадкові ґрунти з регіональним розвитком процесу підтоплення внаслідок масштабного зарегулювання поверхневого стоку (більше 80 %) та зрошування земель. Активну роль у розвитку суфозійного процесу при експлуатації водозаборів і дренажних систем у більшості басейнів підземних вод України відіграють перешарування тріщинних (тріщино-карстових) піщаних різнозернистих водоносних горизонтів. Це сприяє формуванню великих депресійних лійок, зон підвищених гідравлічних градієнтів та прискореного руху гідрогеофільтраційного потоку на контактах тріщинуватих і піщано-пилуватих шарів і, як наслідок, активізації суфозії вздовж тріщин. Такі умови характерні для Волино-Подільського, Причорноморського та центральної частини Дніпровсько-Донецького артезіанських басейнів.

Аналіз свідчить, що слід очікувати активізації суфозійних (карстово-суфозійних) процесів внаслідок впливу водно-господарської діяльності людини (будівництво водосховищ, шахтного і кар'єрного водовідливу, активізація підтоплення лесово-суглинистих і просадкових породних масивів). До нових сучасних факторів активізації суфозійних (карстово-суфозійних) процесів слід віднести вплив ГЗК (потепління, зростання нерівномірності та кількості опадів, підвищення висоти і частоти повеней і паводків, з якими пов'язана активізація взаємодії поверхневих і підземних вод), зміни фізико-хімічного стану та фізико-механічних властивостей лесово-суглинистих просадкових масивів у районах інтенсивної забудови та промислового освоєння [2].

Відомо, що підземний водовідбір із свердловини обумовлює формування депресійної лійки, в межах якої просторова залежність зниження рівня має вигляд:

$$S_r = S_0 \frac{\lg(R/r)}{\lg(R/r_0)} \quad (1)$$

де  $R$  - радіус депресійної лійки (м) експлуатаційної свердловини при дебіті  $Q$ , м<sup>3</sup>/добу;  
 $r_0$ ,  $r$  - відповідно, радіус фільтра (типова величина  $r_0 \approx 0,1$  м) та відстань поточної точки депресії ( $r_0 < r < R$ ), м.

Згідно наведеної залежності значення градієнту рівня депресійної лійки у її будь-якому пункті

$$I = \frac{ds}{dr} = [S_0 / (\lg R / r_0)] \cdot (\lg R - \lg r), \text{ після відповідних перетворень} \\ I = [S_0 / (\ln R / r_0)] \cdot [\ln R - (\ln r - r)] \quad (2)$$

Виконані за залежностями (1, 2) розрахунки свідчать, що небезпечний розвиток суфозійного процесу у прифільтровій зоні експлуатаційної свердловини на водоносний горизонт у різнозернистих пісках більшості водозаборів може сягати відстані 10-15 м. В той же час, в центральній зоні депресійної лійки групового або лінійного водозабору за умови взаємодії локальних свердловинних депресій, відстань розвитку суфозійних деформацій земної поверхні може суттєво збільшуватися (до 3-5 разів) і погіршувати інженерно-геотехнічну стійкість експлуатаційних свердловин, насосного обладнання та інженерних мереж.

Провідним заходом попередження негативного впливу суфозійних процесів на безпеку підземного водовідбору є збільшення діаметру фільтрів та використання фільтрової засипки із високопроникних матеріалів (гравій, крупнозернистий пісок) з метою зменшення гідравлічних градієнтів фільтраційних потоків у присвердловинній зоні.

Виконаний аналіз змін геоморфологічних умов ділянок підземних водозаборів переважно у лісостеповій та степовій зонах України засвідчив наявність ускладнень їх інженерно-геотехнічних умов внаслідок впливу суфозійних і фільтраційно-компресійних процесів. При цьому за результатами експедиційних досліджень 2016-2021 рр. [3-5]

встановлено геоморфологічний зв'язок вищезазначених процесів з розвитком подових і блюдцеподібних утворень земної поверхні.

За класифікацією д. г.-м. н. Молодих І.І. блюдця (поди) степові – це пологі, замкнені безстічні зниження округлої або овальної форми діаметром від 10-15 до сотень метрів, завглибшки від 1-1,5 до 3-4 м. Переважно розповсюджені на площах залягання лесів, лесових легких суглинків та супісків. Гідрогеофільтраційною особливістю подів і блюдець є наявність у верхній зоні геологічного розрізу зони активного водообміну (ЗАВ) до глибини від 3-4 до 7-30 м змін складу й фізико-механічних властивостей порід, зростання оглеєності, вологості, щільності. За результатами виконаних в ІТГП НАН України досліджень подово-блюдцеві утворення на території України найбільше трапляються на вододільних слабостічних рівнинних поверхнях, де вони є місцевими базисами ерозії, в межах високих терас середнього Дніпра та ін. терас рік басейну Сіверського Дінця, в північно-західній частині Причорноморської низовини. Вони утворюють полігональний мікрорельєф зі щільністю 14-84 форм на 1 км<sup>2</sup> (найбільша – між Чигирином і Черкасами). На даних територіях місцями займають 15-20 % площі межиріч. Тут вони розміщуються нерівномірно або лінійно на продовженнях улоговин стоку (лівогобережжя Дніпра). Навесні та при зрошуванні у подово-блюдцевих депресіях місцевості утворюються невеликі озера, що активізує інфільтраційне живлення підземних вод і суфозійний перенос пилово-глиняних часток у зонах депресійних лійок підземних водозаборів.

В цілому встановлено, що основними факторами розвитку процесів суфозії, фільтраційної компресії та деформацій земної поверхні в межах депресійної лійки за умови активного підземного водовідбору є:

1) наявність пухких порід – глин, суглинків, супісків, пісків, алевритів, лесів у геологічному розрізі ЗАВ;

2) гранулярна неоднорідність пухких відкладів та більш щільних порід, що їх підстеляють в межах ЗАВ (або наявність в них порожнин) – пісковиків, вапняків, мергелів, черепашників, сланців;

3) вертикальна циркуляція підземних вод, що сприяє низхідній міграції пилово-глиняних часток у експлуатаційні підземні водоносні горизонти.

Як свідчать результати еколого-ресурсного моніторингу стану ГПВ на території України відбувається стійке регіональне погіршення якості поверхневих вод внаслідок їх масштабного зарегулювання, зростаючого впливу ГЗК та наслідків російської агресії (геохімічне забруднення водозбірних ландшафтів, руйнування очисних споруд та ін.), комплексного впливу техногенного Донбасу у зоні затоплення шахт.

В той же час, узагальнена оцінка потенційного розвитку НЛДП у басейнах підземних вод України дозволяє дійти висновку про можливість їх локальної активізації при суттєвому збільшенні водовідбору, який зараз складає менше 10 % прогнозних ресурсів.

Висока еколого-ресурсна стійкість підземного ГПВ обумовлена його високою захищеністю від впливу техногенних порушень поверхневої гідросфери, значним перевищенням природних об'ємів підземних вод в ЗАВ над середньорічним поверхневим стоком та можливістю оптимізації водовідбору за рахунок наближення до водокористувачів.

Таким чином, активне збільшення підземного водовідбору підземних вод питної якості є головним фактором підвищення еколого-ресурсної стійкості систем господарсько-питного водопостачання за умови зростання комплексного впливу ГЗК, водно-екологічних наслідків російської агресії та накопичених незворотних порушень екологічного стану поверхневої гідросфери [1-5].

**Висновки.** Аномальне зарегулювання поверхневого стоку провідних річкових басейнів України (більше 70 %, що в 2-3 рази вище показників держав ЄС), що обумовлює зниження активності водообміну поверхневої гідросфери і зростання небезпеки забруднення поверхневих джерел ГПВ (до 75 % загального водопостачання), в т. ч. внаслідок зростання впливу негативних факторів ГЗК.



Підземні води питної якості в межах практично усіх регіонів України (за виключенням гірських районів Карпат і Криму), є головним фактором національної безпеки господарсько-питного водопостачання за умови повоєнного відновлення України, подальшого впливу накопичених водно-екологічних наслідків техногенезу та ГЗК.

В межах усіх БПВ України при багаторічному збільшенні водовідбору існує загроза локального розвитку небезпечних геофільтраційних процесів, провідними серед яких є:

- дифузія мінералізованих порових розчинів із слабопроникних (водотривких) шарів у експлуатаційні водоносні горизонти;
- фільтраційна компресія водоносних горизонтів під впливом тривалих відкачок підземних вод;
- фільтраційно-суфозійне винесення дрібнозернистих (пилуватих) часток гідрогеофільтраційним потоком експлуатаційної свердловини з небезпекою осідання земної поверхні.

Враховуючи вищенаведене, при формуванні оновленої моделі економічного розвитку України у повоєнний період та підвищення еколого-ресурсної безпеки системи господарсько-питного водопостачання на основі стійкого збільшення використання захищених від впливу техногенезу підземних вод представляється необхідним:

- виконати переоцінку прогнозних ресурсів і експлуатаційних запасів підземних вод питної якості, надати орієнтовні оцінки впливу конвективно-дифузійного переносу мінералізованих порових розчинів із слабопроникних (розділяючих) шарів на якість вод експлуатаційних горизонтів;
- розробити методику вірогідної оцінки гідрогеохімічних і пружньо-ємностних параметрів слабопроникних розділяючих шарів та їх впливу на еколого-гідрогеологічні умови гідрогеофільтраційних систем, "слабопроникний (розділяючий) шар - експлуатаційний водоносний горизонт";
- розробити наукові основи гранично-припустимих знижень рівнів в експлуатаційних водоносних горизонтах з урахуванням впливу дифузійно-конвективної міграції мінералізованих порових розчинів слабопроникних (розділяючих) шарів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Шестопапов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др. Водообмен в нарушенных условиях //в кн.: Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. – К.: Наук. думка, 1991. – 528 с.
2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2022 р. Мінрегіонрозвитку України, Київ, 2023 р., 664 с.
3. Яковлев Є.О. Оцінка впливу порових розчинів регіональних слабопроникних шарів на формування якості ресурсів питних підземних вод. Мінеральні ресурси України, № 1, 2011. С. 37-46.
4. Триснюк В.М., Трофимчук О.М. Моделювання природно-технічної системи гідроресурсів для безпеки об'єктів критичної інфраструктури. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Восьмої міжнародної науково-практичної конференції (9-12 жовтня 2023 р., м. Львів). С. 516-522 [https://conf.dkz.gov.ua/files/2023\\_materials\\_net.pdf](https://conf.dkz.gov.ua/files/2023_materials_net.pdf).
5. Удалов И.В. Трансформация геологической среды под влиянием техногенных процессов (в условиях северо-восточного Донбаса). – Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2016. – 176 с.

## ОЦІНКА САНІТАРНО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВОДИ ПОПУЛЯРНИХ САКРАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЛЬВІВЩИНИ

*Мандзюк М.І.<sup>1,2</sup>, аспірант, mandziuk.m.i@ukr.net,  
Пилипович О.В.<sup>2</sup>, к. геол. н., доцент, olha.pylypovych@lnu.edu.ua,  
Грицанюк В. В.<sup>3</sup>, к. політ. н., доцент, vita.hrytsanyuk@gmail.com,  
Дідула Р.П.<sup>1</sup>, didula\_ruslan@ukr.net,  
Костенко Є.А.<sup>1</sup>, kostenkogenja@gmail.com,  
Льченко В.А.<sup>1</sup>, skandinaw@gmail.com,*

*1 – ТОВ "Геотехнічний інститут", м. Львів, Україна,*

*2 – Львівський національний університет ім. Івана Франка, м. Львів, Україна,*

*3 – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*

У статті представлено результати досліджень санітарно-хімічних показників якості води у популярних, сакральних джерелах Львівської області. Визначений вміст основних компонентів хімічного складу води у 12-ох відомих сакральних джерелах, проаналізовано його відповідність санітарно-хімічним показникам безпечності та якості питної води і фізіологічної повноцінності мінерального складу згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10. Визначений клас якості води за загально-санітарними хімічними показниками за ДСТУ 4808:2002.

Результати досліджень дозволяють стверджувати, що вода з 11 джерел є прісною і з одного джерела мінеральною (с. Вербляни, Яворівський район). Для щоденного вживання можна використовувати воду з джерел у м. Моршин, с. Унів, с. Раковець, с. П'ятничани, с. Плутив, с. Урич, с. Криниця і с. Дубина.

## ASSESSMENT OF SANITARY AND CHEMICAL INDICATORS OF SAFETY AND QUALITY OF WATER OF POPULAR SACRED SPRINGS OF LVIV AREA

*Mandziuk M.<sup>1,2</sup>, postgraduate, mandziuk.m.i@ukr.net,  
Pylypovych O.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof., olha.pylypovych@gmail.com,  
Hrytsaniuk V.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Polit.), Assoc. Prof., vita.hrytsanyuk@gmail.com,  
Didula R.<sup>1</sup>, didula\_ruslan@ukr.net,  
Kostenko E.<sup>1</sup>, kostenkogenja@gmail.com,  
Ichenko V.<sup>1</sup>, skandinaw@gmail.com,*

*1 – LLC "Geotechnical Institute", Lviv, Ukraine,*

*2 – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine,*

*3 – Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

The article presents the results of research on sanitary and chemical indicators of water quality in popular, sacred springs of the Lviv region. The content of the main components of the chemical composition of water in 12 known springs was determined. The compliance of the chemical composition with the sanitary-chemical indicators of the safety and quality of drinking water and the physiological adequacy of the mineral composition according to state sanitary norms and rules 2.2.4-171-10 was analyzed. The class of water quality has been determined according to the general sanitary chemical indicators for the state standard of Ukraine 4808:2002.

The results of research allow us to assert that the water from 11 sources is fresh and from one source is mineral (the village of Verbliany Yavorivskiy district). For daily use it is possible to use water from springs in the Morshyn, Univ, Rakovets, Pyatnychany, Pluhiv, Urych, Krynytsia and Dubyna.

**Вступ.** Згідно з офіційними даними міжнародної організації UN Water Україна належить до країн, що відчувають водний стрес. Вода є стратегічним природним ресурсом, а її якість викликає щораз більший інтерес не лише серед науковців, але й серед пересічних громадян. Щоденне вживання якісної води стало трендом, а пошук джерел з якісною водою – першочерговим завданням для пересічного мешканця, як м. Львова, так і Львівської області. Особливою повагою серед мешканців Львівщини завжди користувалися сакральні джерела, які оповиті легендами, історіями, а також фактами про зцілення. Сакральні джерела Львівщини широко використовуються місцевим населенням і паломниками як для релігійних обрядів, так і для щоденного вжитку. Згідно з офіційними даними Басейнового управління водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну на території Львівської області знаходяться 454 водних джерела з них 111 – це сакральні джерела [7]. Вода з таких джерел вважається освяченою і цілющою, але не з усіх джерел можна щоденно вживати воду. Однією з причин є

високий рівень забруднення ґрунтових вод внаслідок надмірного використання азотних добрив, скидів стічних вод, розміщення несанкціонованих сміттєзвалищ, вигрібних ям тощо. Іншою причиною є те, що деякі з джерельних вод мають завищений, або занижений природний вміст деяких мінералів чи речовин, наприклад кальцію, магнію, натрію, заліза тощо.

Оцінка санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води є одним із ключових аспектів забезпечення громадського здоров'я, особливо коли йдеться про воду з природних джерел, які мають культурне та релігійне значення. В умовах підвищеного антропогенного навантаження та можливого впливу факторів забруднення навколишнього середовища питання якості води з цих джерел набуває особливої актуальності. Відсутність систематичного моніторингу та досліджень хімічних показників води може призводити до ризиків для здоров'я споживачів. Тому наукове дослідження, спрямоване на оцінку санітарно-хімічних характеристик води з популярних сакральних джерел, є важливим для розробки рекомендацій щодо її безпечного використання та збереження якості. Саме тому метою наших досліджень є визначення санітарно-хімічних показників безпечності та якості води популярних сакральних джерел Львівщини з метою інформування мешканців Львівщини щодо безпеки використання джерельної води з сакральних джерел.

**Вихідні умови.** Питання якості джерельної води у межах Львівської області вже розглядалось у працях деяких дослідників. Зокрема фахівцями Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України були досліджені деякі джерела Львова та області [4]. Схожі дослідження проводились ТОВ «Геотехнічний інститут» у ході вивчення якості підземних вод Львова та Львівської області [3, 5], Дрогобицьким державним університетом а також низкою інших дослідників [6, 7].

**Мета.** Дослідити особливості хімічного складу води відомих серед населення сакральних джерел Львівщини.

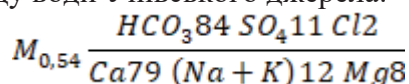
**Методика.** Для досліджень було обрано популярні, сакральні джерела, воду яких використовує в питних цілях значна кількість населення Львівщини. Якість води джерел оцінювалась за двома критеріями: нормативами санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води та показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу води.

Обидва критерії наведені в державних санітарних нормах України для води, призначеної для споживання людиною (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [1]. Для порівняння використані нормативи для водопровідної води, оскільки вони жорсткіші, а більшість споживачів використовує джерельну воду як альтернативу воді централізованого водопостачання. Визначення класу якості води за загально-санітарними хімічними показниками виконано відповідно до ДСТУ 4808:2007 [2]. Усі аналізи проб води із джерел виконано в акредитованій лабораторії ТОВ «Геотехнічний інститут».

**Результати.** Нами було відібрано проби води з 12 джерел, 2 з них розташовані у м. Львові, 10 – в межах інших районів Львівської області. Більшість досліджуваних джерел виводять воду із неогенових відкладів – 6 джерел, з четвертинних відкладів – 3 джерела, з палеогенових – 2, та з крейдових – 1 джерело.

Одним з найвідоміших сакральних джерел є джерело при Унівському монастирі в однойменному селі. Це джерело розвантажує продуктивний водоносний горизонт опільської світи неогену. Вода джерела є прісною, гідрокарбонатною кальцієвою з мінералізацією 0,54 г/дм<sup>3</sup>, а також відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10. У воді наявні нітрати, але їх вміст не значний і не перевищує ГДК.

Формула хімічного складу води Унівського джерела:

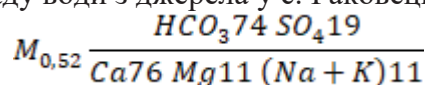


За показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу у воді цього джерела високий вміст кальцію та незначний вміст магнію.

Відомим на Заході України є джерело у с. Раковець Львівського району, яке виводить воду із вапняків і пісковиків опільської світи неогену. Вода у цьому джерелі є прісною з

мінералізацією до 0,52 г/дм<sup>3</sup>, за характером мінералізації вона є гідрокарбонатною кальцієвою. За усіма показниками хімічного складу, які визначались, вода відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10.

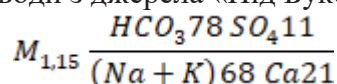
Формула хімічного складу води з джерела у с. Раковець така:



Оцінка води за критеріями фізіологічної повноцінності показує дещо підвищений вміст кальцію та понижений вміст магнію.

На заході Яворівського району, поблизу села Вербляни розташоване відоме сакральне джерело «Під Буком». Воно, ймовірно, виводить воду з неоплейстоценових алювіальних утворень. Вода цього джерела є слабомінералізованою гідрокарбонатною кальцієво-натрієвою з мінералізацією 1,15 г/дм<sup>3</sup>. Вода цього джерела не відповідає вимогам нормативних документів [1, 2] до питних вод через підвищений вміст натрію і велику мінералізацію. Вміст амонію, нітратів і нітритів хоч і не перевищує ГДК, проте є досить високим (табл. 1), що вказує на слабку захищеність продуктивного водоносного горизонту від забруднення.

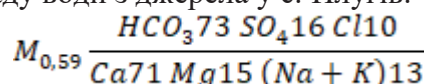
Формула хімічного складу води з джерела «Під Буком»:



За показниками фізіологічної повноцінності виявлено підвищені лужність та сухий залишок, а також високий вміст натрію.

У селі Плугів, що на Золочівщині ліворуч від автодороги та залізниці Львів-Тернопіль, розташоване джерело, яке відоме серед подорожуючих як «Божа Криниця». Джерело виводить воду з горизонту верхньокрейдових мергелів. Вода у ньому є гідрокарбонатно-кальцієвою з мінералізацією – 0,59 г/дм<sup>3</sup> та відповідає вимогам нормативних документів до питних вод за усіма показниками. У воді присутні нітрати, проте їх вміст є низьким.

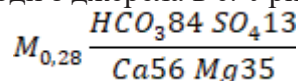
Формула хімічного складу води з джерела у с. Плугов:



За показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу води містять трохи підвищений вміст натрію та кальцію.

Популярним для відвідин серед туристів є сакральне джерело в селі Урич Стрийського району. Воно виводить на поверхню води з палеогенових флішових утворень. Вода тут є прісною, гідрокарбонатною, магнієво-кальцієвою з мінералізацією 0,28 г/дм<sup>3</sup>. Вона відзначається високою якістю та відповідає вимогам нормативних документів за санітарно-хімічними показниками.

Формула хімічного складу води з джерела в с. Урич:



За показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу в воді цього джерела є замалий сухий залишок.

Моршинське джерело № 4 або «Джерело Матері Божої» є не тільки відомим релігійним об'єктом, а й гідрологічною пам'яткою природи місцевого значення, крім того саме вода з цього джерела почала вперше використовуватись для промислового розливу як мінеральна природна столова під торгівельною маркою "Моршинська". Це джерело виводить води з нижньонеоплейстоценових утворень. Вода тут є гідрокарбонатно-сульфатною натрієво-магнієво-кальцієвою з мінералізацією 0,16 г/дм<sup>3</sup> та відповідає вимогам нормативних документів до питних вод.

Формула хімічного складу води з Джерела №4:



$$M_{0,16} \frac{HCO_3 42 SO_4 37 Cl 16}{Ca 38 Mg 36 (Na + K) 25}$$

За показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу вода цього джерела має надто низькі показники вмісту сухого залишку та кальцію.

Також користується популярністю джерело ліворуч від автодороги Львів-Рогатин у селі П'ятничани Стрийського району. Води цього джерела виходять з нижньобаденських утворень, а за хімічним складом вони є гідрокарбонатними, магнієво-кальцієвими з мінералізацією 0,53 г/дм<sup>3</sup>. У воді виявлено нітрати, проте їх вміст невеликий і відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Формула хімічного складу води з джерела у с. П'ятничани:

$$M_{0,53} \frac{HCO_3 71 SO_4 13}{Ca 66 Mg 21 (Na + K) 11}$$

За показниками фізіологічної повноцінності вода є збалансованою і лише вміст кальцію є дещо зависоким.

У Львові жителі міста беруть воду для пиття та приготування їжі з кількох джерел проте вагоме релігійне значення мають два. Джерело на Високому Замку, вода якого виводиться з водоносного горизонту у пісках та вапняках опільської світи нижнього бадену. За хімічним складом вода є прісною, сульфатно-гідрокарбонатною кальцієвою. Мінералізація – 0,97 г/дм<sup>3</sup>. Вода цього джерела не відповідає вимогам до питних вод [1] через високу твердість та великий вміст нітратів. Крім того у воді присутні амоній та нітрити (табл. 1), що вказує на свіже забруднення води.

Формула хімічного складу води з джерела на Високому Замку:

$$M_{0,97} \frac{HCO_3 48 SO_4 28 NO_3 12 Cl 10}{Ca 73 (Na + K) 16 Mg 10}$$

За показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу спостерігаємо занадто великий сухий залишок, перевищення вмісту натрію та кальцію. У воді джерела визначався й вміст фтору, який є нижчим за межі фізіологічної повноцінності, що є характерним для даного регіону.

Також відомим серед містян є Клепарівське джерело. Воно, так само як і попереднє розвантажує водоносний горизонт у пісках та вапняках опільської світи нижнього бадену. За хімічним складом вода цього джерела є прісною, сульфатно-гідрокарбонатною кальцієвою. Мінералізація складає 0,86 г/дм<sup>3</sup>. Вода цього джерела не відповідає вимогам до питних вод через високу твердість. Також тут у воді містяться нітрати, але їх вміст не перевищує ГДК.

Формула хімічного складу води з Клепарівського джерела наступна:

$$M_{0,86} \frac{HCO_3 51 SO_4 25 Cl 21}{Ca 79 (Na + K) 19 Mg 0}$$

За показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу бачимо, що води цього джерела мають зависоку твердість і сухий залишок, а також вміст натрію та кальцію. Також занижкими є вміст магнію.

Відомим є джерело в долині річки Барбара біля села Велика Воля Стрийського району, яке виводить з нижньобаденських вапняків та пісковиків прісну гідрокарбонатно-кальцієву воду, яка має мінералізацію 0,52 г/дм<sup>3</sup>. Вода не відповідає вимогам нормативних документів до питних вод через підвищений вміст заліза. Крім того у воді досить високий вміст нітратів.

Формула хімічного складу води має вигляд:

$$M_{0,52} \frac{HCO_3 58 SO_4 15 Cl 14 NO_3 11}{Ca 76 (Na + K) 16}$$

За показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу вода містить надмірну кількість натрію і кальцію та замало магнію.

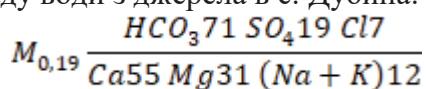
Таблиця 1

## Результати хімічних аналізів води досліджуваних джерел

Показник	Твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	Загальна лужність, мг-екв/дм <sup>3*</sup>	Сухий залишок	Натрій+Калій	Амоній	Кальцій	Магній	Залізо загальне	Хлориди	Сульфати	Нітрати	Нітрити	Мінералізація
Нормативи безпеки та якості води, мг/дм <sup>3*</sup>	≤7,0	н.в.	≤1000	≤200	≤0,5	н.в.	н.в.	≤0,2	≤250	≤250	≤50	≤0,5	≤1000
Унів	6,0	5,8	363,0	19,2	0,0	108,2	7,3	0,0	7,1	36,2	5,0	0,0	536,9
Раковець	6,0	5,1	365,0	18,6	0,0	104,2	9,7	0,0	14,2	62,7	0,0	0,0	520,5
Вербляни	4,5	11,3	806,3	229,1	0,4	62,1	17,0	0,0	28,4	76,6	47,5	0,5	1150,9
Плугів	6,7	5,7	412,7	24,0	0,0	110,2	14,6	0,0	24,9	62,2	3,0	0,0	586,5
Урич	3,4	3,1	186,1	6,6	0,0	42,1	15,8	0,0	3,6	23,5	0,0	0,0	280,6
Моршин	1,8	1,0	129,5	13,6	0,0	18,0	10,3	0,0	13,8	42,0	4,8	0,0	160,0
П'ятничани	6,2	5,0	378,2	19,1	0,0	94,2	18,2	0,0	24,9	45,3	24,0	0,0	530,7
Високий Замок	10,8	6,3	775,6	50,4	0,2	190,4	15,8	0,0	49,7	176,6	100,0	0,1	967,7
Велика Воля	5,8	4,1	399,8	26,2	0,0	106,2	6,1	0,5	35,5	51,9	48,5	0,0	524,9
Клепарів	9,5	6,1	673,9	53,0	0,0	188,4	1,2	0,0	88,6	142,4	15,0	0,0	860,9
Дубина	2,2	1,8	135,1	7,3	0,0	28,1	9,7	0,2	7,1	23,5	2,5	0,0	188,2
Криниця	3,1	2,3	253,1	29,4	0,0	42,1	12,2	0,0	24,9	38,7	35,5	0,0	323,3
Показники фізіологічної повноцінності води, мг/дм <sup>3</sup>	1,5 - 7,0	0,5 - 6,5	200 - 500	2 - 20		25 - 75	10-50						

На теренах Стрийського району на лівому березі річки Кам'янка, трохи вище за течією від відомого водоспаду між селами Кам'янка і Дубина розташоване популярне цілюще джерело. Воно виводить води з палеогенових утворень яменської світи. Вода тут прісна, гідрокарбонатна, магнієво-кальцієва з мінералізацією 0,19 г/дм<sup>3</sup> та відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10. У воді джерела наявний незначний вміст нітратів та залізо, останнє сягає верхньої межі норми.

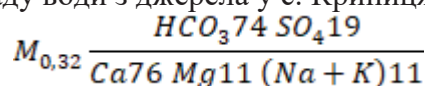
Формула хімічного складу води з джерела в с. Дубина:



За показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу вода цього джерела має занижкий сухий залишок.

В центральній частині села Криниця Стрийського району є джерело, котре виводить воду із неоплейстоценових алювіальних утворень. Вода з цього джерела є прісною, гідрокарбонатною, магнієво-кальцієвою з мінералізацією 0,32 г/дм<sup>3</sup>. Вода відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10, проте у ній є досить високий вміст нітратів, що вказує на забруднення в межах області живлення.

Формула хімічного складу води з джерела у с. Криниця:



Що стосується фізіологічної повноцінності хімічного складу, то лише вміст натрію є дещо зависоким, а всі інші компоненти не виходять за допустимі межі.

Визначення класу якості води за загально-санітарними хімічними показниками проводилося відповідно до ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання» [4]. Отримані результати показують, що води досліджуваних джерел відносять до двох класів якості: 1 клас «відмінна» вода і 2 клас «добра» вода (табл. 2).

Таблиця 2

Клас якості води за загально-санітарними хімічними показниками

Джерело	ІЯ, Σx <sub>сер</sub>	Клас і підклас	Характеристика класів і підкласів якості води
Джерело Матері Божої	1,1	1	Клас 1. «Відмінна», дуже чиста вода
Дубина	1,1	1	Клас 1. «Відмінна», дуже чиста вода
Унів	1,3	1(2)	Клас 1. «Відмінна», дуже чиста вода з ухилом до класу «доброї», чистої води бажаної якості
Урич	1,3	1(2)	Клас 1. «Відмінна», дуже чиста вода з ухилом до класу «доброї», чистої води бажаної якості
Раковець	1,5	1(2)	Клас 1. «Відмінна», дуже чиста вода з ухилом до класу «доброї», чистої води бажаної якості
Криниця	1,5	1(2)	Клас 1. «Відмінна», дуже чиста вода з ухилом до класу «доброї», чистої води бажаної якості
Плугів	1,5	1(2)	Клас 1. «Відмінна», дуже чиста вода з ухилом до класу «доброї», чистої води бажаної якості
Клепарів	1,5	1(2)	Клас 1. «Відмінна», дуже чиста вода з ухилом до класу «доброї», чистої води бажаної якості
Велика Воля	1,8	2(1)	Клас 2. «Добра», чиста вода з ухилом до класу «відмінної», дуже чистої
П'ятничани	1,9	2(1)	Клас 2. «Добра», чиста вода з ухилом до класу «відмінної», дуже чистої
Вербляни	2,2	2	Клас 2. «Добра», чиста вода прийнятної якості
Високий Замок	2,3	2(3)	Клас 2. «Добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабко забрудненої прийнятної якості

\*ІЯ - індекс якості води

**Висновки.** Підсумовуючи результати досліджень, зазначимо, що відповідно до результатів хімічних аналізів:

- вода з 11 джерел є прісною і з одного джерела – мінеральною (с. Вербляни Яворівський р-н);
- для щоденного вживання можна використовувати воду з джерел у м. Моршин, с. Унів, с. Раковець, с. П'ятничани, с. Плугів, с. Урич, с. Криниця, с. Дубина;

- вода з джерела у с. Велика Воля умовно придатна для щоденного вживання після відстоювання, за умови стабільності хімічного складу впродовж року;
- вода з джерел на Високому Замку та Клепарові у Львові без очистки не придатна до щоденного вживання;
- вода із джерела у с. Вербляни не придатна для щоденного вживання і її використання може бути лише періодичним, як мінеральної води з підвищеним вмістом компонентів хімічного складу;
- за параметрами фізіологічної повноцінності найкращою можна визнати воду із джерел у селах: Криниця, Урич, Пługів, П'ятничани.

Вважаємо, що такі дослідження мають цінне практичне та просвітницьке значення, адже об'єктивна інформація про якість питної води дозволить підняти рівень екологічної освіченості населення та запобігти споживанню неякісної води. Окрім цього, пропонуємо створити інтерактивний онлайн сервіс на якому кожен пересічний мешканець Львівщини зможе отримати інформацію про якість води з того чи іншого джерела, а також про історію та перекази цих гідрологічних сакральних об'єктів.

#### **Список використаних джерел:**

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10. "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". Затв. наказом МОЗ України від 12 травня 2010 року N 400.
2. ДСТУ 4808:2007. "Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. Київ. Держспоживстандарт України.
3. Дідула Р.П., Кондратюк Є.І., Блавацький Ю.Б., Усов В.Ю., Пилипович О.В. Оцінка санітарно-хімічних показників безпечності та якості води популярних джерел різних геоструктурних зон Львівщини. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: наук. збірник. 2018. № 4 (51). С. 87–101.
4. Колодій В. До гідрології і гідрогеохімії Львова й околиць / В. Колодій, Р. Паньків, О. Майкут // Праці наук. тов. ім. Шевченка / Наук. т-во ім. Шевченка. – Л. : НТШ, 2007. – Т. 19 : Геологічний збірник. – С. 175-181.
5. Кондратюк Є. Характеристика основних компонентів хімічного складу господарсько-питних вод міста Львова / Є. Кондратюк, Р. Дідула, Ю. Блавацький // Матеріали п'ятої науково-практичної конф. «Екологічна 141 безпека техногенно перевантажених регіонів. Оцінка і прогноз екологічних ризиків», (Ялта, 7-11 червня 2010 р.). – Ялта, 2010. – С. 50–52
6. Підлісна О. Джерела підземних вод Львова як пам'ятки неживої природи // Геотуризм: практика і досвід. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції (5-7 травня 2016, Львів). – Львів: НВФ "Карти і Атласи", 2016.
7. Петлін В., Міщенко О. Сакральні джерела Львівської області в структурі ландшафтів. Наукові записки Тернопільського національного університету ім. В. Гнатюка. Серія «Географія». Т. 52. № 2. 2022 р. С. 107-113. DOI:<https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.2.14>
8. Gedanken zu unserem Trinkwasser von Martin Berghammer. <http://www.wildalp.co.at/Bilder/GedankenZumTrinkwasser.pdf>



## СУБАКВАЛЬНІ ПІДЗЕМНІ ВОДИ ЯК ДЖЕРЕЛО РОЗШИРЕННЯ РЕСУРСНОЇ БАЗИ ПИТНОГО ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІВДЕННИХ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ

*Ємельянов В.О., д. геол.-мін. н., професор, чл.-кор. НАН України, eva@nas.gov.ua;  
volodyasea1990@gmail.com, ORCID 0000-0002-8972-0754,*

*Кирияков П.О., к. геол.-мін. н., с. н. с., paoloe@ukr.net,*

*Паришев О.О., к. геол. н., с. н. с., paryshev1974@gmail.com, ORCID 0000-0003-1318-9650,*

*Рибак О.М., к. геол.-мін. наук, с. н. с., mega.akvatorija@gmail.com,  
ORCID 0000-0001-5746-7259,*

*Державна наукова установа «Центр проблем морської геології, геоecології та осадового  
рудоутворення Національної академії наук України» (ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України»),  
Київ, Україна*

Наведено результати аналізу світового досвіду використання субаквальних, зокрема субмаринних, вод для питного і технічного водозабезпечення населення та виробничої інфраструктури приморських країн. Розглянуто проблему зменшення в останні десятиріччя ресурсної бази питного водозабезпечення південних та південно-східних областей України. Показано можливе значне загострення ситуації з забезпеченням прісною, передусім питною водою, зазначених областей внаслідок широкомасштабної агресії РФ проти нашої країни та тимчасової окупації значної частини її приморської території. На основі результатів багаторічних досліджень установами НАН України геологічного профілю феномену субмаринного розвантаження підземних вод у Чорне море, окреслено можливості, методичні підходи та технічні засоби для забезпечення ефективного використання субмаринних підземних вод. Показано, що як з економічної, так і з екологічної точок зору прісні субмаринні підземні води можуть бути кращою альтернативою і потенційною заміною морської води, зокрема, при застосуванні технологій опріснення останньої. Проведені дослідження показали, що використання субаквальних, зокрема субмаринних, підземних вод в якості додаткового джерела прісної води для водозабезпечення південних та південно-східних областей України у період повоєнної відбудови, не передбачає наявності значущих екологічних, соціальних чи політичних перешкод, що дозволяє рекомендувати науковим установам і вищим навчальним закладам країни найближчими роками приділити підвищеної уваги вивченню особливостей формування, накопичення та розподілення субаквальних підземних вод півдня та південного-сходу України, а також підготовці фахівців гідрогеологів і геоecологів відповідного профілю.

## SUBAQUEOUS GROUNDWATER AS AN EXPANDING RESOURCE FOR DRINKING WATER SUPPLY IN SOUTHERN UKRAINE

*Iemelianov V., NAS Corresp. Member, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Prof., Chief Researcher,  
eva@nas.gov.ua; volodyasea1990@gmail.com, ORCID 0000-0002-8972-0754,*

*Kiriakov P., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Researcher, paoloe@ukr.net,*

*Parishev O., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Researcher, paryshev1974@gmail.com,  
ORCID 0000-0003-1318-9650,*

*Rybak O., Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Researcher, ORCID 0000-0001-5746-7259,*

*State scientific institution "Center for problems of marine geology, geoecology and sedimentary ore  
formation of the National Academy of Sciences of Ukraine" (DNU "MorGeoEcoCenter of the National  
Academy of Sciences of Ukraine"), Kyiv, Ukraine*

The analysis results of global practices in utilizing subaquatic, particularly submarine, waters for drinking and industrial water supply in coastal nations are presented. The problem of the reduction in the resource base of drinking water supply in the southern and southeastern regions of Ukraine in recent decades is considered. The article highlights a potentially significant deterioration in the supply of fresh, particularly drinking water, to these regions as a result of Russia's large-scale aggression against our country and the temporary occupation of a substantial portion of its coastal territory. Based on long-term research conducted by institutions of the National Academy of Sciences of Ukraine on the geological characteristics of submarine groundwater discharge into the Black Sea, the study outlines the possibilities, methodological approaches, and technical means for the effective utilization of submarine groundwater. It has been demonstrated that, from both economic and environmental perspectives, fresh submarine groundwater can serve as a superior alternative and a potential replacement for seawater, especially when utilizing desalination technologies. The studies conducted have shown that utilizing subaquatic, particularly submarine, groundwater as an additional source of fresh water supply to the southern and southeastern regions of Ukraine during the post-war reconstruction period does not present any significant environmental, social, or political obstacles. This allows for the recommendation for scientific institutions and higher education establishments in the country to focus increased attention on studying the formation, accumulation, and distribution of subaquatic, particularly submarine, groundwater in southern and southeastern Ukraine in the coming years, as well as the training of hydrogeologists and geoecologists of the relevant profile.

**Вступ.** Субаквальні підземні води (СПВ) – це води, що зберігаються під дном водного басейну, в просторі геолого-екологічної субсистеми його геоекосистеми. СПВ можуть існувати у великих кількостях і мати набагато нижчу, аналогічну або більшу солоність, ніж водні середовища акваекологічних субсистем геоекосистем морських чи прісноводних басейнів, в просторі геолого-екологічних субсистем в яких вони знаходяться.

Коли СПВ є прісними, або слабосоленими, їх можна розглядати як потенційний ресурс і джерело води для питного водопостачання та оцінити доцільність практичного використання.

Обговорюється гідрогеологічний потенціал та економічні фактори, а також представлена технічна концепція забору, транспортування та очищення води. Виходячи з цих факторів, ми припускаємо, що підводні ґрунтові води можуть бути потенційною заміною для опріснення морської води з точки зору порівнянного або нижчого потенціалу витрат.

Крім того, ми очікуємо підвищення енергоефективності, а отже, й вищих екологічних показників щодо зменшення викидів CO<sub>2</sub> порівняно з опрісненням морської води на основі викопного палива. Ми не передбачаємо серйозних екологічних, соціальних чи політичних перешкод для використання СПВ як додаткового джерела прісної води.

Доступ до достатньої кількості води належної якості є однією з першочергових потреб живих істот з людиною включно, а також однією з вирішальних умов для нормального суспільно-економічного розвитку людських спільнот. Вже сьогодні багато країн відчувають нестачу води, і прогнози передбачають ще більше загострення ситуації із забезпеченням питною водою в майбутньому через зростання населення, урбанізацію, розвиток інтенсивних технологій в промисловому та аграрному секторах, а також – зміну глобального клімату тощо [9].

Країни, особливо розвинуті, часто надмірно використовують свої підземні водні ресурси, що спричиняє такі проблеми, як виснаження підземних вод. В приморських країнах непоодинокими є проникнення солоних морських вод до водоносних горизонтів та погіршення їхньої якості.

Багато країн протягом останніх десятиліть дедалі більше опріснюють морську воду для виробництва питної води, що є дуже енерговитратним і дорогим процесом, який часто передбачає споживання великої кількості викопного палива. Використання СПВ може бути додатковим джерелом питної води, особливо в тих регіонах, де її дефіцит є реальністю, і де єдиною дієвою альтернативою з точки зору забезпечення великої кількості води є опріснення морської води.

Територіальний розподіл водних ресурсів України є нерівномірним і не відповідає розміщенню водомістких господарських комплексів [3]. Найвищий рівень водозабезпечення громад - у західних і північних областях України. Найменша кількість водних ресурсів формується на сході в місцях зосередження потужних промислових об'єктів, а також в межах тимчасово окупованого Криму. Найбільш вразливою є територія південних областей і приморських територій України.

### **Основний матеріал.**

Підземні води південних і східних областей України характеризуються підвищеним вмістом солей, що зумовлює необхідність їхнього опріснення. Найбільш незадовільний стан підземних вод на півдні України – у Одеській, Миколаївській, Херсонській, Запорізькій областях. Пестицидне забруднення вище нормативних показників спостерігається у Одеській, Вінницькій і Миколаївській областях. Масштаби і темпи змін геоекологічного стану підземних вод особливо відчутні у густонаселених районах з інтенсивною господарською діяльністю, де функціонують великі водозабори. Пильної уваги потребують підземні води приморських регіонів [5].

З огляду на те що південні області України мають обмежені ресурси підземних вод, а погіршення їхнього еколого-гідрологічного стану призвело у деяких районах до вичерпання і забруднення, тому пріоритет нарощування ресурсної бази за рахунок субмаринних підземних вод є питанням одночасно і сьогодення, і довгострокових стратегічних намірів забезпечення

водою прибережних громад. Використання субмаринних джерел водопостачання являється ефективним та екологічно безпечним.

Особливо актуальними стають такі розробки в теперішній час, коли загострилась ситуація з забезпеченням питною водою зазначених областей внаслідок широкомасштабної агресії РФ проти нашої країни та тимчасової окупації значної частини її приморської території.

Війна в Україні – це катастрофа для усього континенту. З погляду навколишнього середовища немає локальної війни, адже наслідки військових дій поширюються на цілий світ і здійснюють шкідливий вплив на здоров'я і життєдіяльність людства. Сьогодні російсько-окупаційні війська руйнують в Україні інфраструктуру, порушуючи, зокрема, екологічну рівновагу. Водночас руйнування інфраструктури, пов'язаної з водопостачанням та водовідведенням, хімічне забруднення, відключення від електроенергії об'єктів, що скидають стічні води, становлять загрозу для водних ресурсів загалом.

Проведений міжнародними фахівцями попередній аналіз загроз та ризиків природному середовищу через воєнні дії [13] показав наступне. На фоні знищення та руйнування усього спектру природних екосистем, військові операції спричиняють хімічне забруднення ресурсів прісної води безпосередньо через скидання боєприпасів і військового спорядження, розкладання боєприпасів, викид і вимивання залишків вибухових речовин, пошкодження промислових об'єктів [15]. Підземні води, які забезпечують 25 % потреб України у питній воді, можуть бути забруднені вимиванням із ґрунту залишків вибухонебезпечних речовин, таких як перхлорати та нітрати [10, 11]. Під час війни пошкодження водної інфраструктури російським загарбником відбувається незважаючи на міжнародні конвенції, які забороняють напади на водну інфраструктуру (наприклад, дамба Каховського водосховища), коли збиток для цивільного населення є непропорційним до військової переваги. Ці атаки позбавляють людей питної води, порушують санітарні умови, забруднюють поверхневі та підземні води, руйнують екологічну рівновагу.

На цьому загальному фоні, в нинішніх умовах, пошуки альтернативних, додаткових ресурсів прісних вод є нагальною необхідністю. На жаль, прикладів використання субмаринних вод для наших господарських потреб поки ще не існує, але деякі розробки є в наявності, чекаючи своєї практичної реалізації.

У світі вже накопичений певний досвід щодо вилучення прісної води відносно субмаринного розвантаження. Найчисленнішою групою підводних джерел є розвантаження вод з тріщинно-карстових карбонатних колекторів. Він часто використовується в прибережних регіонах для додаткового водопостачання питною водою. Цей тип поширений переважно в Середземному морі, на шельфі якого виявлено багато підводних джерел, пов'язаних з закарстованими масивами мезозойських вапняків. Здебільшого вони простягаються вздовж північного узбережжя, де описано 40 великих джерел, які використовуються для питного і технічного водозабезпечення населення приморських країн [8]. В країнах Європи, наприклад, дослідження зосереджуються також на глибоководних підземних водах палеорусел річок. В приморських областях певних країн їх потенціал оцінюється як джерело питної води хорошої якості. Результати узагальнено в роботі W.M. Edmunds [12].

Дуже часто біля берегів можна бачити, навіть в умовах аридного клімату, прісноводні рослини, що свідчить про площадне височування прісних вод з окремих підземних водоносних горизонтів. Проте, розсіяний характер розвантаження такого типу не знайшло свого практичного застосування. Досвід показує, що головне завдання, зокрема морських гідрогеологів, – пошуки не площадного розвантаження СПВ, але більших зон міграції вод, і саме таких джерел, з яких воду можна добувати.

Прикладами розвантажень субмаринних вод із величезним дебітом є джерела, розташовані, зокрема, в Атлантичному океані, поблизу Флориди, де безпосередньо в морі багато морських суден бункирується прісною водою. Такі джерела знайдені в Індонезії (острова. Ява та Мадуро), біля тихоокеанських берегів Північної Америки, в затоці Карпентарія (Австралія), де місцеві рибалки одержують прісну воду з субмаринних джерел,

вставляючи в грифон бамбукову трубку, а в Перській затоці (Бахрейн) на поверхню води виводять гумові шланги з поплавцями, де прісна вода завжди є в надлишку. За літературними даними, одна з свердловин, пройдена на шельфі Австралії при глибині моря 48 м, розкрила на глибині 1200 м крейдовий водоносний горизонт з гарним дебітом. У США поблизу Флориди в 43 км від берега було отримано фонтан прісної води заввишки 9 м.

При відсутності артезіанського розвантаження вод та пов'язаних з ними джерел, водоносні горизонти можуть бути розкриті за допомогою буріння. Це може бути особливо актуально в районах зі зменшенням п'єзометричного напору в замкнених водоносних горизонтах, що спостерігається в тому числі в таких містах як Венеція, Бангкок і Джакарта, які, до речі, зазнають неминучого та значного опускання. У випадку Джакарти, наприклад, опускання, що складає приблизно 30 см на рік, є звичайним явищем, яке пояснюється відкачуванням ґрунтових вод [14]. Іншою проблемою Джакарти, коли цей мегаполіс розглядати в світлі водозабезпечення, є нездатність водоносного горизонту прибережної системи, яка сформувалася 28 000–34 000 років тому, адаптуватися до режиму відкачування води протягом останніх 100 років. Таким чином, єдиним життєздатним варіантом забезпечення водою у потрібній кількості стала можливість задіяння водоносного горизонту, який простягається далеко в мілководне Яванське море. Забір підземних вод з під морського дна дозволяє, у випадку його реалізації, ефективно відкачувати воду з того самого водоносного горизонту, але з іншої точки, не спричиняючи просідання в міських районах.

На сьогодні загальноприйнятих прийомів гідрогеологічного вивчення та промислового видобування СПВ, ще не відпрацьовано. На даний час, розвантаження СПВ, зокрема субмаринні, поділяються на такі основні типи:

- розвантаження вод з тріщино-карстових карбонатних колекторів;
- підрусловий стік річок та річкових долин;
- площадні височування під рівнем моря;
- стік вод глибинних водоносних горизонтів.

По кожному типу розвантаження, на основі результатів багаторічних досліджень, що здійснювались у ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України», окреслено можливості, методичні підходи та технічні засоби для забезпечення ефективного використання субмаринних підземних вод як джерела розширення ресурсної бази забезпечення прибережних областей України питною та технічною водою.

Розвантаження вод з тріщино-карстових карбонатних колекторів є самою численною групою підземних джерел [4, 7]. Що стосується ділянок підруслового стоку, то у північно-західній частині Чорного моря вони приурочені до долин палеорічок Дніпра і його притоків, Бугу, Дністра тощо. Це підтверджено, зокрема, наявністю прісних напірних вод у вапняках понтичного віку, розкритих при бурінні на піднятті Голіцина [2, 4]. Ділянки субмаринного розвантаження відомі і на пересипах, поблизу Тендрівської, Кінбурнської кіс, в Одеській і Каркінітській затоках тощо.

Для вивчення четвертинних палеодолин проводилися картувальні роботи. Так, на ділянці палео-Дніпра у 1973-1975 рр. було проведено інженерно-геологічну зйомку масштабу 1:50 000. Слід зазначити, що розглянута морська площа є перспективною в гідрогеологічному відношенні.

Для вивчення різновікових четвертинних палеодолин на шельфі північного заходу Чорного моря був проведений спеціальний 5-й рейс науково-дослідного судна «Київ», під час якого вивчався підрусловий стік прісних вод у палеодолинах. За акустичними, геохімічними вимірами найбільші показники розвантаження прісних вод були виявлені у палеорічних системах.

Нерідко продовженням гирл річок є підводні каньйони, з якими пов'язані численні субмаринні джерела. Це дозволило висунути ідею про можливу роль каньйонів як водоносних пластів. Такі ущелини-каньйони виявлені під час комплексних морських експедицій [7]. Практика дослідницьких робіт у каньйонах недостатньо велика і, тому, нами, з урахуванням етапності, типу розвантаження і плавзасобів, було прийнято методику робіт, яка передбачає



всестороннє полігональне дослідження верхів'їв каньйонів, що включає промір і сейсмоакустичне профілювання з подальшим вибором розрізу для безперервного вертикального зондування, поінтервального точкового опробування розрізу води батометрами та при можливості колонкове опробування донних відкладів [2, 4].

У випадку розвантаження глибинних водоносних горизонтів, то воно спричинено в основному тектонічними порушеннями геологічних пластів на дні моря. Головне завдання – пошуки не площинного розвантаження підземних вод, а більших зон міграції, джерел, де можливо організувати водозабір.

У всіх структурних елементах нафтогазоносною провінції добре досліджений нижньокрейдний водоносний комплекс [1]. Його пластові води приурочені до алевритопіщаних порід неокоча, апта і частково альба. Водообільність цього комплексу змінюється в широких межах. Всі води високонапірні. Дебіти свердловин коливаються від десятків часток кубічних метрів на добу до 1000 м<sup>3</sup>/доб. і більше.

**Висновки.** Підземні води, як прісні, так і мінеральні мають велике значення для півдня України, враховуючи постійний існуючий дефіцит якісної питної та мінеральної (мінералізованої) води. Прісні води використовуються для водопостачання населених пунктів громад Одеської, Миколаївської, Херсонської областей та Рівнинного Криму. Мінеральні води мають лікувальне та лікувальне-столове значення.

Ресурси підземних вод розподілені в межах держави вкрай нерівномірно у зв'язку із відмінністю структурно-геологічних та фізико-географічних умов формування ресурсів та хімічного складу гідрогеосфери різних регіонів України. Основна частина ресурсного потенціалу зосереджена у північних та північно-західних областях країни. Південні області України мають обмежені ресурси підземних вод. Порушення експлуатації та охорони підземних вод веде до погіршення еколого-гідрогеологічного стану в південній частині України, що призвело у деяких районах цієї території до їх вичерпання і забруднення. Потужний негативний вплив на довкілля додався внаслідок широкомасштабної агресії РФ. Воєнні дії призводять насамперед до пошкодження комунікацій, руйнування підприємств та інших небезпечних об'єктів, забруднення водних і земельних ресурсів в умовах неможливості здійснення дієвого контролю і оперативної ліквідації негативних наслідків. Проведені дослідження показали, що використання субаквальних, зокрема субмаринних, підземних вод в якості додаткового джерела прісної води для водозабезпечення південних та південно-східних областей України у період повоєнної відбудови, не передбачає наявності значущих екологічних, соціальних чи політичних перешкод. Це дозволяє рекомендувати науковим установам і вищим навчальним закладам країни приділити підвищеної уваги вивченню особливостей формування, накопичення, розподілення субаквальних підземних вод, розробці нових комплексних технологій пошуку додаткових прісноводних ресурсів в шельфовій зоні, з метою залучення до системи водозабезпечення півдня та південного-сходу України тієї частини підземного стоку, яка розвантажується у море, а також подбати про підготовку фахівців гідрогеологів і геоекологів відповідного профілю. Водночас, виконання цих заходів з практичним втіленням отриманих результатів стануть частиною внеску з боку України у розв'язанні спільної глобальної міжнародної проблеми - нестачі прісноводних ресурсів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Багрій І.Д. Фундаментальні розробки – підгрунття нових концепцій та високоефективних пошукових технологій (підземні води, вуглеводні). Київ: Фоліант. 2017. 562 с.
2. Гончар Г.Я. Гідродинамічні умови та гідрохімічні градієнти підземних вод Північно-Західного Причорномор'я / Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів у межах УРСР. Київ. 1975. Вип. 8. С. 67–73.
3. Емельянов В.А., Пасынков А.А., Пасынкова Л.А., Прохорова Л.А. Геоекологія Українського сектора глибоководної зони Чорного моря. К.: «Академперіодика», 2012. 349 с.

4. Лялько В.И., Шнюков Е.Ф. О субмаринной разгрузке подземных вод на шельфе Украинского Причерноморья / Геол. журн. 1980. 40, № 3. С. 48–54.
5. Семчук Г.М. Становище питного водопостачання в Україні // Рекомендації для розробки Закону України «Про питну воду». Київ, НДКТИ МГ, 2000. С. 4–18.
6. Шнюков Е.Ф., Клещенко С.А., Митин Л.И. Исследования в подводных каньонах как новый метод поисков субмаринных источников / Геол. журн., 1989. 49. № 6. С. 63–73.
7. Шнюков Е.Ф., Иноземцев Ю.И., Лялько В.И. и др. Геология шельфа УССР. Твердые полезные ископаемые. К.: Наук. думка, 1983. 200 с.
8. Bakken T.H., Mangset L.E., Ness L.M., Solomon S., Aker A.H. Submarine groundwater – an alternative source of drinking water? DNV Technical Report. 2005.
9. Bates B.C., Z.W. Kundzewicz S. Wu and J.P. Palutikof, Eds., 2008: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
10. Bordeleau G., Martel R., Ampleman G., Thiboutot S. Environmental impacts of training activities at an air weapons range. J Environ Qual. 2008;37:308–17.
11. Conflict and Environment Observatory. The coastal and marine environment. 2023. Available at: <https://ceobs.org/ukraine-conflict-environmental-briefing-the-coastal-and-marine-environment/> Accessed 1 Aug 2023.
12. Edmunds W.M. Palaeowaters in European coastal aquifers the goals and main conclusions of the PALAEWAUX project. Geological Society Special Publication 189. 2001. P. 1–16.
13. Hryhorczuk D., Levy B.S., Prodanchuk M., Kravchuk O., Bubalo N., Hryhorczuk A., Erickson T.B. Journal of Occupational Medicine and Toxicology volume 1, Article number: 1, 2024.
14. Rochman D., Rais J., Abidin H.Z., Wedyanto K. Land subsidence of Jakarta Metropolitan Area. In: 3rd FIG Regional Conference, Jakarta Indonesia, October 3–7. 2004.
15. Shumilova O., Tockner K., Sukhodolov A., et al. Impact of the Russia-Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. Nat Sustain. 2023;6:578–86.

## **ОБГРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВ ВПРОВАДЖЕННЯ У ЛІКУВАЛЬНУ ПРАКТИКУ СУЛЬФІДНИХ ВОД ПРИ ВНУТРІШНЬОМУ ЗАСТОСУВАННІ**

*Бабов К.Д., д. мед. н., професор, mrik.odessa@gmail.com,*

*Погребний А.Л., pgrb@ukr.net,*

*Цуркан О.І., к. геогр. н., с. н. с., otsurkan75@gmail.com,*

*Гуца С.Г., к. мед. н., с. н. с., gushchasergey11@gmail.com.*

*Заболотна І.Б., д. мед. н., старший дослідник, irina\_b\_z@ukr.net,*

*Ярошенко Н.О., fiziol\_29@meta.ua,*

*Бахолдіна О.І., kdlkdl2017@gmail.com,*

*ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України»,  
Одеса, Україна*

Зазвичай, у лікувальній практиці сульфідні мінеральні води використовуються для зовнішнього застосування і високо ефективні при лікуванні захворювань опорно-рухового апарату, центральної і периферичної систем, шкіри, серцево-судинних, гінекологічних тощо.

На даний час у світовій практиці є багаточисельні експериментальні та клінічні дослідження, які свідчать про високу біологічну активність та лікувальні властивості сульфідних вод і при їх питному використанні.

ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України» за результатами досліджень сульфідних вод ряду родовищ України в експерименті на інтактних тваринах засвідчено їх безпечність для внутрішнього застосування й наявність біологічної активності з акцентом впливу на структурно-функціональний стан шлунку, печінки, нирок, на функціональний стан центральної і вегетативної нервової системи, стан периферійної крові та імунної системи, що може бути інтегровано в сучасну систему лікування й реабілітації, зокрема для внутрішнього застосування сульфідних вод, на засадах доказової медицини.

## **JUSTIFICATION OF THE PERSPECTIVES OF IMPLEMENTATION IN MEDICAL PRACTICE OF SULFIDE WATERS FOR INTERNAL APPLICATION**

*Babov K., Dr.Sci.(Med), Prof., mrik.odessa@gmail.com,*

*Pogrebny A., pgrb@ukr.net,*

*Tsurkan O., Cand. Sci. (Geogr.), Senior researcher, otsurkan75@gmail.com,*

*Gushcha S., Cand. Sci. (Med), (Senior researcher, gushchasergey11@gmail.com,*

*Zabolona I., Dr.Sci.(Med), Prof., irina\_b\_z@ukr.net,*

*Yaroshenko N., fiziol\_29@meta.ua,*

*Bakholdina O., kdlkdl2017@gmail.com,*

*SI «Ukrainian Research Institute of Medical Rehabilitation and Resort Therapy Ministry of Health of  
Ukraine», Odessa, Ukraine*

Usually, in medical practice, sulphide mineral waters are used for external use and are highly effective in the treatment of diseases of the musculoskeletal system, central and peripheral systems, skin, cardiovascular, gynecological, etc.

Currently, there are numerous experimental and clinical studies in world practice that testify to the high biological activity and healing properties of sulphide waters even when they are used for drinking.

State University «Ukrainian Research Institute of Medical Rehabilitation and Spa Treatment of the Ministry of Health of Ukraine» according to the results of experimental studies on intact animals of sulphide waters of a number of deposits of Ukraine, their safety for internal use and the presence of biological activity with an emphasis on the effect on the structural and functional state of the stomach, liver, kidneys, on the state of the central and the autonomic nervous system, the state of the peripheral blood and the immune system, which can be integrated into the modern system of treatment and rehabilitation, in particular for the internal use of sulphide waters.

Мінеральні сульфідні води – це унікальні прояви мінеральних вод з дуже обмеженим поширенням не тільки на території України, а й взагалі, на земній кулі. Згідно чинного законодавства України до сульфідних вод відносяться вод з вмістом сірководню (сумарна концентрація в яких розчиненого газу  $H_2S$  та гідросульфід-іона  $HS^-$ ) не менше  $10 \text{ мг/дм}^3$  [1, 2]. На території України води з такими параметрами виявлено тільки в західній її частині в межах Закарпатської, Львівської, Чернівецької, Івано-Франківської та Тернопільської областей (рис.1).



Рис. 1. Ділянки родовищ сульфідних вод України

В геоструктурному відношенні сульфідні води приурочені переважно до гірсько-складчастої області Карпат та Волино-Подільської плити. Найбільша кількість родовищ знаходиться в зоні зчленування Передкарпатського прогину та південно-західного краю Східно-Європейської платформи (Волино-Подільської плити).

Вміст сірководню у водах може досягати до 300 mg/l. Загальну мінералізацію вод визначено у межах від 0,7 до 6,8 mg/l. Основний іонно-сольовий склад вод переважно гідрокарбонатно-сульфатний (сульфатно-гідрокарбонатний), або гідрокарбонатно-хлоридний кальцієвий, натрієво-кальцієвий, іноді натрієвий. Крім того, сульфідні води в невеликих концентраціях можуть містити і ряд інших специфічних біологічно активних компонентів та сполук (табл. 1).

Таблиця 1

Фізико-хімічний склад мінеральних сульфідних вод України

Місце-розташування	Но-мер свр.	Міне-рالی-зація g/l	Формула хімічного складу води	Специфічні компоненти та сполуки, mg/l					
				H <sub>2</sub> S	J	Br	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Закарпатська область</b>									
Тячівський р-н, с. Теремля	12	1,7-2,0	Cl 72-80 HCO <sub>3</sub> 17-22 (Na+K) 98-99	<b>8-15</b>	<0,2	<0,2	20-25	1-4	35
Мукачівський р-н, с. Синяк	1-дм	0,5-1,0	SO <sub>4</sub> 69-83 HCO <sub>3</sub> 15-29 Ca 59-78 Mg 12-24	<b>10-19</b>	<0,2	0,7	18-46	<0,8	110
	15-р	1,0	SO <sub>4</sub> 79 HCO <sub>3</sub> 19 Ca 72 (Na+K) 20	<b>18</b>	-	-	-	-	-



Львівська область									
Яворівський р-н, смт. Немирів	1-К, 2-К	2,4- 2,9	<u>SO<sub>4</sub> 74-78 HCO<sub>3</sub> 19-23</u> Ca77-87 (Na+K) 9-18	<b>120- 200</b>	<0,2	0,3	39-42	<0,8	200- 400
Яворівський р-н, с. Цетуля	1-BC	2,8- 3,3	<u>SO<sub>4</sub> 73-80 HCO<sub>3</sub> 15-18</u> Ca64-72 (Na+K) 22-30	<b>90- 160</b>	<0,2	1,0- 1,3	20	1,0-2,0	150- 250
Львівський р-н, смт. Великий Любень	1-К	0,9- 1,4	<u>HCO<sub>3</sub> 43-59 SO<sub>4</sub> 36-51</u> Ca73-91 (Na+K) 2-20	<b>25-60</b>	<0,2	<0,2	20-45	12	20-150
Чернівецька область									
Вижницький р-н, с. Кальнівці	31-П	4,2- 5,5	<u>Cl 65-71 HCO<sub>3</sub> 25-32</u> (Na+K) 95-98	<b>130- 230</b>	1,3- 1,6	2,5- 3,6	15-26	40-105	50-60
Вижницький р-н, с. Брусниця	516- PE	6,2- 6,8	<u>Cl 69-74 HCO<sub>3</sub> 19-26</u> (Na+K) 95-98	<b>150- 300</b>	2,2- 4,8	3,5- 6,5	18-41	40-105	30-40
Івано-Франківська область									
смт. Верховина	коло дязь	0,7- 0,8	<u>HCO<sub>3</sub> 60-87 SO<sub>4</sub> 9-29</u> Ca 54-57 Mg 24-29	<b>8-12</b>	<0,2	<0,2	15	<0,8	500
Тернопільська область									
Теребовлянський, с. Конопківка	13-Д	0,8- 1,0	<u>HCO<sub>3</sub> 43-71 SO<sub>4</sub> 28-52</u> Ca 83-86 Mg 12-14	<b>55-85</b>	<0,2	<0,2	10-35	<0,8	400- 550

За існуючими теоріями формування сульфідних вод відбувається за результатами магматичної діяльності або процесами сульфатредукції, що здійснюються сульфатредукуючими бактеріями за наявності у водах сульфатів та органічних речовин.

Зазвичай, у лікувальній практиці сульфідні мінеральні води використовуються для зовнішнього застосування і високо ефективні при лікуванні захворювань опорно-рухового апарату, центральної і периферичної нервової систем, шкіри, серцево-судинних, гінекологічних захворювань тощо. Але, за проведеним інформаційним пошуком встановлено низку експериментальних та клінічних досліджень, які свідчать про високу біологічну активність та лікувальні властивості сульфідних вод і при їх питному використанні. Наводяться дані щодо біологічних ефектів довготривалого вживання здоровими лабораторними тваринами МВ вод з H<sub>2</sub>S, встановлено безпечність та стимулюючий вплив на гастродуоденальну та гепатобіліарну системи [3]. Повідомляється про сприятливий вплив сульфідних МВ на організм щурів з моделями цукрового діабету (ЦД), коліту та остеопорозу, корекцію метаболічних, серцево-судинних, нефрологічних, печінкових, шлункових та статевих ускладнень, підтверджених біохімічними, гістологічними та біомолекулярними дослідженнями [3].

Клінічними роботами встановлено позитивний вплив питного вживання сірководневої МВ на перебіг больових явищ та інвалідність у пацієнтів з остеоартритом поперекового відділу хребта, надлишковою вагою та ожирінням [4]. За даними авторів, у пацієнтів з хронічними захворюваннями шлунково-кишкового тракту під впливом курсового вживання сульфідної МВ було встановлено достовірне зниження вмісту глюкози, зниження інтенсивності вільнорадикального окислення та покращення якості життя [5].

У 1990 р. на курорті Бад-Ненндорф, відомому своїми сірководневими джерелами, відбувся міжнародний симпозіум, організований Німецьким товариством фізичної медицини та реабілітації, на клінічних засіданнях якого було приділено велику увагу проведенню інгаляцій повітряно-сірководневими сумішами, природними газами, що містять сірководень, пиття сірководневих та інших сірковмісних вод, зрошення порожнини рота, а також застосування сірчистих грязей або торфів, що розводяться сірководневими водами й ін. На сьогодні практика питного лікування сульфідними водами відома на курортах Румунії (Келіменешть, Качулата, Бейле Оланешть, Бейле Геркулане, Мангалія), Прибалтики (Кемері), Німеччини (Бад-Ненндорф), частково Молдови.

У республіці Молдова та Румунії класифікаційно до сульфідних (сірчаних) вод відносять води, які містять не менше 1 мг/дм<sup>3</sup> загального сірководню (H<sub>2</sub>S, HS, S чи тіосульфатів або колоїдних сірчаних комплексів) [6], що передбачає використання таких вод для внутрішнього застосування у лікувальній практиці.

На сьогодні у світовій практиці є багаточисельні експериментальні та клінічні дослідження, які свідчать про високу біологічну активність та лікувальні властивості сульфідних вод і при їх питному використанні. Визначено сприятливий вплив на організм

шурів з моделлю цукрового діабету: корекція метаболічних, серцевих, нефрологічних, печінкових та статевих ускладнень, підтверджених біохімічними, гістологічними та біомолекулярними дослідженнями [5].

При внутрішньому застосуванні сульфідної МВ «Міжеаніса», Сербія у шурів з експериментальним остеопорозом було досліджено біохімічні та гістологічні ефекти. Встановлено зниження вмісту лужної фосфатази, підвищення концентрації остеокальцину та фосфору в сироватці крові, що стимулювало відновлення кісток у шурів з остеопорозом [4].

Сірководневі води сприятливо впливають на метаболізм глюкози у тварин з моделлю діабету, чинять захисну дію на діабетичні, серцеві, тестикулярні та нефрологічні ускладнення. Додатковими ефектами також були гастропротекція, антиоксидантні ефекти та поліпшення фізіології кишківника у здорових тварин, зменшення загальних ознак моделі коліту, поліпшення ліпідного обміну, позитивний вплив на ентерогепатичний цикл жовчних кислот та функціональний стан жовчовивідних шляхів у тварин з гіперліпідемією [5].

Наявна інформація свідчить, що сульфідні води:

- виступають потужними антиоксидантами, що викликає нейтралізацію вільних радикалів у клітинах організму, тобто чинить коригуючий вплив на окислювальний стрес і перебіг запальних процесів та сприяє відновленню трофіки і регенерації тканин;
- стимулюють метаболічні процеси: активується робота органів травлення, покращується обмін речовин та нормалізується кислотно-лужний баланс у шлунково-кишковому тракті;
- покращують мікроциркуляцію. Сульфідні сприяють розширенню кровоносних судин, що покращує кровообіг і підвищує доставку поживних речовин до тканин, особливо у пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;
- чинять модулюючий вплив на нервову систему: заспокійливо впливають на стан центральної нервової системи (ЦНС), знижуючи рівень тривожності та нормалізуючи сон, що може бути корисним для пацієнтів з хронічними стресовими станами.

Впродовж 2023-24 рр. ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України» здійснено прогностичну оцінку якості та безпечності сірководневих вод при внутрішньому застосуванні на окремих ділянках [7-9], які пов'язані з різними геологічними структурами та літологічним складом порід: с. Синяк (свр. № 1-ДМ), с. Тереля (свр. № 12) Закарпатської області та с. Брусниця (свр. № 516-ре) Чернівецької області (рис. 2-4).

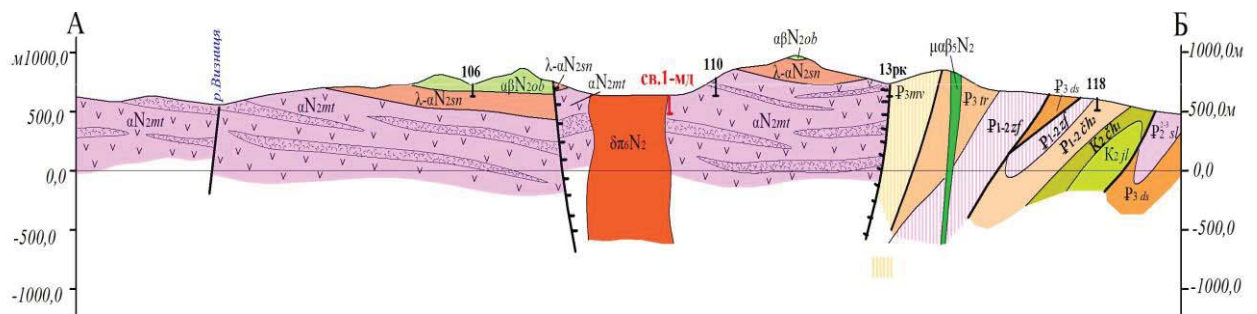


Рис. 2. Геологічний розріз по ділянці с. Синяк (за матеріалами ФОР Петрик М.В.)

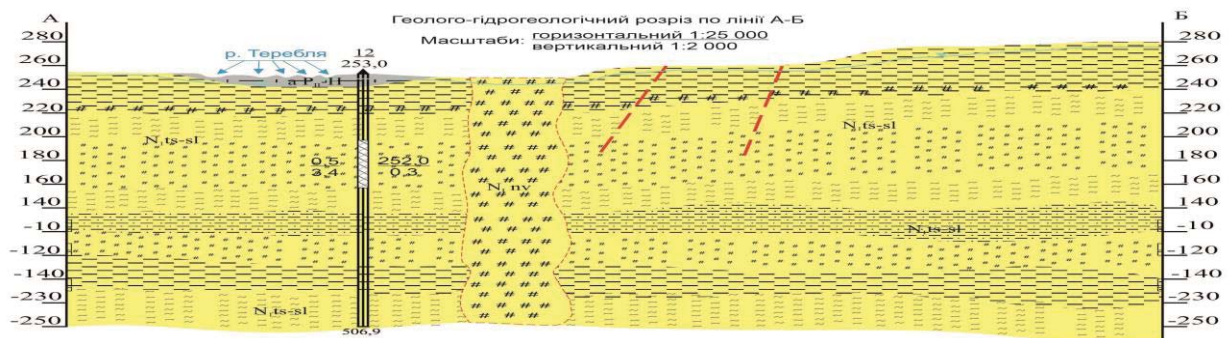


Рис. 3. Геологічний розріз по ділянці с. Тереля (за матеріалами ТОВ «Інститут геології»)

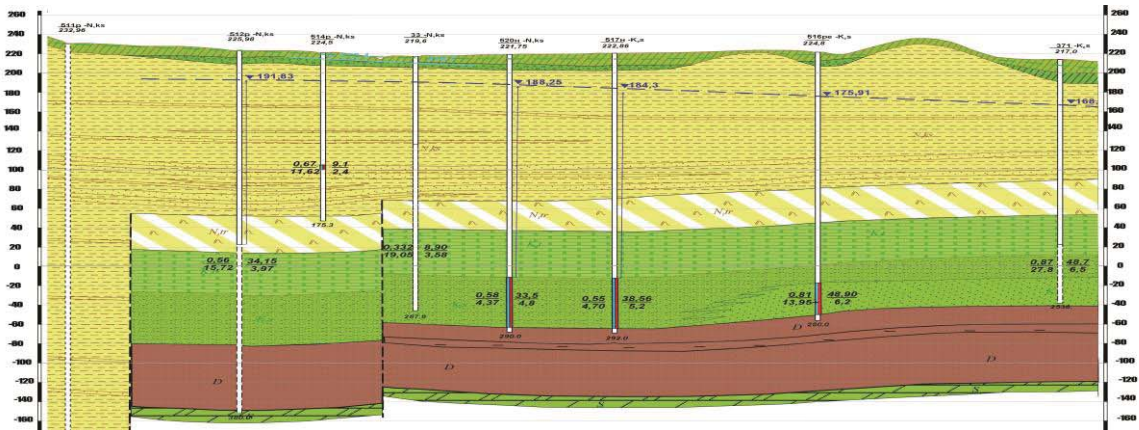


Рис. 4. Геологічний розріз по ділянці с. Брусниця (за матеріалами ФОП Павленко В.В.)

У геоструктурному відношенні ділянка с. Синяк знаходиться в межах Вигорлат-Гутинського пасма, яке є частиною Закарпатського внутрішнього прогину. Територія робіт знаходиться поруч із одним із стратовулканів – Синяк. Сульфідні води пов'язані з водоносним комплексом у відкладах матеківської світи неогену, розкриті в інтервалі залягання 105,0-125,0 м. Водовмісна товща порід представлена андезитом-базальтами тріщинуватими.

Сульфідні води ділянки с. Терєбля приурочені до Солотвинської западини Закарпатського прогину, пов'язані з водоносним комплексом локального поширення в нерозчленованих відкладах терєсвинської та солотвинської світ неогену ( $N_{1ts-sl}$ ), в інтервалі залягання від 50,0 м до 90,0 м, водовмісну товщу порід яких складають туфи.

Гідрогеологічні умови ділянки Брусницького родовища визначаються її розташуванням у межах зони сполучення південно-західної околиці Волино-Подільської плити і Передкарпатського прогину. Свердловинами № 31-П та № 516-ре ділянки Брусницького родовища розкрито водоносний горизонт у відкладах сеноманського ярусу верхньої крейди, в інтервалі глибин від 216,0 м до 285,0 м. Водовмісна товща порід представлена пісками та пісковиками з прошарками аргілітів.

Природний вміст сірководню у водах ділянок с. Синяк та с. Терєбля становить від 8 до 20 mg/l, води с. Брусниця з природним умістом  $H_2S$  до 300 mg/l для внутрішнього дослідження було дегазовано до зазначених концентрацій.

Характер біологічної дії сульфідних вод при їх курсовому внутрішньому застосуванні встановлювався в експерименті на інтактних лабораторних тваринах з використанням фізіологічних, біохімічних, імунологічних та морфологічних методів досліджень. Визначали функціональний стан центральної та вегетативної нервової системи, функцію сечовивідної системи, метаболічну функції печінки, відповідь організму з боку периферійної крові та імунної системи, структурно-функціональний стан органів-цілей (серце, шлунок, печінка, нирки) здорових щурів.

В ході проведених експериментальних досліджень на інтактних лабораторних тваринах встановлено, що внутрішнє застосування сульфідних вод зазначених ділянок викликає наступні реакції:

– у всіх випадках чинить вплив на показники функціонального стану ЦНС та емоційного стану (рухову активність, орієнтувально-дослідницьку поведінку, емоційну активність), але напрямок та рівень інтенсивності такого впливу відрізняються. Внутрішнє застосування сульфідних вод свр. № 12 сприяє зниженню рухової активності (РА) та орієнтувально-дослідницької поведінки (ОДП) та підсилює емоційну активність (ЕА); свр. № 1-ДМ — чинить помірний заспокійливий вплив на стан ЦНС та ЕА з активацією окремих вегетативних реакцій (уринація); свр. № 516-ре – чинить збуджуючий вплив на стан ЦНС та ЕА (рис. 5, 6).



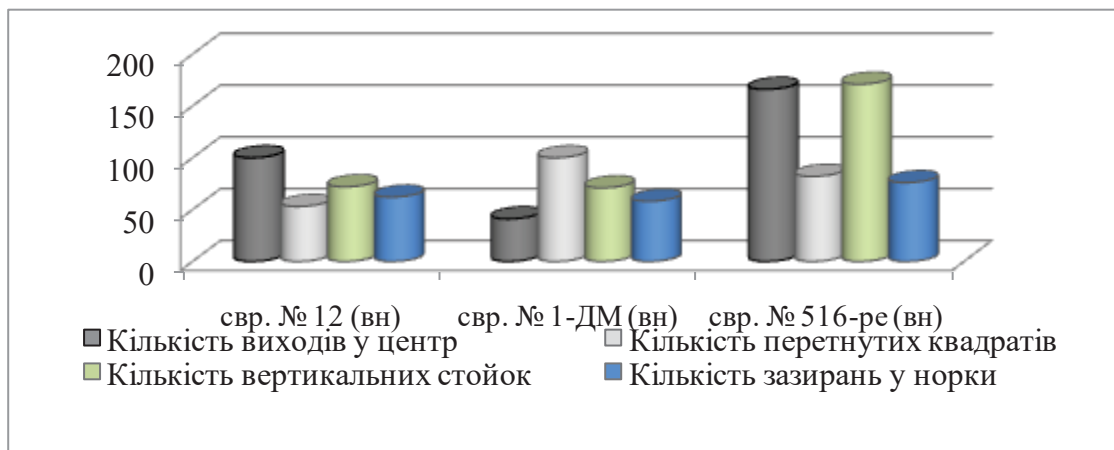


Рис. 5. Вплив сульфідних вод на показники стану ЦНС інтактних щурів

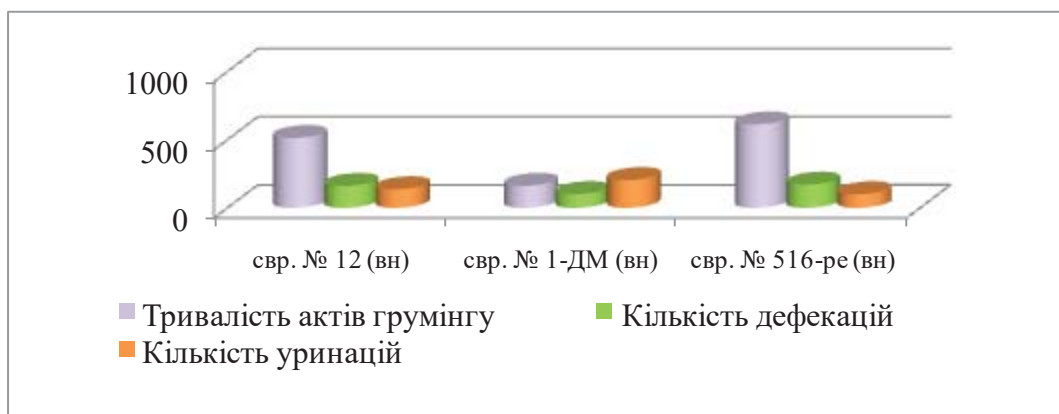


Рис. 6. Вплив застосування сульфідних вод на емоційну активність інтактних щурів

– також у всіх випадках внутрішнє застосування сульфідних МВ чинить досить виражений вплив різної спрямованості на функціональний стан нирок. МВ свр. № 12 стимулюють сечоутворення, виведення креатиніну та сечовини, зменшують виведення хлорид-іонів, свр. № 1-ДМ – стимулює сечоутворення, екскрецію сечовини та хлорид-іонів з сечею, МВ свр. № 516-ре дещо пригнічують сечоутворюючу та екскреторну функції нирок (рис. 7).

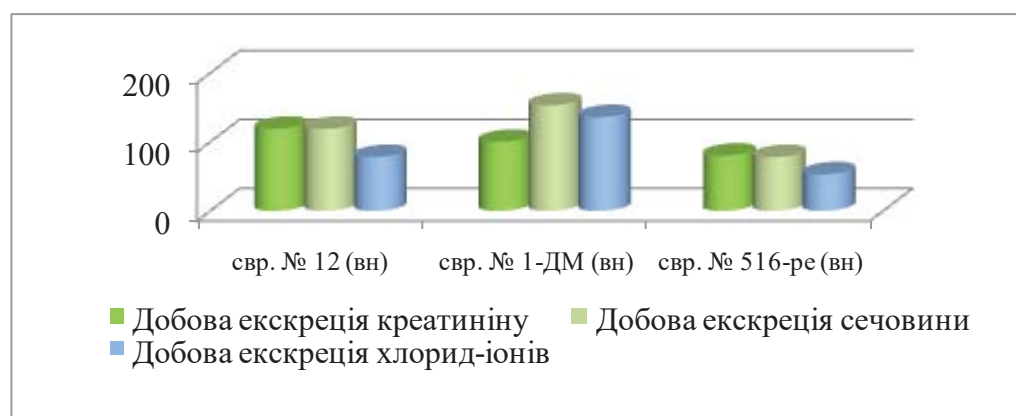


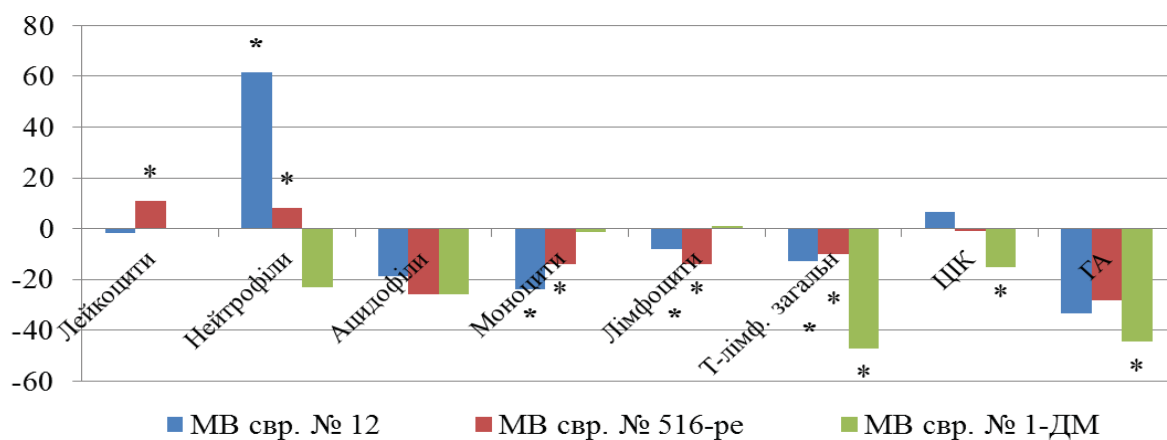
Рис. 7. Вплив сульфідних вод на екскреторну функцію нирок інтактних щурів

– з боку загальних показників периферійної крові та імунної системи:

Реакція організму на внутрішнє застосування мінеральних вод з боку показників периферійної крові та імунної системи не вважаючи на деякий загальний напрямок має свою специфіку. У всіх випадках під впливом сульфідних вод встановлено достовірне зниження відсотку лімфоцитів та спостерігається тенденція до зниженні відсотку ацидофілів.



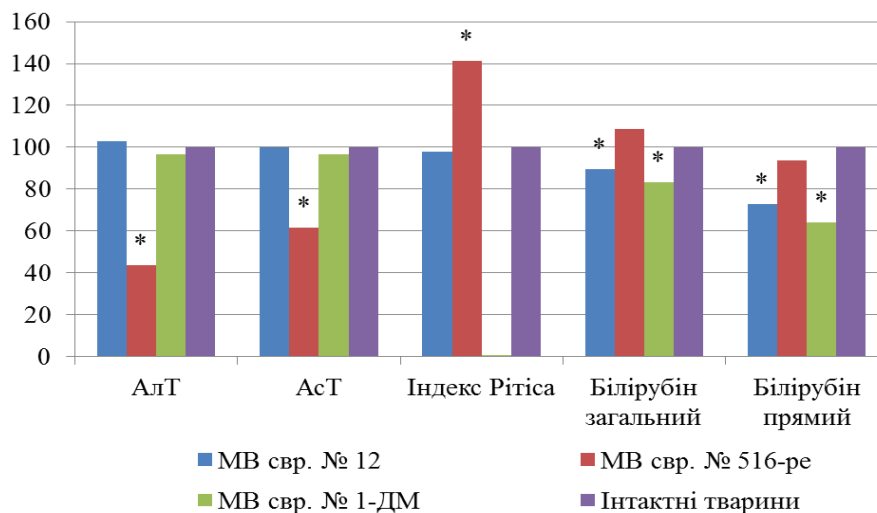
З боку показників периферійної крові застосування сульфідних МВ дещо відрізняється. На відміну від МВ свр. № 1-ДМ води свр. № 12 та свр. 516-ре викликають перерозподіл формених елементів крові (встановлено достовірне підвищення відсотку нейтрофілів та достовірне зниження відсотків моноцитів і лімфоцитів). При цьому МВ свр. № 1-ДМ чинять вплив на показники гуморальної ланки імунної системи (рівень ЦІК та вміст ГА достовірно зменшуються) (рис. 8).



\* – достовірні зміни відносно показників інтактних тварин ( $p < 0,05$ )

**Рис. 8. Реакція показників периферійної крові та імунної системи**

– **щодо метаболічних показників:** Застосування зазначених МВ має неоднозначну дію на метаболічні показники печінки. МВ свр № 516-ре викликають перебудову метаболічних процесів (достовірне зниження активності ферментів переамінування АлТ та АсТ), МВ свр № 1-ДМ та свр. № 12 мають односпрямований вплив на стимуляцію процесів жовчевиведення (зниження рівня загального ( $p < 0,05$ ) та прямого ( $p < 0,01$ ) білірубіну) (рис. 9).



\* – достовірні зміни відносно показників інтактних тварин ( $p < 0,05$ )

**Рис. 9. Реакція метаболічних показників на внутрішнє застосування сульфідних вод**

Морфологічними дослідженнями структурно-функціонального стану органів-цілей (серце, шлунок, печінка, нирки) здорових щурів, що отримували сульфідні МВ у режимі внутрішнього застосування, патологічних змін не визначено. Односпрямовані структурні прояви змін функціональної активності у тканинах печінки, нирок та шлунку спостерігаються, під впливом МВ свр. № 1-ДМ та МВ свр. № 12 (більш визначені під впливом МВ свр. № 1-ДМ), під впливом МВ свр. № 516-ре морфологічно має місце лише ознаки підвищення функціонально-структурної активності нирок (табл. 2).

**Реакція на зовнішнє застосування сульфідних мінеральних вод з боку  
структурно-функціональної організації тканин органів**

Номер водопункту	Шлунок	Печінка	Серце	Нирки
МВ свр. № 1-ДМ с. Синяк	+	+	—	+
МВ свр. № 12 с. Теремля	+	+	—	+
МВ свр. № 516-ре с. Брусниця	—	—	—	+

**Примітка 1.** + — наявність впливу;

**Примітка 2.** — — відсутність впливу.

Тобто, вивчення впливу сульфідних мінеральних вод при курсовому внутрішньому застосуванні у добовій дозі 1 % від маси тіла доводить, що МВ безпечні для організму та володіють біологічною активністю з акцентом впливу на структурно-функціональний стан шлунку, печінки, нирок, на функціональний стан центральної і вегетативної нервової системи та стан периферійної крові та імунної системи.

Враховуючи характер біологічної активності сульфідних вод при їх внутрішньому застосуванні, особливості їх фізико-хімічного складу, рекомендується проведення подальшого етапу медико-біологічних досліджень з визначення коригуючої дії МВ в експерименті на тваринах з наступними відтвореними патологічними станами:

- модель гастриту;
- модель метаболічного синдрому;
- модель цукрового діабету 1 типу (стан інсулінової недостатності за відтворенням алоксанової інтоксикації);
- модель нефриту.

За умов отримання позитивних результатів при проведенні експериментальних досліджень можна рекомендувати проведення клінічних випробувань МВ у осіб з:

- гастродуоденальною патологією;
- патологією печінки та жовчовивідних шляхів;
- патологією сечовивідної системи;
- патологією обміну речовин.

1. Захворювання шлунково-кишкового тракту. Сульфідні води можуть бути показані для лікування хронічних гастритів, виразкової хвороби та синдрому подразненого кишківника. Вони стимулюють секрецію шлункового соку та нормалізують моторику шлунково-кишкового тракту, що сприяє покращенню травлення.

2. Захворювання печінки та жовчовивідних шляхів. Внутрішнє застосування сульфідних вод сприяє підвищенню секреції жовчі, щодо помагає в лікуванні холециститу, дискінезії жовчовивідних шляхів та гепатитів. Це також полегшує процеси детоксикації в організмі.

3. Ендокринні порушення. Сульфідні води позитивно впливають на обмін речовин, що може бути корисним при таких станах, як цукровий діабет та ожиріння. Вони регулюють вуглеводний та ліпідний обмін, сприяючи зниженню рівня глюкози в крові та надаючи гіполіпідемічного ефекту.

4. Захворювання сечостатевої системи. Завдяки своїм протизапальним і спазмолітичним властивостям сульфідні води застосовуються для лікування хронічних запальних захворювань нирок і сечовивідних шляхів, покращуючи функціональний стан органів.

Подальші наукові дослідження можуть сприяти глибшому розумінню впливу сульфідних вод на організм, відкриваючи нові терапевтичні перспективи. Введення інноваційних методів лікування на їх основі може сприяти розвитку медицини та покращенню якості життя пацієнтів. Також це дозволить удосконалити критерії оцінки якості сульфідних вод з врахуванням напрямку їх внутрішнього застосування.

### Список використаних джерел:

1. Про затвердження Порядку здійснення медико-біологічної оцінки якості та цінності природних лікувальних ресурсів, визначення методів їх використання: наказ від 02.06.2003 р. № 243 // Збірник нормативно-директивних документів з охорони здоров'я. – 2003. – № 9. – С. 72–91.
2. ГСТУ 42.10-02-96. «Води мінеральні лікувальні. Технічні умови». К.: Міністерство охорони здоров'я, 1996. – 30 с.
3. Karagülle MZ, Karagülle M. Effects of drinking natural hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) waters: a systematic review of in vivo animal studies. *Int J Biometeorol.* 2020 Jun;64(6):1011-1022. doi: 10.1007/s00484-019-01829-4.
4. Costantino M., Conti V., Corbi G., Ciancarelli I., Morone G., Filippelli A. Sulphurous Crenotherapy Is Effective at Reducing Pain and Disability in Overweight/Obese Patients Affected by Chronic Low Back Pain from Spine Osteoarthritis. *Healthcare (Basel).* 2022 Sep 19;10(9):1800. doi: 10.3390/healthcare10091800.
5. Costantino M., Conti V., Corbi G., Filippelli A. Hydropinotherapy with Sulphurous Mineral Water as Complementary Treatment to Improve Glucose Metabolism, Oxidative Status, and Quality of Life. *Antioxidants* 2021, 10, 1773. DOI: 10.3390/antiox10111773 .
6. Ареминералетерапевтиче/ ConstantinMunteanu. –Bucureşti : EdituraBalneară, 2013. 64 p.
7. Медико-біологічна оцінка якості та цінності підземних мінеральних вод свердловин № 31-П с. Кальнівці та № 516-ре с. Брусниця Вижницького району Чернівецької області (доклінічні дослідження): Звіт. – Одеса: ДУ «Укр. НДІ МР та К МОЗ України», 2022. – 100 с.
8. Прогнозна оцінка безпечності та якості підземних вод свердловини № 1-ДМ с. Синяк У Тячівського району Закарпатської області при внутрішньому та зовнішньому застосуванні: Звіт. – Одеса: ДУ «Укр. НДІ МР та К МОЗ України», 2024. – 57 с.
9. Прогнозна оцінка безпечності та якості підземних вод свердловини № 12 с. Теребля Мукачівського району Закарпатської області при внутрішньому та зовнішньому застосуванні: Звіт. – Одеса: ДУ «Укр. НДІ МР та К МОЗ України», 2024. – 65 с.

## ОКРЕМІ ПРИЧИНИ ВТРАТИ ПРОДУКТИВНОСТІ СВЕРДЛОВИН НА ВОДУ

*Павлюк В.І., к. геол. н., notebooc@gmail.com,  
ЛМКП «Львівводоканал», м. Львів, Україна*

Окреслено окремі можливі причини втрати продуктивності видобувних свердловин на воду при їх тривалій експлуатації, пов'язаних з режимом їх роботи, а також хімічного складу їх вод на прикладі роботи водозабору ЛМКП «Львівводоканал» - «Будзень».

### SPECIFIC CAUSES OF WATER WELL PRODUCTIVITY LOSS

*Pavliuk V., Cand. Sci. (Geol.), notebooc@gmail.com,  
Head of the hydrogeological department of Lviv Citi Public Utility "Lvivvodokanal", Lviv, Ukraine.*

The example of the water intake "Lvivvodokanal" – "Budzen" outlines some possible reasons for the decline in well productivity during prolonged operation, related to their operational regime and the chemical composition of the water in them.

**Вступ.** Під час тривалої експлуатації свердловин на різних водозаборах ЛМКП «Львівводоканал», які були розвідані 50-70 років тому, на окремих з них, спостерігалось поступове зменшення їх продуктивності, часом до показників, які змушували такі свердловини виводити з експлуатації та тампонувати. Працівниками ЛМКП «Львівводоканал», на протязі декількох років, було запроваджено системне спостереження за окремими з таких свердловин. Збір показників спостережень та їх аналіз дозволив отримати ряд висновків, які можуть пояснити причини, динаміки такої «деградації» свердловин та заходи, які дозволять уникнути розвитку таких негативних процесів.

**Виклад основного матеріалу.** У цих матеріалах висвітлені певні закономірності, які вдалося визначити під час аналізу даних, отриманих під час експлуатації одного з найбільших водозаборів ЛМКП «Львівводоканал», що постачає питну воду до м. Львів – «Будзень».

Водозабори ЛМКП «Львівводоканал» експлуатують підземні водоносні горизонти, резервуарами для яких являються чотири основних різновікових літолого-формаційних комплекси (рис. 1). Відповідно до віку, зверху вниз вони представлені:

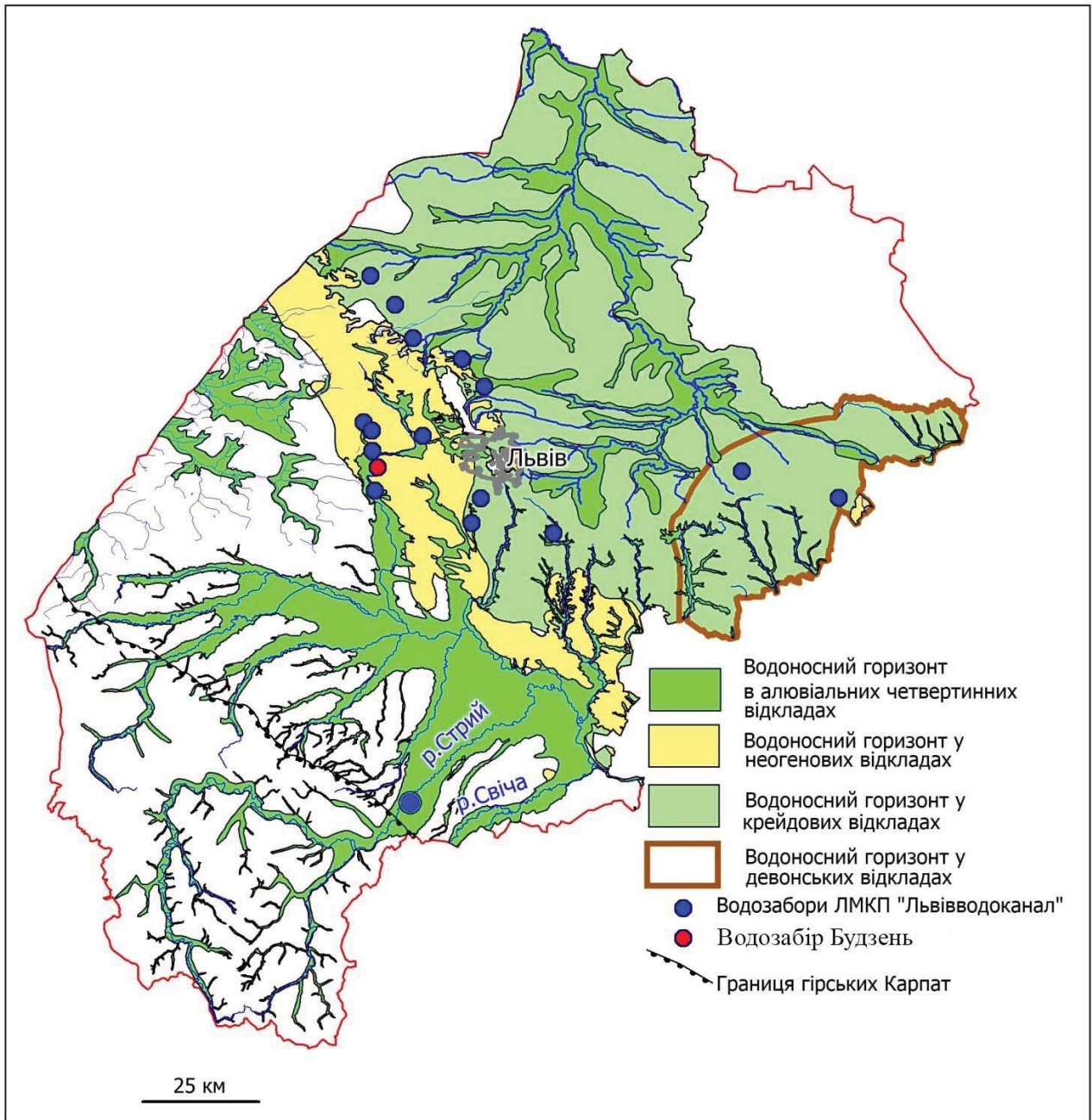
1. *Водоносним горизонтом II-III надзаплавних терасах верхнього плейстоцену і голоцену у гравійно-піщаних відкладах Стрийської річкової долини;*
2. *Неогеновим водоносним горизонтом у вапняках, пісковиках та пісках;*
3. *Крейдовим водоносним горизонтом у мергелях, крейді та пісковиках;*
4. *Девонським водоносним горизонтом у пісковиках з прошарками аргілітів та алевролітів, вапняках та доломітах.*

Водозабір «Будзень» експлуатує підземний водоносний горизонт, вміщуючими відкладами якого є фація мілководних морських відкладів нижньонеогенового віку. Характерним є для цієї фації різка мінливість складу відкладів, як у плані, так і розрізі. Відповідно до якісних показників води з водозаборів ЛМКП «Львівводоканал», води з водозаборів цього водоносного горизонту, по своїм показникам являються, у переважній більшості, одними з самих кращих («Воля-Добростанська», «Великополе»...).

Водозабір «Будзень» складається з 23 експлуатаційних свердловин, розташованих на 15 окремих площадках, які простягаються лінійно у північно-західному напрямку на протязі майже 4 км. Така велика протяжність водозабору спричинила значну розбіжність геолого-гідрогеологічних умов на різних його ділянках. Прояв такої розбіжності суттєво вплинув на якісні характеристики видобувної води. Свердловини, які розташовані з 3 по 5 площадку, виділяються різким збільшенням вмісту розчиненого заліза у їхніх водах. Концентрація тут іонів розчиненого заліза у воді може відрізнятись від вод інших свердловин у рази, а часом на порядки та суттєво перевищувати максимально допустимі нормативні гранично-допустимі норми (0,2 мг/дм<sup>3</sup> [1]), що змусило побудувати на території насосної станції



«Будзень II» станцію знезалізнення. Свердловини 1, 2а та з 6 по 15 площадку мають практично ідеальну питну воду.



**Рис. 1. Схема розташування у межах Львівської області чотирьох основних масивів підземних вод у границях басейнів рр. Дністер та Вісла, які використовує ЛМКП «Львівводоканал» для водопостачання м. Львів**

Причин такої аномалії по вмісту заліза на ділянці між площадками свердловин 3–5, яка має протяжність біля 600м може бути декілька. Це може бути: певна тектонічна структура розущільнення по якій відбувається посилений процес водообміну з більш глибокими водоносними горизонтами, насиченими іонами двовалентного заліза; гідрогеологічне вікно з нижчезаліаючим крейдовим водоносним горизонтом для якого є характерні підвищені концентрації  $Fe^{2+}$ ; перетоки з четвертинного водоносного горизонту, який захоплює торфи алювіальних відкладів р. Верещиці, що протікає поряд; аномальний вміст заліза локальної ділянки у нижньонеогенових відкладах, розташованих навколо, тощо.

Геологічний розріз продуктивного нижньонеогенового горизонту на ділянці цих площадок доволі різноманітний. Це у різній степені перешарування вапняків літотамнієвих



та пісковиків, часом з незначними прошарками глин та пісків. Відклади, у переважній більшості, скельні, доволі міцні, тріщинуваті (рис. 2).

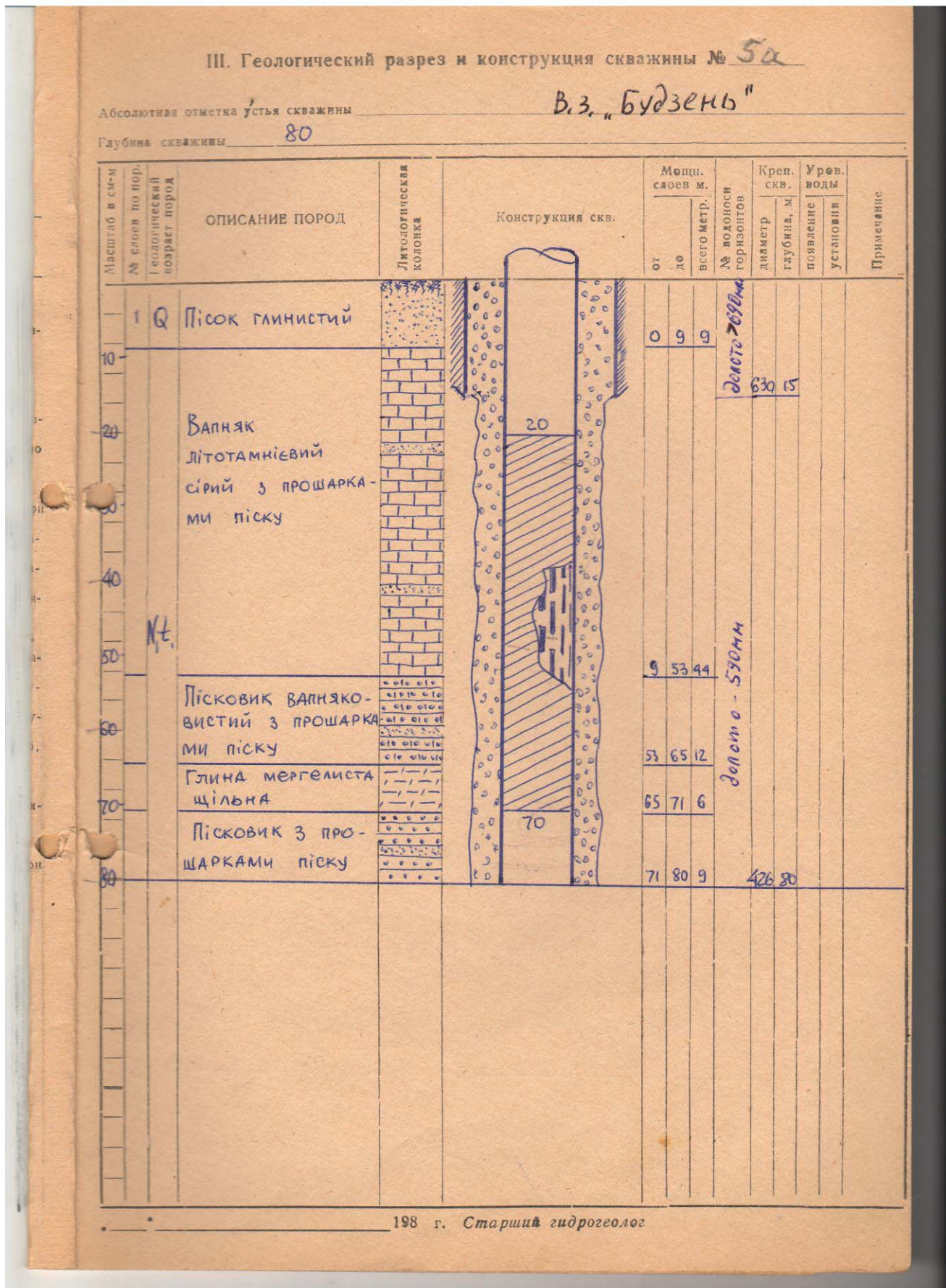
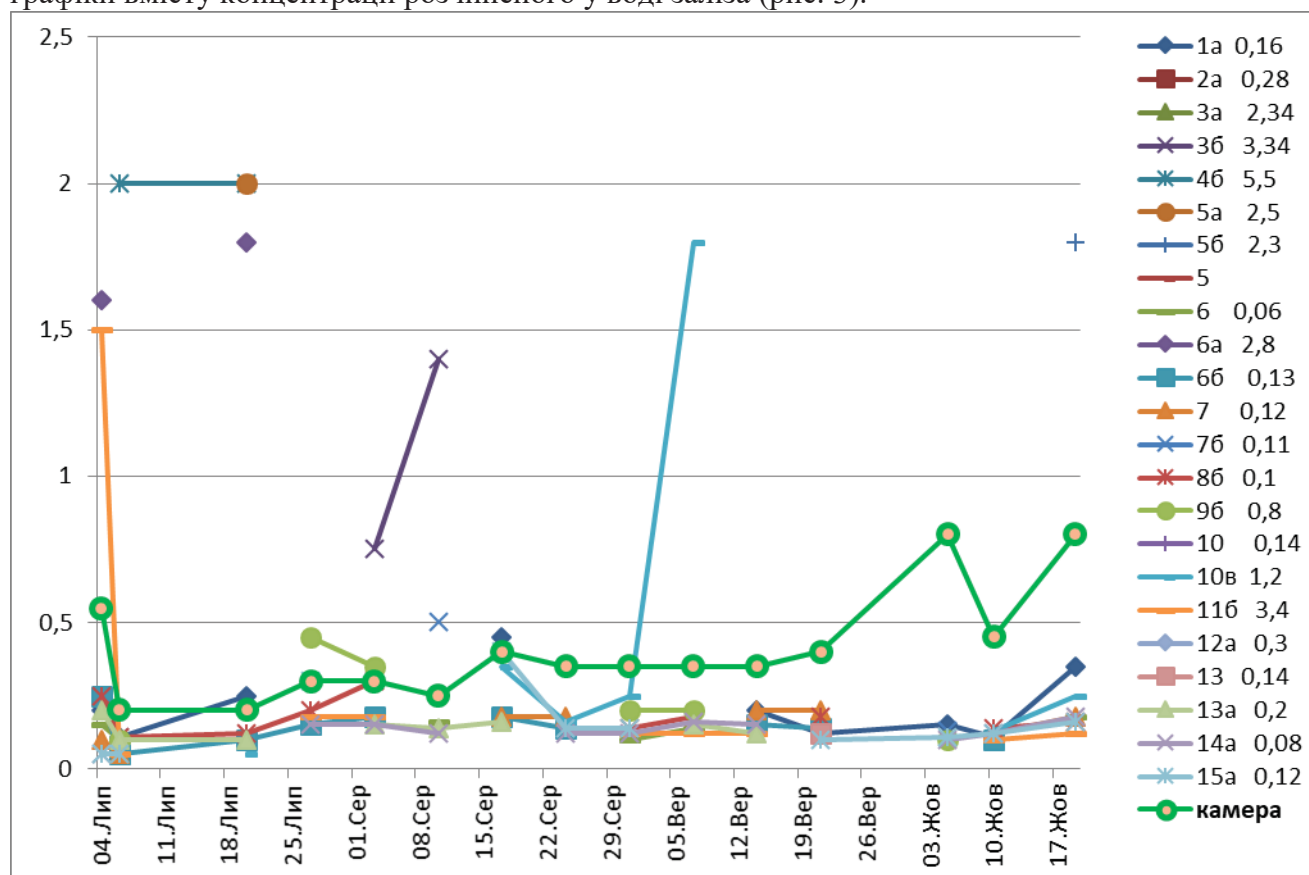


Рис.2. Геологічний розріз по свердловині 5а «Будзень»

На даний час, свердловини на цій ділянці, у зазвичай малодебітні, деякі перебудовані декілька разів (дублі свердловин), хоча на початку їх експлуатації, їхній видобувний дебіт був у рази вищий. При чому, статичні рівні з того часу не помінялися, вони контролюються рівнем поверхні русла р. Верещиця. У непорушених природних умовах, гідрогеологічні умови та водопровідність відкладів, за час існування водозабору «Будзень», були тут практично не змінні.

Після буріння свердловини по скельним породам та прокачки її до чистої води, навколосвердловинний простір очищується від дисперсних включень, які у певній мірі, природно заповнюють тріщинний простір у ньому, збільшуючи таким чином водопровідні властивості пласта у цій точці, що впливає на зростання продуктивності водозабірної споруди. Такий стан, судячи з закономірності, має не погіршуватися, адже з часом навколосвердловинний простір, за рахунок динамічних процесів доцентрового потоку підземних вод під час видобування, має тільки покращувати фільтраційні процеси у консолідованих пористих скельних відкладах навколо свердловини. Отже, має існувати окремий фактор, чи група факторів, які порушують такий стан речей.

Враховуючи відмінність хімічного складу підземних вод на проблемній ділянці, з метою визначення просторово-часових закономірностей зміни вмісту двовалентного заліза у видобувних водах будзеньського водозабору, було запроваджено щотижневий відбір води із свердловин та 6-ти разовий на добу (що 4 години) у збірному водогоні на вході на насосну станцію «Будзень II» (7 камера). За отриманими даними були побудовані порівняльні графіки вмісту концентрації розчиненого у воді заліза (рис. 3).



**Рис. 3. Графік коливання вмісту заліза у воді свердловин та насосної станції Будзень-2 (липень-жовтень 2023р)**

Результат аналізу показали наступне:

1. При одночасній роботі свердловин з аномально високим вмістом заліза у воді, розрахунковий середньозважений вміст заліза у збірному водогоні (у 7 камері) був значно менший від очікуваного.



2. При одночасній роботі свердловин виключно із низьким вмістом заліза, у межах  $0,1 - 0,2 \text{ мг/дм}^3$ , вміст розчиненого заліза у 7 камері складав біля  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ .

3. При повторному аналізі однієї і тієї ж проби (одна посудина), з часом спостерігалось значне зменшення вмісту розчиненого заліза у воді (за 5 -6 годин результат зменшувався у рази).

Науковими дослідженнями та практикою доведено, що тривалентне залізо практично мало розчинне, на відміну від двовалентного [2, 3]. Після видобування, попадаючи з анаеробного середовища неогенових відкладів в середовище насичене киснем,  $\text{Fe}^{2+}$  досить швидко окислюється та реагуючи, у тому числі, з багатокомпонентними сполуками, випадає в осад, утворюючи слабозчинні залізо-карбонатні сполуки та гідроксиди. При незначних концентраціях заліза у воді відбувається зворотній процес, незначна кількість заліза повертається у розчин із залізного осаду, досягаючи концентрацій у воді в межах  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ .

У природних умовах, неогеновий водоносний горизонт, який експлуатується будзеньським водозабором не втрачав показника своєї водопровідності мільйони років, але в умовах існуючого режиму експлуатації, може, практично повністю його втратити за декілька десятиліть навколо експлуатаційної свердловини.

З початку 90-х років потреба води для м. Львова суттєво знизилась, також суттєво знизилась втрата води під час її транспортування. Політика ЛМКП «Львівводоканал» по обліку транспортування та збуту, а також планова заміна трубопроводів та обладнання дає свої результати. Цей, беззаперечно позитивний ефект, з іншого боку, створив проблему. На даний час, трохи більше, як одночасна робота третини від усіх експлуатаційних свердловин нашого підприємства, повністю покриває потреби міста. Майже дві третини на той час знаходяться у резерві. З метою профілактики насосного обладнання та загальноприйнятої думки про необхідність періодичної прокачки свердловини для уникнення кольматажу присвердловинного простору, резервні свердловини по черговому вводяться в експлуатацію, а робочі переводяться у резерв. Періодичне включення – виключення свердловин створює умови для різких змін поверхні дзеркала водоносного горизонту, горизонтальної та вертикальної хвилеподібної флуктуації підземних вод. Подібні зміни приводять до періодичного насичення присвердловинного водоносного горизонту киснем, що у свою чергу створює умови для накопичувального окислення двовалентного заліза там та утворення багатокомпонентних слабозчинних солей та гідроксидів на його основі, які мають здатність до цементації. В умовах тропіків, такі процеси на поверхні латеритів створюють своєрідні бронюючі слабоводопроникні горизонти (залізисті шляпи), твердість яких можна прирівняти до асфальтового покриття. Таким чином, «заброньований» присвердловинний простір, не підлягає відновленню, а свердловина підлягає ліквідації.

Найбільш дієвим рішенням проти утворення подібних ситуацій, що створюють своєрідну залізисту слабоводопроникну зону навколо стовбура свердловини, має бути організація режиму роботи свердловини, що передбачає максимально можливий безперервний графік її роботи. В такому режимі роботи створюються умови постійного доцентрового притоку води у простір свердловини, що практично унеможливає у цей час потрапляння кисню у навколосвердловинний простір.

**Висновки.** Нестабільний режим роботи свердловини, часті включення та виключення насосного обладнання, при умові присутності у видобувних водах значних концентрацій двовалентного заліза, гідрокарбонатів та інших мікро та макроелементів, призводить до окислення присвердловинного простору та утворення багатокомпонентних нерозчинних сполук. Такі сполуки цементують присвердловинний простір, зменшують у ньому водопровідність, та з часом можуть повністю вивести свердловину з робочого стану. В такому випадку, такі свердловини підлягають тільки ліквідації. Найбільш дієвим рішенням проти утворення подібних ситуацій, що створюють своєрідну залізисту слабоводопроникну зону навколо стовбура свердловини, має бути створення режиму роботи свердловини, що передбачає максимально можливий безперервний графік її роботи. В такому режимі роботи



формується умови постійного доцентрового притоку води у простір свердловини, що практично унеможливує у цей час потрапляння кисню у навколосвердловинний простір та активізації процесів осадоутворення нерозчинних сполук з наступною їх накопичувальною цементацією у присвердловинній зоні.

При визначенні кількості експлуатаційних свердловин для централізованого водопостачання, згідно нормативних умов, необхідно мати 10% резервних від необхідного обсягу [4]. На всіх інших доцільно провести консервацію свердловин з обов'язковою герметизацією оголовків. Ці заходи не є необхідними на свердловинах, де хімічний склад їх вод не є чутливим до окисних процесів, які утворюють нерозчинні сполуки, які схильні до цементації. Організація такого виробництва, очевидно призведе не тільки до зменшення витрат на ремонт, відновлення та буріння експлуатаційних свердловини, а й до зменшення експлуатаційних витрат на їх обслуговування. Економічний ефект від подібної організації очевидний.

#### **Список використаних джерел:**

1. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 01.07 2010 р. за № 452/17747.

2. Гомеля М.Д., Твердохліб М.М. Дослідження ефективності очищення води від сполук заліза за допомогою модифікованих фільтрувальних завантажень. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* – 2016, с. 47-52.

Walid Elshorbagy. *Water Treatment.* [Electronic resource] InTech, 2013. – Available at: <https://www.intechopen.com/chapters/41955>.

3. Sogaard, E. G. *Groundwater Chemistry and Treatment: Application to Danish Waterworks* [Electronic resource] / E. G. Sogaard, H. T. Madsen. – Water Treatment, InTech, 2013. – Available at: [https://www.researchgate.net/publication/265744778\\_Groundwater\\_Chemistry\\_and\\_Treatment\\_Application\\_to\\_Danish\\_Waterworks](https://www.researchgate.net/publication/265744778_Groundwater_Chemistry_and_Treatment_Application_to_Danish_Waterworks).

4. ДБН В.2.5-74:2013 "Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування". Накази Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 08.04.2013 р. № 133 та від 28.08.2013 р. № 410.

## ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ТА НЕОБХІДНІСТЬ ПЕРЕОЦІНКИ ЇХ ЗАПАСІВ У НАФТОГАЗОВІЙ СФЕРІ

*Баранник О.Р., аспірант, OleksiiBarannik@gmail.com,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

У статті розглядається важливість підземних вод у нафтогазовій промисловості та необхідність переоцінки їх запасів у зв'язку зі зростаючим впливом видобувної діяльності на гідрогеологічні умови. Підземні води виконують критичні функції в технологічних процесах, таких як підтримання пластового тиску, охолодження обладнання та використання в бурових розчинах. Проте інтенсивне використання та можливе забруднення водоносних горизонтів створюють екологічні ризики та впливають на доступність водних ресурсів для місцевого населення. Стаття підкреслює необхідність застосування сучасних методів дослідження, моніторингу та моделювання для раціонального управління підземними водами. Також наголошується на важливості співпраці з місцевими громадами та забезпечення прозорості діяльності нафтогазових компаній для збереження екологічного балансу та сталого розвитку галузі.

**Ключові слова:** Підземні води, нафтогазова промисловість, переоцінка запасів, гідрогеологічні умови, екологічний баланс, раціональне використання, моніторинг, забруднення водоносних горизонтів, сталий розвиток.

## USE OF GROUNDWATER AND THE NEED TO REASSESS THEIR RESERVES IN THE OIL AND GAS FIELD

*Barannyk O., Postgraduate, OleksiiBarannik@gmail.com,  
Ivano -Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The article examines the importance of groundwater in the oil and gas industry and the necessity of reassessing their reserves due to the increasing impact of extraction activities on hydrogeological conditions. Groundwater plays critical roles in technological processes such as maintaining reservoir pressure, cooling equipment, and being a key component in drilling fluids. However, intensive use and potential contamination of aquifers pose environmental risks and affect the availability of water resources for local populations. The article emphasizes the need to apply modern methods of research, monitoring, and modeling for the rational management of groundwater. It also highlights the importance of cooperation with local communities and ensuring transparency of oil and gas companies' activities to preserve ecological balance and achieve sustainable industry development.

**Keywords:** Groundwater, oil and gas industry, reassessment of reserves, hydrogeological conditions, ecological balance, rational use, monitoring, aquifer contamination, sustainable development.

**Вступ.** Підземні води становлять один з найважливіших природних ресурсів, що підтримують життєдіяльність людей і сприяють розвитку різних промислових галузей. У нафтогазовому секторі їх значення особливо велике, оскільки вони застосовуються не тільки в технологічних процесах, але й впливають на екологічний стан навколишнього середовища. Збільшення потреб промисловості та населення у водних ресурсах, а також вплив видобутку на гідрогеологічні умови, вимагають перегляду та переоцінки запасів підземних вод. Це необхідно для забезпечення сталого розвитку галузі та підтримання екологічного балансу.

Під час експлуатації нафтогазових родовищ, підземні води виконують кілька важливіші роль. Одним із функцій води, її закачують у пласт для підтримання пластового тиску та збільшення коефіцієнта вилучення нафти, що підвищує ефективність видобутку і продовжує термін експлуатації родовищ [1]. По-друге, підземні води використовуються також для охолодження бурового долота та іншого промислового обладнання, що є критично важливим для безперебійної та безпечної експлуатації свердловини. І останнє, вода слугує основним компонентом у складі бурових розчинів, які застосовуються під час буріння свердловин.

Проте інтенсивне використання підземних вод у нафтогазовій промисловості має також і негативні наслідки. Однією з основних проблем це ризик забруднення водоносних горизонтів нафтовими продуктами, продуктами буріння та хімічними реагентами. Це може погіршити якість води, якою користується місцеве населення, і негативно вплинути на екосистеми. Крім того, надмірне використання підземних вод у нафтогазовій сфері може призвести до зниження їх поточного рівня, що спричинить висихання колодязів і свердловин та змінить гідрогеологічні умови регіону.

Потреба у переоцінці запасів та ресурсів підземних вод стає очевидною через зміни в гідрогеологічних умовах. Видобувна діяльність впливає на структуру підземних горизонтів, може порушувати природний рух води і змінювати її якість [1]. Сейсмічна активність, викликана інтенсивним бурінням та видобутком, може впливати на водоносні пласти, змінюючи їх проникність та об'єм. Крім того, кліматичні зміни, такі як зменшення кількості опадів та підвищення температури, призводять до зниження поповнення підземних вод і змінюють баланс водних ресурсів.

Збільшення споживання води як промисловістю, так і населенням, ще більше ускладнює ситуацію. Розширення масштабів видобутку потребує більшої кількості води для технологічних процесів, а зростання населення в районах видобутку збільшує побутове споживання води. Це створює додатковий тиск на водні ресурси і вимагає ефективних рішень для їх раціонального використання [3].

**Таблиця 1**

**Обсяг витрат води при бурінні та експлуатації свердловини [4, 5]**

<b>Процес</b>	<b>Обсяг витрат води</b>
Буріння вертикальних свердловин (до 3000 м)	500 – 1500 м <sup>3</sup> на свердловину
Буріння горизонтальних та глибоких свердловин	2000 – 5000 м <sup>3</sup> на свердловину
Гідравлічний розрив пласта	10000 – 20000 м <sup>3</sup> на одну операцію на свердловині
Закачування води для підтримання пластового тиску	Десятки або сотні тисяч м <sup>3</sup> на рік для одного родовища
Охолодження обладнання та технологічні потреби	Сотні або тисячі м <sup>3</sup> на рік

Різні методи використовуються для переоцінки запасів та ресурсів підземних вод. Гідрогеологічні дослідження, такі як буріння дослідницьких свердловин і застосування геофізичних методів, дають можливість отримати актуальні дані про глибину, об'єм і якість води. Комп'ютерне моделювання та прогнозування змін у водоносних горизонтах під впливом видобутку допомагають розробляти різні сценарії використання і оцінювати їх вплив на запаси води [1]. Постійний моніторинг рівнів і якості води необхідний для відстеження динаміки змін і своєчасного реагування на потенційні проблеми.

Стратегії раціонального використання підземних вод включають впровадження водозберігаючих технологій, оптимізацію технологічних процесів і екологічний контроль. Використання систем рециркуляції води та зменшення водоспоживання у виробництві дозволяють знизити навантаження на водні ресурси. Дотримання суворих екологічних нормативів і стандартів якості води є ключовим для збереження екологічного балансу [2]. Реабілітація забруднених територій і заходи з очищення та відновлення водоносних горизонтів допомагають мінімізувати негативний вплив на довкілля.

В співпраці з місцевими громадами та прозорість діяльності нафтогазових компаній сприяють підвищенню довіри і залученню населення до спільних ініціатив з охорони водних ресурсів. Прозорість роботи, буде зацікавлювати інвесторів, щодо охорони підземних вод, та спрямовувати кошти, на роботу даної програми. Інформування громадян про використання та стан підземних вод дозволяє краще розуміти потреби і пріоритети регіону, а спільні програми допомагають ефективніше керувати ресурсами.

Підсумовуючи, підземні води є невід'ємною частиною нафтогазової промисловості, і їх використання має бути раціональним і екологічно відповідальним. Переоцінка запасів та ресурсів підземних вод необхідна для адаптації до змін у гідрогеологічних умовах, кліматі та зростаючих потребах суспільства. Впровадження сучасних методів дослідження, моделювання і моніторингу дозволить забезпечити стійке управління водними ресурсами і мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Це є ключовим для сталого розвитку галузі та збереження цього цінного ресурсу для майбутніх поколінь.

#### **Список використаних джерел:**

1. Петренко О.В. (2017). *Сучасні методи переоцінки запасів підземних вод у контексті нафтогазової діяльності*. Вісник Київського національного університету, Серія "Геологія", 2(85), 28-34.
2. Коваленко І.П. (2018). *Вплив нафтогазовидобутку на гідрогеологічні умови Західної України*. Журнал "Геологія і корисні копалини", 3(25), 45-52.
3. Бойко В.С. (2020). *Водозберігаючі технології в нафтогазовій промисловості: український досвід та перспективи впровадження*. Збірник наукових праць "Нафтогазова енергетика та екологія", 5(10), 60-68.
4. Veil J. (2015). *Water Management Technologies Used by Marcellus Shale Gas Producers*. U.S. Department of Energy.
5. British Petroleum (BP) (2013). *Water Use in Enhanced Oil Recovery*. BP Technical Report.



## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧОК БУРІННЯ НА ПИТНІ ВОДИ У ПІВНІЧНІЙ ЧАСТИНІ ЛЬВОВА

*Сапузжак О.Я.<sup>1</sup>, к. фіз.-мат. н., ст. досл., olehsapuzhak@gmail.com,*

*Романюк О.І.<sup>2</sup>, romanyuk.oleh@gmail.com,*

*Павлюк В.І.<sup>3</sup>, к. геол. н., notebooc@gmail.com,*

*Дешиця С.А.<sup>1</sup>, к. геол.-мін. н., deshchytsya@gmail.com,*

*Коляденко В.В.<sup>1</sup>, kolyadenko@gmail.com,*

*Сироєжко О.В.<sup>1</sup>, fredsonze@gmail.com,*

*1 – Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Львів, Україна,*

*2 – ТОВ «Інститут інженерно-геодезичних та геологічних вишукувань «Мірничий», м. Львів, Україна,*

*3 – Львівське міське комунальне підприємство «Львівводоканал», м. Львів, Україна*

На виконання програми забезпечення Львова додатковими альтернативними джерелами води в умовах воєнного стану було розпочато дослідження можливості видобутку підземних питних вод у межах міста. Це завдання вирішувалось геофізичним електророзвідувальним методом зондувань становленням електромагнітного поля у ближній зоні. Польові спостереження було виконано на 4-х ділянках північної частини Львова. За результатами електророзвідувальних спостережень було побудовано геоелектричні розрізи та здійснено розчленування геологічного середовища за літологічними горизонтами. Для кожної з ділянок виділено перспективні на воду зони, відсортовано їх за ймовірною продуктивністю та запропоновано найкращі точки буріння. За результатами досліджень пробурено свердловину, яка виявилась однією з найкращих у місті Львові за продуктивністю та якістю питної води.

## MAIN RESULTS OF GEOPHYSICAL RESEARCH ON THE DETERMINATION OF DRILLING POINTS ON SWEAT WATER IN THE NORTHERN PART OF LVIV

*Sapuzhak O.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Phys.-Math.) senior researcher, olehsapuzhak@gmail.com,*

*Romanyuk O.<sup>2</sup>, romanyuk.oleh@gmail.com,*

*Pavlyuk V.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Geol.), notebooc@gmail.com,*

*Deshchytsya S.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), deshchytsya@gmail.com,*

*Kolyadenko V.<sup>1</sup>, kolyadenko@gmail.com,*

*Syroiezhko O.<sup>1</sup>, fredsonze@gmail.com,*

*1 – Carpathian Branch of Subbotin Institute of Geophysics, NAS of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine,*

*2 – LLC "Institute of Engineering Geodetic and Geological Surveys "Mirnychy", Lviv, Ukraine,*

*3 – Lviv Municipal Utility Company "Lvivvodokanal", Lviv, Ukraine*

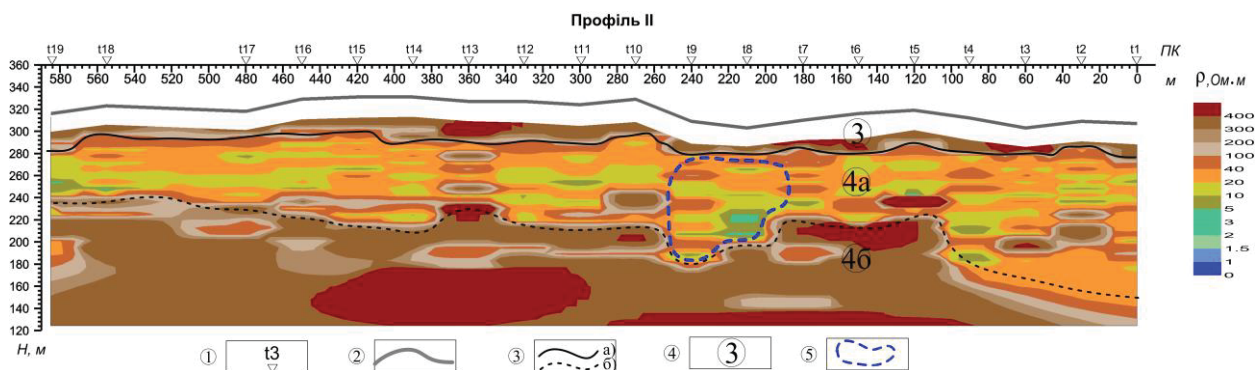
In order to fulfill the program of providing Lviv with additional alternative sources of water in the conditions of martial law, a study of the possibility of extracting underground drinking water within the city was started. This task was solved by the geophysical electroprospecting method – Time Domain Electromagnetic Method. According to the results of electroprospecting observations, geoelectric sections were built and the geological environment was divided by lithological horizons. For each of the areas, promising zones for water have been identified, they have been sorted by probable productivity, and the best drilling points have been proposed. The results of the research made it possible to drill a well, which turned out to be one of the best in the city of Lviv in terms of productivity and quality of drinking water.

**Вступ.** Після початку повномасштабного вторгнення військ російської федерації в Україну серед завдань, пов'язаних із діяльністю міста Львова, постало і забезпечення його додатковими альтернативними джерелами води в умовах воєнного стану, що було особливо актуальним за постійних вимкнень постачання електроенергії та, відповідно, перебоїв у роботі водогонів.

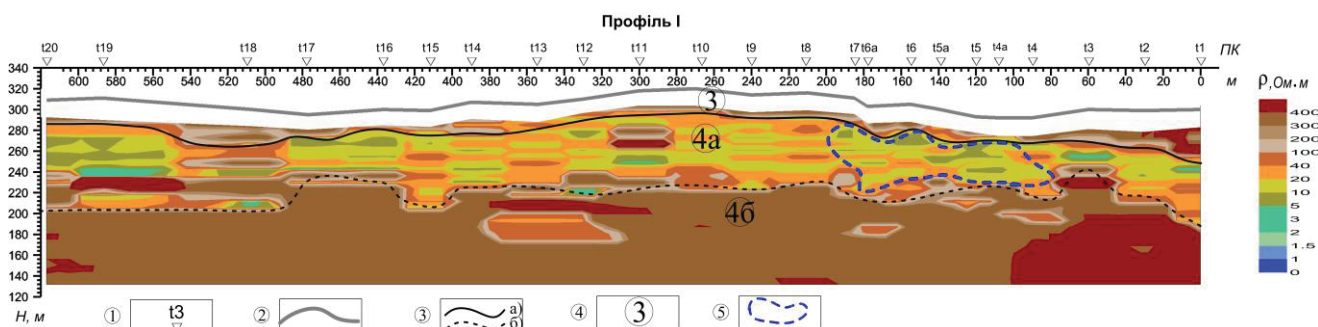
Вказана міська програма з пошуку альтернативних джерел води знайшла також підтримку і закордонних інвесторів, що дозволяло розпочати її здійснення. Зрозуміло, що для цього перш за все слід врахувати підземні запаси води у межах міста. Завдання вивчення геологічного середовища, виділення літологічних шарів порід та водоносних горизонтів було покладено на геофізичні методи. Дослідження було розпочато у північній частині міста Львова на 4-х ділянках, які отримали умовні назви: I – Замарстинівський парк, II – Парк імені 700 річчя Львова, III – Вулиця Івана Миколайчука, IV – Школа (див. рис. 1).

**Результати електророзвідувальних досліджень.** Як уже згадувалось раніше геофізичні дослідження, а відповідно й електромагнітні зондування виконувались на чотирьох ділянках: Замарстинівський парк (ділянка I), Парк імені 700 річчя Львова (II) та Вулиця Івана Миколайчука (III) та Школа (IV). Усі точки спостережень згруповано у 7 геоелектричних профілів: 4 – на ділянці I, і по одному на кожній з інших ділянок. Загалом на усіх профілях було проведено дослідження у 76 пунктах, серед яких і параметричні дослідження.

На ділянці I (Замарстинівський парк) виконано 49 зондувань, які згруповано у 4 профілі: два довгі майже паралельні I та II, які сполучаються майже перпендикулярними до них короткими профілями III та IV (рис. 5). Крок між пунктами спостережень за можливості витримувався близько 30 м. За геоелектричними розрізами (рис. 2–4), що охоплюють діапазон глибин з 14 метрів і до 140 метрів, виділяється два літологічних горизонти. Перший горизонт, з якого починається розчленування літологічних шарів, відповідає мергелистим глинам ІГЕ-3 (ІГЕ – інженерно-геологічний елемент). Мергелисті глини вздовж профілю не витримані і за потужністю, і за значеннями питомого опору. Хоча верхня частина горизонту більш високоомна і значення становлять 400 Ом·м, а нижня низькоомна із значеннями питомого опору від 26,1 до 63 Ом·м, загалом глинисті відклади можна віднести до твердих і напівтвердих різновидностей. Відмінність глин за характеристиками електропровідності можна віднести до наявності прошарків піску у літологічному шарі. Нижче мергелистих глин залягають напівкорінні породи представлені мергелями ІГЕ-4. За геоелектричними параметрами мергелі поділяються на дві основних зони і тріщинувату ІГЕ-4а – верхню та щільну ІГЕ-4б – нижню. Відклади корінних порід у нижній частині вздовж усього профілю характеризуються як монолітні з незначною тріщинуватістю. Значення питомого опору щільних мергелів перевищує 200 Ом·м. Верхня частина, починаючи з глибини 25 і до 80 метрів, характеризується низькими значеннями питомого опору, що змінюється від перших одиниць до 72,8 Ом·м. В окремих пунктах спостережень питомий опір може мати значення менше за 1 Ом·м. Такі малі величини питомого опору вказують на зміну стану порід внаслідок їх тріщинуватості і обводненості, а значення менші за 1 Ом·м – на зруйновані мергелисті відклади, що практично переходять у стан текучості.



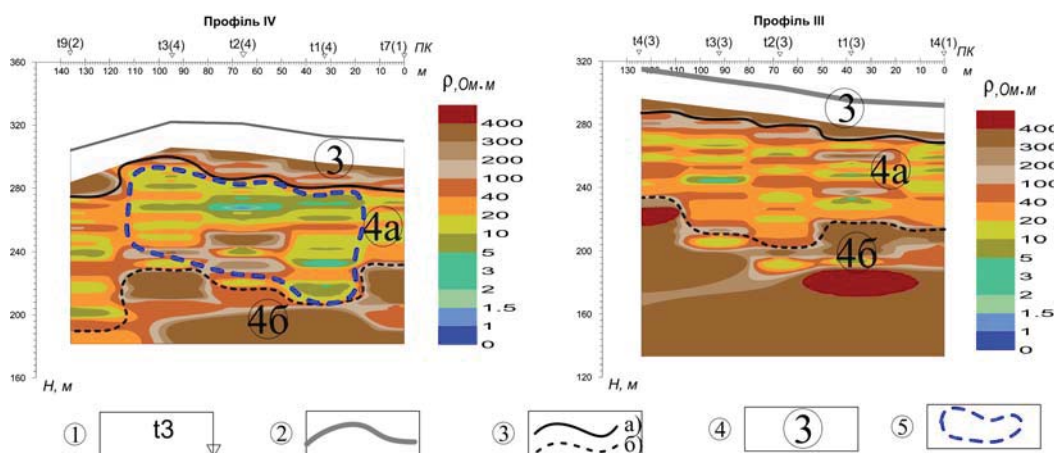
**Рис. 2. Геоелектричний розріз вздовж профілю II (ділянка I, Замарстинівський парк):**  
 1 – пункти зондувань; 2 – лінія поверхні (за даними «Googlemaps»); 3 – геоелектричні границі:  
 а) літологічні, б) фаціальні; 4 – інженерно-геологічні елементи ІГЕ; 5 – найперспективніші на воду зони



**Рис. 3. Геоелектричний розріз вздовж профілю I (ділянка I, умовні позначення див. на рис. 2)**

Покрівля мергелистих відкладів практично повторює контури рельєфу денної поверхні. У східній частині, район пункту спостережень t1 (профіль I, рис. 3), відзначається занурення границі кривлі мергелів. Уся зона тріщинуватості мергелів є перспективного на прояви водоносності, яка залежить від потужності і ступеню тріщинуватості, зруйнованості порід. За значеннями питомого електричного опору найбільш перспективною областю вздовж профілю I (ділянки I) є зона у межах пунктів спостережень t4 – t7, що має протяжність понад 90 м, а потужність тріщинуватого шару близько 48 м. Також у межах пунктів спостережень t19 та t20 профілю I спостерігається область нижчих значень питомих опорів ПГЕ-4а і також може розглядатись як перспективна, проте це кінець профілю і відома довжина цієї області є трохи більшою за 50 м. На профілі II (рис. 2) за значеннями питомого опору та потужністю тріщинуватих мергелів найбільш перспективною є зона у межах пунктів спостережень t7 – t9, що має протяжність понад 90 м та пункт спостережень t4.

Для встановлення кореляції між перспективними областями профілів I та II було виконано спостереження вздовж двох поперечних профілів III та IV. Результати за даними спостережень методом ЗСБ вздовж профілів III та IV представлено на геоелектричних розрізах (рис. 4). Питомі опори та потужність ПГЕ-4а на цих профілях дозволяють виділити перспективну зону у межах пунктів спостережень t2(4) – t4(4) профілю IV.



**Рис. 4. Геоелектричні розрізи вздовж профілів III та IV (ділянка I, умовні позначення див. на рис. 2)**

Отже, виконані дослідження на ділянці I дозволили встановити дві найбільш перспективні зони – західне закінчення профілю I та профіль IV із прилеглими до нього пунктами зондувань профілів I та II (рис. 5).



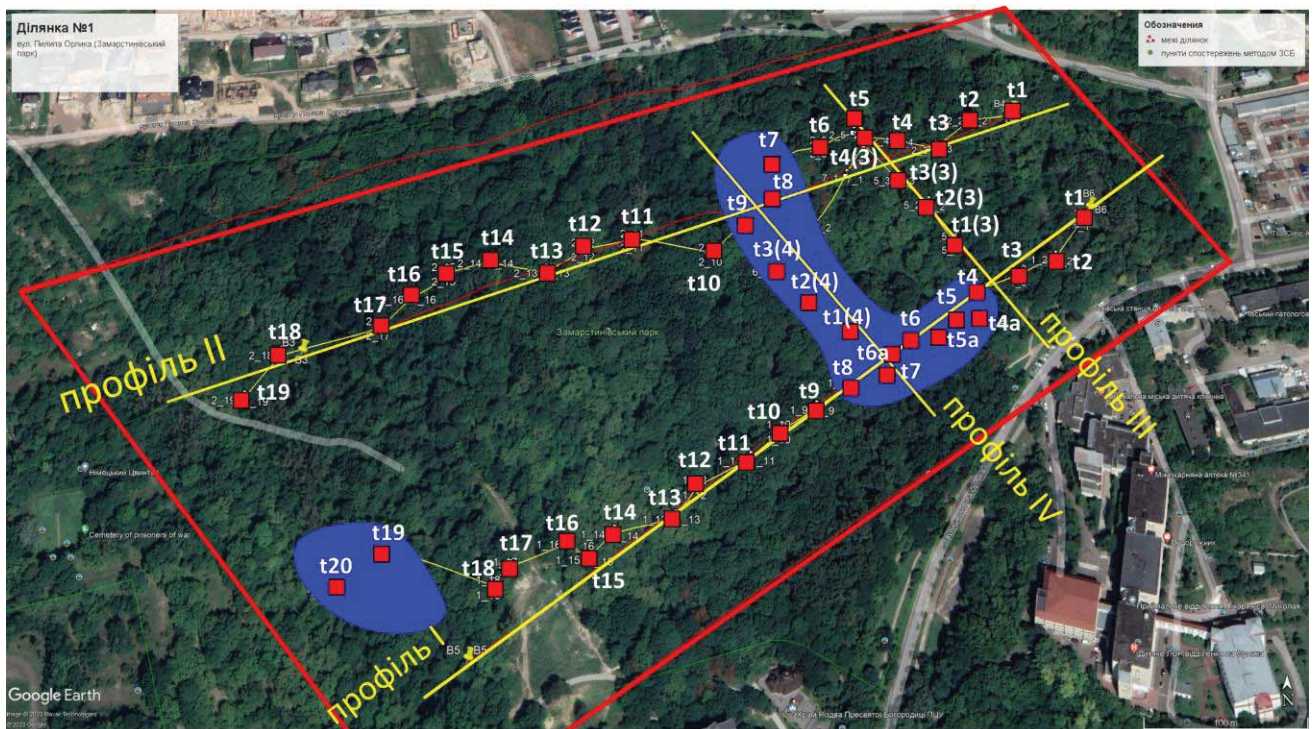
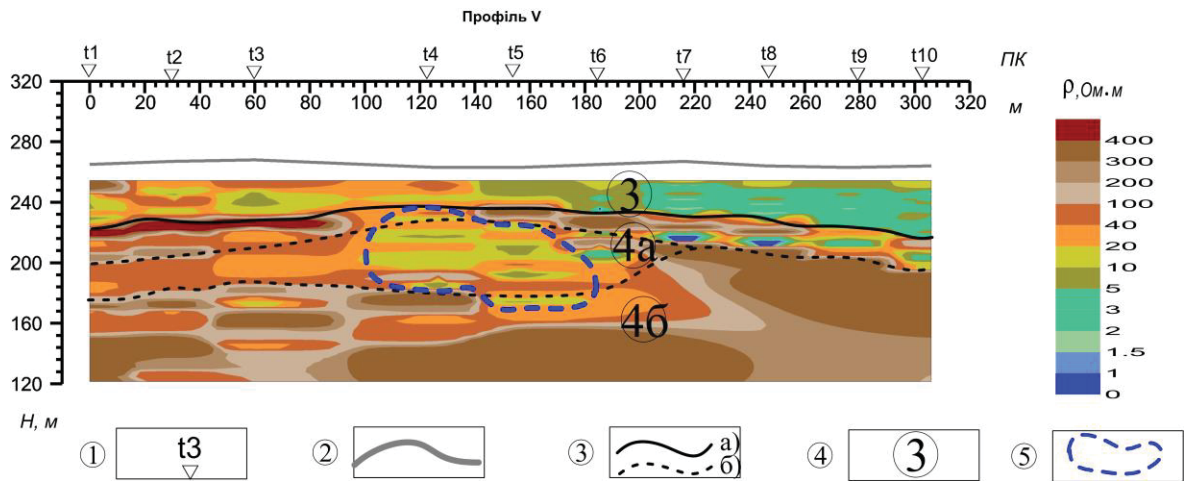


Рис. 5. Перспективні водоносні зони ділянки I (виділено синім кольором)

Як уже згадувалось раніше, перспективність зони на заході профілю I загалом важко визначити через малу кількість даних та й значення потужності тріщинуватих вапняків та їх питомого електричного опору тут не найкращі. За цими параметрами найбільш перспективною точкою для буріння є пункт ЗСБ на профілі IV t1(4) – потужність шару тріщинуватих мергелів рівна 68 м, а середній питомий електричний опір – 11,8 Ом·м.

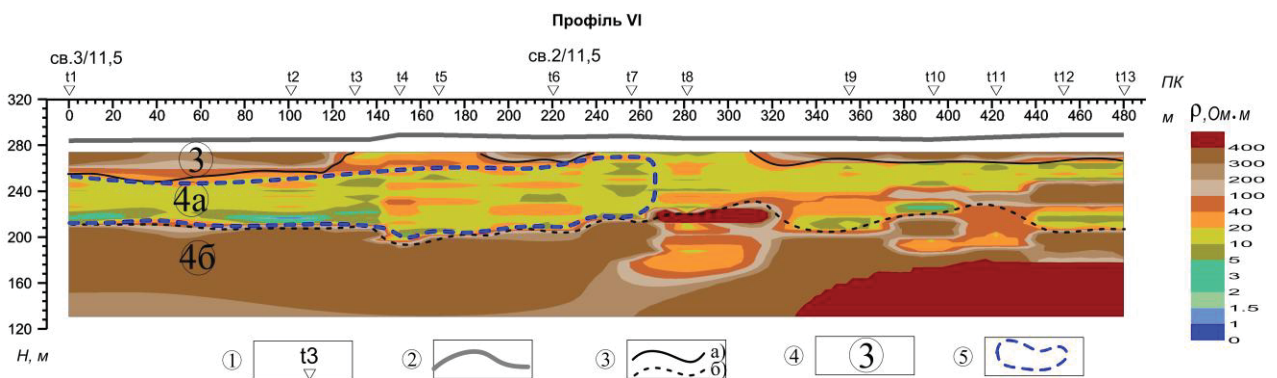
На ділянці II (парк імені 700-річчя Львова) виконано 11 зондувань: 10 вздовж профілю та один пункт біля існуючої свердловини (рис. 1). Крок між пунктами спостережень витримувався за можливості близьким до 30 м. Результати зондувань вздовж профілю дещо спотворювались зовнішніми завадами імовірно спричинених високовольтними лініями та підземними комунікаціями. Внаслідок таких несприятливих умов зондування біля існуючої свердловини (t11) взагалі не вдалося проінтерпретувати. Проте вздовж профілю дані спостережень було опрацьовано та побудовано геоелектричний розріз (рис. 6). Побудований розріз охоплює діапазон глибин від 14 до 120 метрів. Тут, як і на попередніх профілях виділяється два літологічних горизонти. Перший горизонт, з якого починається розчленування літологічних шарів, відповідає мергелистим глинам ПЕ-3. Мергелисті глини вздовж профілю також не витримані і за потужністю, і за значеннями питомого опору. Верхня частина горизонту від пункту спостережень t5 і до кінця профілю більш виділяється сильною провідністю, що може відповідати сильно обводненим глинистим відкладам (супіскам). У тріщинуватих мергелях ПЕ-4а за параметрами потужності горизонту (до 50 м), значення питомого опору (5 – 20 Ом·м) та ширини зони (близько 100 м) перспективно на воду може бути зона у межах пунктів зондувань t4 – t6. Для буріння може бути рекомендований пункт зондувань t5, де потужність водонасиченої зони досягає максимального значення і становить 56 м, а середній питомий електричний опір – 13,1 Ом·м. Глибина буріння свердловини повинна становити не менше 85 – 90 м.





**Рис. 6. Геоелектричний розріз вздовж профілю V (ділянка II, умовні позначення див. на рис. 2)**

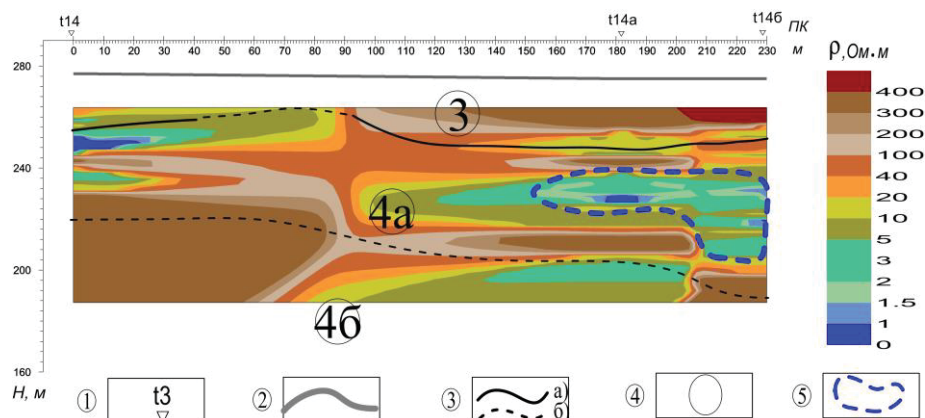
На ділянці III вздовж вулиці Івана Миколайчука виконано спостереження ЗСБ на одному профілі IV. Загальна кількість зондувань на цьому профілі склала 13 пунктів. Спостереження дещо ускладнювались наявністю на цій території закинутих дачних ділянок із залишками парканів, споруд тощо. Внаслідок цього важко було витримувати рівномірний крок 30 м між точками зондування. На цій ділянці III та в околі неї у 80-х роках минулого століття було пробурено низку свердловин для видобутку води. Біля двох із них було проведено параметричні дослідження. Результати спостережень ЗСБ на ділянці III вздовж профілю IV зображено, як і на попередніх ділянках, у вигляді геоелектричного розрізу (рис. 7). На розрізі, як і на усіх інших профілях, виділяються горизонти мергелястих глин (ІГЕ-3), тріщинуватих (ІГЕ-4а) та щільних мергелів (ІГЕ-4б). Слід зазначити, що тут потужність ІГЕ-3 місцями зменшується настільки, що його підшва не прослідковується на розрізі, оскільки виконані зондування дозволили отримати дані тільки починаючи з глибини 14 м. З точки зору перспективності буріння на воду за параметрами потужності тріщинуватих мергелів та питомого опору можна виділити зону у межах пунктів зондувань t1 – t7. Найкращі параметри потужності та питомого електричного горизонт тріщинуватих мергелів досягає у точці t3 – потужність 48 м, а середній опір 10,4 Ом·м. Для порівняння нагадаємо характеристики пунктів біля свердловин 2 та 3 – потужність також 48 м, а питомі опори 15,0 Ом·м та 12,3 Ом·м. Отже, ця точка зондувань t3 з точки зору перспективності на воду має кращі передумови від обох вказаних свердловин. Її й слід рекомендувати для буріння. Необхідна глибина свердловини повинна бути близько 95 – 100 м.



**Рис. 7. Геоелектричний розріз вздовж профілю VI (ділянка III, умовні позначення див. на рис. 2)**

На ділянці IV (Школа) (рис. 1) з протилежного боку (південно-східного) вул. Івана Миколайчука від ділянки III було виконано всього три зондування, проте отримано досить цікаві результати. Геоелектричний розріз профілю VII представлено на рис. 8. Так само виділяються горизонти ІГЕ-3, ІГЕ-4а та ІГЕ-4б. Враховуючи, що пункти t14a і t14б досить віддалені від точки t14 (близько 200 м) інтерполяція розрізу дещо штучна і не відображає достатньо надійно геологічний розріз між зондуваннями t14 та t14. Однак, в усіх точках водо насичені мергелі виділяються досить низьким питомим опором (2 – 50 Ом·м), що може свідчити про значну питому частку води.

Параметри потужність тріщинуватих мергелів та середніх питомих електричних опорів відповідно для цих точок наступні: t14 – 30 м, 5,5 Ом·м; t14a – 38 м, 8,1 Ом·м; t14б – 50 м, 5,6 Ом·м. Кожна з цих точок має високі показники стосовно перспектив води (кращі за визначені перспективні точки на кожній з трьох попередніх ділянок), але найкраще поєднання параметрів спостерігається у точці t14б, яка і рекомендується нами для буріння. Глибина свердловини мала б становити 90 м.



**Рис. 8. Геоелектричний розріз вздовж профілю VII (ділянка IV, умовні позначення див. на рис. 2)**

**Висновки.** Проведено геофізичні спостереження електророзвідувальним методом зондувань становленням електромагнітного поля у ближній зоні на чотирьох ділянках північної частини міста Львова. На кожній із них у горизонті тріщинуватих мергелів за його потужністю та значенням питомого електричного опору виділено перспективні зони та вказано найкращі точки для буріння на воду. За чергою зростання від найменш до найбільш перспективної для буріння на воду ділянки розташувались наступним чином: II, III, I та IV.

За результатами цих геофізичних досліджень електророзвідувальним методом зондувань становленням електромагнітного поля було пробурено свердловину, яка виявилась однією з найпродуктивніших у місті Львові та однією з найкращих за якістю питної води.

# ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ





## CLASSIFICATION OF GEOTHERMAL RESOURCES BASED ON THE GEOTHERMAL PLAY TYPES AND ITS APPLICATION TO THE CONDITIONS OF UKRAINE

*Liventseva H.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Contract Researcher, hliventseva@geo3bcn.csic.es,*

*Barylo A.<sup>2</sup>, Researcher, abarilo@ukr.net,*

*1 – Geosciences Barcelona (GEO3BCN-CSIC) Institute, Barcelona, Spain, ,*

*2 – Geothermal Energy Department, Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine*

Outlines key features used in creating classifications of geothermal resources. One prominent example is the comprehensive multi-parameter classification developed by I. Moeck, which is based on the geothermal object's geological control and thermal regime. This classification categorizes geothermal formations into convective (CV) and conductive (CD) types based on heat transfer methods. This classification has been applied to Ukraine's primary geological structures, leading to territorial zoning according to the geothermal conditions.

### Introduction

In recent years, Ukraine has done a lot to achieve the country's energy independence by attracting renewable energy sources, especially solar and wind, and to a lesser extent geothermal, to the economy's energy sector. The greatest development in geothermal energy was the use of low-potential energy sources with the help of heat pump technologies. Certain projects were also prepared for deep geothermal resources, which require more detailed and expensive pre-investment studies. The war made adjustments. Now we need not only modernization, but also restoration of the country's lost energy capacities. It is much easier to do this together with the international community, using progressive foreign experience and foreign investments, involving modern equipment and implementing the latest technologies.

The main problem of geothermal energy remains the weak preparedness of the resource base. Ukraine has a huge array of raw data, but this information is not systematized and not brought to a user-friendly form. Systematization of data should be carried out on the basis of classifications adapted to foreign analogues, standardization of terminology and definition of specialized concepts.

**The purpose of the research:** Based on the analysis of modern geothermal methodology, to determine the optimal classification of geothermal resources, which would take into account the geological, hydrogeological and geothermal conditions of the object. Using this classification, carry out preliminary zoning of the territory of Ukraine by assigning types (indexes) to the most promising geothermal regions of Ukraine.

### 1. Overview of geothermal classifications

Geothermal energy is at the interface of various fields of science, specifically geology, geophysics, hydrogeology, energy and economics. Specialists introduce their own concepts and definitions; develop classifications based on the characteristics of geothermal objects that are close to their specialty. This leads to the existence of numerous geothermal classifications [1-4]. Each classification enhances and refines the understanding of the research subject. But the primary requirements for developing classifications are, firstly, the utilization of common terminology that is clearly understood across various scientific disciplines, and, secondly, the standardization of features and characteristics to ensure comparability. Essentially, only comparable objects and properties should be distinguished and compared.

Famously, "Geothermal energy" – thermal energy contained within the Earth's subsoil [5]. "Geothermal sources" – solid, liquid and gaseous components of the Earth's subsoil that store geothermal energy [6].

The study of geothermal sources is carried out according to different directions or stages of research, each of which has separate tasks, terminology and classifications. Figure 1 shows the research directions of geothermal sources.



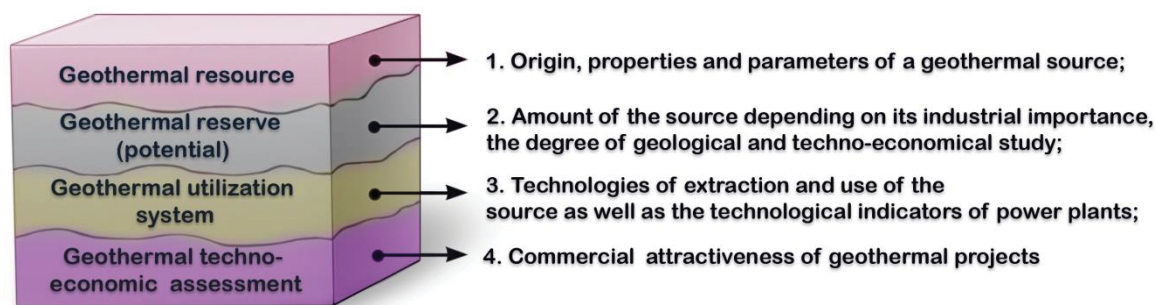
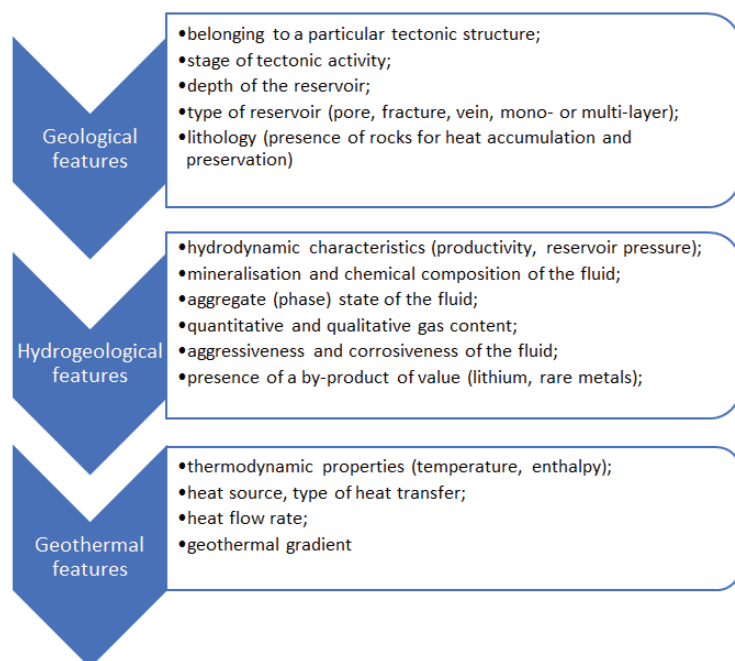


Figure 1. Research directions (stages) of geothermal sources



The features used to classify geothermal resources can be divided into three main groups (Fig. 2).

According to the authors, the most optimal implementation of the multi-parameter approach is the classification proposed by I. Moeck [3,4,7-9]. Moeck's classification is based on the «geothermal play», which serves as an indicator of geodynamic conditions and peculiarities in the geothermal structures. A geothermal play is a complex indicator determined by the geological development stage, geological processes within the structure, the type of heat transfer and the overall heat balance of the structure.

Figure 2. Classification features of geothermal resources [1-4]

The heat balance of a geological structure is typically formed by both convection and conduction, but the significance of each heat transfer method can vary greatly. Based on the priority of one of the heat transfer methods over another, Moeck's classification identifies the following types of geothermal resources, presented in Table 1.

Table 1

Classification of geothermal plays [2]

Type		Geological setting	Heat source	Dominant Heat Transport Mechanism	
Convection Dominated	CV1 Magmatic	CV-1a Extrusive	Magmatic Arcs, Mid Oceanic Ridges, Hot Sports	Active Shallow Chamber Volcanism, Magma	
		CV-1b Intrusive	Magmatic Arcs, Mid Oceanic Ridges, Hot Sports	Active Shallow Chamber Volcanism, Magma	
	CV-2 Plutonic	CV-2a Recent Active Volcanism	Convergent Margins with Recent Plutonic (< 3 Ma), Young Orogens, Post-orogenic Phase	Young Extension Pluton Intrusion-Felsic	Magmatic-hydrothermal Circulation, Fault Controlled
		CV-2b Inactive Volcanism	Convergent Margins with Recent Plutonic (< 3 Ma), Young	Young Extension Intrusion-Felsic	Hydrothermal Circulation, Fault Controlled

		Orogens, Post-orogenic Phase	Pluton, Heat Producing Element in Rock	
	CV-3 Extensional Domain	Metamorphic Core Complexes, Back-Arc Extension, Pull-apart Basins, Intracontinental Rifts	Thinned Crust-Elevated Heatflow, Recent Extensional Domains	Fault Controlled, Hydrothermal Circulation
Conduction Dominated	CD-1 Intracratonic Basin	Intracratonic/Rift Basins, Passive Margin Basins	Lithospheric Thinning and Subsidence	Litho/Biofacies Controlled
	CD-2 Orogenic Belts	Foreland Basins within Fold-and-Thrust Belts	Crustal loading and Subsidence Adjacent to Thickened Crust	Fault/Fractured Controlled, Litho/Biofacies Controlled
	CD-3 Crystalline Rock Basement	Intrusion in Flat Terrain	Heat Producing Element in Rock, Hot Intrusive Rock	Hot Dry Rock, Fault/Fractured Controlled

## 2. Zoning of the territory of Ukraine based on the geothermal plays

The zoning is based on the geological and structural principle, using first-order geological structures as the territorial units. The authors have identified five of the most promising structures in Ukraine, characterized by favorable geothermal conditions and hydrogeological properties suitable for the formation of geothermal deposits.

The types of the most important geological structures in Ukraine were determined according to their geothermal conditions. Key factors considered include location within the tectonic plate system, stage of tectogenesis, structural and geological features, lithology, hydrogeological and geothermal conditions, predominant type of heat transfer, heat balance, heat source, magmatic and volcanic processes, and the influence of salt tectonics.

The results of determining the types of geothermal plays for the main structures of Ukraine are shown in Table 2.

## 3. Features of Ukrainian geothermal play types

Table 2

Characteristics of the main structures of Ukraine according to the classification of geothermal conditions (plays)

Name of the structure (abbreviation)	Index	Type of heat transfer	a. Geodynamic setting; b. Geological control; c. Depth of the foundation;	a. Heat source; b. Conditions of storage and consumption of heat	Temperature, °C at depth, [10]			Hydrogeological conditions	Presence of hydrocarbon deposits; Degree of production, % [11]	Estimation of available resources, toe/m <sup>2</sup> [10]	
					3 km	5 km	10 km				
1	2	3	4	5	6			7	8	9	10
Transcarpathian Depression (TD)	CD-2	Conductive	a. Orogenic basin-type internal trough overlain by a young late alpine structure; b. Tectonic faults, effusive and intrusive volcanism, folding, lithological control; c. 0.5-5 km	a. High heat flow due to thinning; Upward convection of heat by fluids along faults; b. Sedimentary cover contains thick clayey rock layers that contribute to heat retention; Salt diapirs - heat transfer channels	100- 200	160- 265	300- 500	77- 133	Artesian basin; Aquifers are unconfined in extent and isolated; Water enrichment is usually low; The general feeding area is the CSF, Upward filtration of fluids along faults	Oil deposits are known in small fields; Gas deposits are confined to brachyanticlines and are difficult to extract	2,44;  Partially used in balneology and recreation

Pre-Carpathian Depression (PD)	CD-2	Conductive	a. Basin-type orogenic foothill trough, young Late Alpine (Early Neogene) structure; b. Large tectonic faults, thrusts (inner zone of the trough is pushed over the outer zone), dumps; Folding, lithological control; c. 1.5-4.5 km	a. High enough heat flow due to the proximity to the Carpathian orogen; b. A thick sedimentary cover consisting mainly of clayey rocks with sporadic isolated aquifers within it; Strong overthrust creates favorable conditions for heat preservation	65-120	110-170	150-300	32-80	Artesian basin; Aquifers are unconfined in extent and isolated; Water enrichment is usually low; General feeding area - EEP; Local upward filtration of fluids along faults	Gas fields are concentrated in the outer part and oil fields in the inner part; gas fields; about 90	2,34
Dnipro-Donets Depression (DDD)	CD-1	Conductive	a. Intracratonic rift, closed by an intra-platform aulacogen, with a thick thickness of Mesozoic-Cenozoic sediments b. Fault-block tectonics, halokinesis, folding, lithological control; c. 0.5- 22.5 km	a. Medium heat flow, but very significant depths of permeable layers. Conduction dominates; convection dominates in the marginal deep faults of the structure. b. Salt diapirism (heat transfer channels and flows between aquifers)	60-100	90-130	150-250	31-66	Large artesian basin; System of powerful, long-striated aquifers and complexes, System of regional waterways; High water enrichment; General feeding area - EEP	DDD is the main oil and gas producing region of Ukraine average -56%	2,18
Donets Fold Structure (DFS)	CD-1	Conductive	a. Devonian aulacogen, laid down on a pre-Baikal base and deformed in the Late Hercynian; b. Deep faults, disjunctions, flexures, large folds complicated by a series of smaller folds, lithological control; c. 7-22 km	a. Thick sedimentary cover. The maximum heat fluxes are confined to the zones located in the sedimentary strata above the faults in the basement; b. High thermal conductivity of salt diapirs causes local positive thermal anomalies in roof rocks	70-140	110-220	200-400	27-133	Hydrogeological massif of formation-fracture and fracture-vein waters and numerous artesian mulches; Unconformity of aquifers in area and in section; Water enrichment is very diverse, sometimes very high; General feeding area - marginal parts of the structure; flows along faults	Coalbed methane	2,22
Black Sea Depression (BSD)	CD-2	Conductive	a. Subduction zone, Mesozoic-Cenozoic epicontinental basin, superimposed by young Cretaceous structure; b. Deep faults, dips, faults of different amplitudes, lengths and ages, structural protrusions, depressions and localized uplifts; c. 0-5 km	a. In the northern part, medium heat flux due to significant subsidence of the crust due to loading with erosion products; in the southern part, high heat flux associated with subduction; b. Thick sedimentary cover with natural heat loss from more heated layers to less heated ones	70-140	110-220	200-400	38-92	Artesian basin; Unstable distribution of water-bearing and water-resistant sediments; Isolated aquifers; Usually high-water enrichment; General feeding area - the southern part of the EEP and the Crimean Mountain range	A major oil and gas region in the world	2,25; Partially used in balneology and recreation

#### 4. Discussion and conclusions

Based on these conditions, the authors have identified the following subtypes of conductive geothermal plays for Ukraine, which are listed in Table 3. and Figure 3.

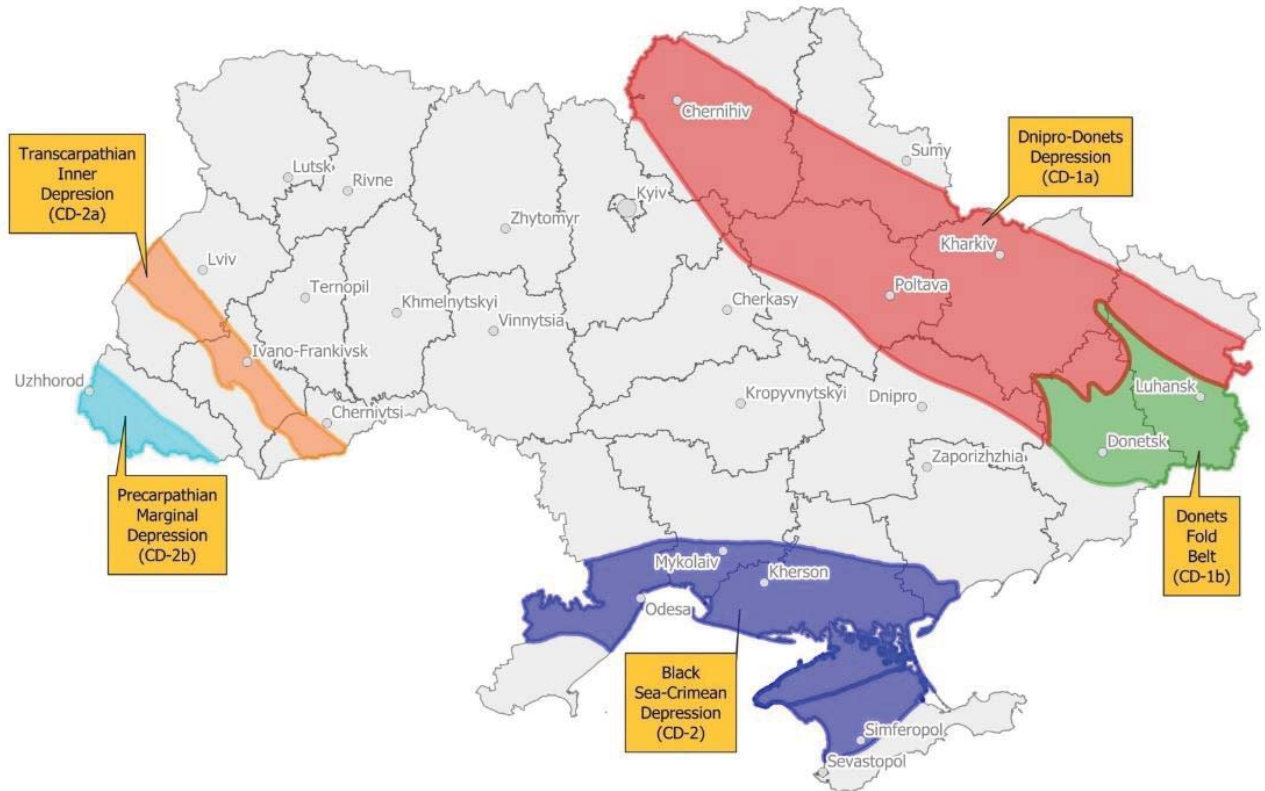
**Table 3**

**Subtypes of conductive plays heaters for Ukrainian conditions**

Structure	Type		Geodynamic environment Heat source	Conditions of heat storage and transportation
Dnipro-Donets Depression (DDD)	CD-1a	Aulacogen	Stretching and thinning of the Earth's crust, the rise of the asthenosphere, ancient magmatism; a thick sedimentary cover	Large depth of aquifers; Lithologic - facies control; Fault control Salt diapirs - heat transfer channels
Donets Fold Belt (DFB)	CD-1b	Folded structure based on a rift	Thinning of the Earth's crust due to stretching, ancient magmatism; Convergent folding;	Lithologic and facies control; Exposure of ancient rocks to the surface due to folds
Transcarpathian Inner Depression (TD)	CD-2a	Orogenic belt Neogene magmatism	Thinning of the earth's crust; Raising of the asthenosphere; Recent volcanism, magmatism; Active faults;	The sedimentary cover contains thick layers of clayey rocks that contribute to heat retention; Salt diapirs are heat transfer channels; Fault control

Precarpathian Marginal Depression (PD)	CD-2b	Orogenic belt Without magmatism, thrust	Thickening of the Earth's crust due to the advancement of the CFS and sedimentation; Active faults	The sedimentary cover contains thick layers of clayey rocks that contribute to heat retention; Thrust
--	-------	---	--	---

Thus, on the scale of first-order structures, heat transfer by conduction dominates the heat balance of large geological formations.



**Figure 3. Zoning of the territory of Ukraine based on the geothermal play types**

However, the convective component plays a significant role in shaping the thermal regime of individual structures. Almost all structures possess active deep faults through which hot fluids are filtered ascend. Therefore, the convective component becomes increasingly important for smaller structures and individual geothermal fields, potentially becoming the decisive factor. Additionally, exploitation productive horizons lead to decrease in reservoir pressure, thereby enhancing the inflow of deep hot fluids.

The classification of geothermal plays is continually evolving as new subtypes are identified. The next stage in developing the geothermal energy resource base involves creating geothermal catalogs and maps based on the Moeck classification, similar to those developed in Mexico and Spain. For example, the Institute of Cartography and Geology of Catalonia (ICGC) has produced a universal map of Geothermal Resources of Deep Origin in Catalonia (RGOPCat), synthesizing potential and relevant information on geothermal resources in Catalonia.

Drawing from Icelandic and international geothermal expertise, the National Energy Regulatory Agency of Iceland (Orkustofnun) has collaborated with the Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences to develop proposals for advancing geothermal energy in Ukraine [12].

Cataloging of geothermal provinces allows for systematic and user-friendly organization of information, serving as a tool for strategic planning in geological and geothermal exploration and evaluation of promising geothermal fields.

Future steps in studying Ukraine's geothermal energy sources include detailed zoning of smaller structures, quantifying their geothermal reserves, and selecting promising sites to develop specific commercial proposals for the creation of geothermal energy systems.



## References:

1. Dickson M.H., UNESCO, eds., Geothermal energy: utilization and technology, UNESCO, Paris, 2003. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000133254>.
2. Nador A., Part II – Introduction to deep geothermal energy: play types, potential estimation methods, geothermal modelling, classification of resources/reserves. Basic concepts of deep geothermal energy., (2017). [https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved\\_project\\_output/0001/09/1f53379454bd1499fbb2907ac041878adbefadd5.pdf](https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved_project_output/0001/09/1f53379454bd1499fbb2907ac041878adbefadd5.pdf).
3. Breede K., Dzebisashvili K., Falcone G., Overcoming challenges in the classification of deep geothermal potential, *Geoth. Energ. Sci.* 3 (2015) 19–39. <https://doi.org/10.5194/gtes-3-19-2015>.
4. Moeck I.S., A new ‘geothermal play type’ catalog: Streamlining exploration decision making, in: *Proceedings, Thirty-Ninth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford University, Stanford, California, 2014. <https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2014/Moeck.pdf>.
5. U.S. Energy Information Administration (EIA), Geothermal explained, U.S. Energy Information Administration (EIA) (2022). <https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/> (accessed February 24, 2024).
6. National standard of Ukraine. Geothermal energetics. Terms and definitions. ДСТУ 7498:2014: Геотермальна енергетика. Терміни та визначення понять. – Чинний від 2014-10-01, (2014). [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=84604](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=84604).
7. Moeck I.S., Catalog of geothermal play types based on geologic controls, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 37 (2014) 867–882. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.032>.
8. Moeck I., Bendall B., Minnig C., Manzella A., Yasukawa K., Geothermal Play Typing – Current Development and Future Trends of a Modern Concept for Geothermal Resources Assessment, in: *Proceedings World Geothermal Congress 2020*, Reykjavik, Iceland, 2020. <https://www.lovegeothermal.org/wp-content/uploads/16074.pdf>.
9. Moeck I., Beardsmore G., Harvey C., Cataloging Worldwide Developed Geothermal Systems by Geothermal Play Type, in: *World Geothermal Congress 2015*, Melbourne, Australia, 2015.
10. Gordienko V.V., Gordienko I.V., Zavgorodnyaya O.V., Logvinov I.M., Tarasov V.N., Usenko O.V., *Geothermal atlas of Ukraine*, Kyiv, Ukraine, 2004.
11. KUSHNIR S., KOST’ M., DUDOK I., PANKIV R., Barosmotic analysis of hydrogeological conditions at Khidnovychy gas field (Ukrainian Precarpathia), *Геологія і Геохімія Горючих Копалин (158-159)* (2012) 68–81. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/60467>.
12. Pétursson B., Ketilsson J., eds., *Geothermal Policy Options and Instruments for Ukraine. Based on Icelandic and International Geothermal Experience Report Prepared for the Ministry for Foreign Affairs in Iceland.*, Orkustofnun, National Energy Authority, Iceland, 2016. <https://gogn.orkustofnun.is/Skyrslur/OS-2016/OS-2016-01.pdf>.

## ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ НА ПРИКЛАДІ ECOFIELD SOLOTVYNO

*Віршило І.В.<sup>1,2</sup>, к. геол. н., доцент, ivirshylo@gmail.com,*

*Братах М.І.<sup>3</sup>, к. техн. н., Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua,*

*Курило М.М.<sup>1</sup>, д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua,*

*Скрипник В.В.<sup>3</sup>, viktoriia.skrypnyk@ugv.com.ua,*

*1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,*

*2 – АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна,*

*3 – АТ «Укргазвидобування» Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІгаз), м. Київ, Україна*

В роботі визначені етапи і складові життєвого циклу реалізації геотермальних проектів. Виділені стадії та етапи відмінні за тривалістю, обсягами і видами робіт, капітальними та експлуатаційними витратами та іншими параметрами. Для подальшого оцінювання геотермальних проектів рекомендується виділяти від 4 до 8 головних етапів їх реалізації. За досвідом реалізації проектів геотермальної енергетики максимальні ризики і значна частка інвестицій припадає на перші етапи вивчення, розвідки та буріння свердловин. Вони можуть тривати від 4 до 7 років і з ними пов'язані до 50% всіх необхідних інвестицій. Типовий проект геотермальної енергетики має тривалість життєвого циклу від 25 до 50 років експлуатації в залежності від виробничої потужності станції та терміну забезпеченості ресурсами.

## ASSESSMENT OF THE LIFE CYCLE OF GEOTHERMAL PROJECTS ON THE EXAMPLE OF ECOFIELD SOLOTVYNO

*Virshylo I.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., ivirshylo@gmail.com,*

*Bratakh M.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Eng.) Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua,*

*Kurylo M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua,*

*Skrypnyk V.<sup>3</sup>, viktoriia.skrypnyk@ugv.com.ua,*

*1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

*2 – JSC "Ukrgezvydobuvannya", Kyiv, Ukraine,*

*3 – JSC "Ukrgezvydobuvannya" Ukrainian Research Institute of Natural Gases (UkrNDIGaz), Kyiv, Ukraine*

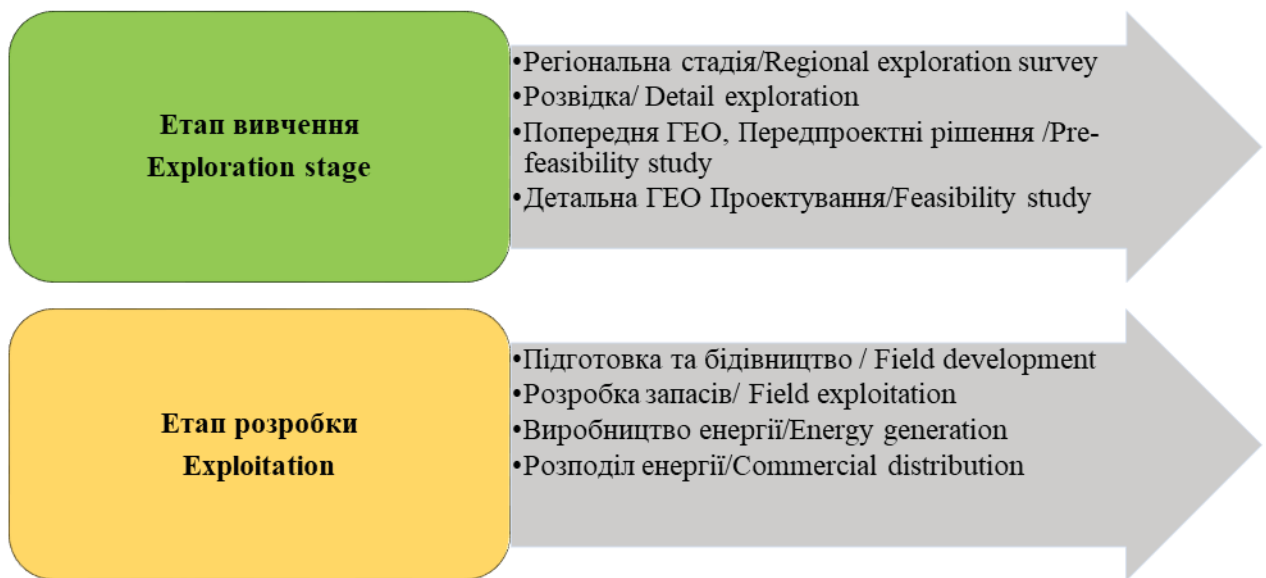
The paper determines the stages and components of the life cycle of the implementation of geothermal projects. The selected stages differ in duration, volumes and types of work, capital and operating costs and other parameters. For the further evaluation of geothermal projects, it is recommended to distinguish from 4 to 8 main stages. According to the experience of the implementation of geothermal energy projects, the maximum risks and a significant share of investments fall on the first stages of exploration and drilling of wells. They can last from 4 to 7 years and are associated with up to 50% of all necessary investments. A typical geothermal energy project has a life cycle duration of 25 to 50 years of operation, depending on the plant's production capacity and the term of resource availability.

Геотермальні проекти реалізуються поетапно, що має на меті мінімізацію ризиків і максимально ефективного використання ресурсів – матеріальних, робочої сили, інвестицій та часу. Завданням кожного етапу і стадії є виокремлення найбільш перспективних ділянок і визначення найбільш прибуткових варіантів освоєння.

В окремих роботах по плануванню і проектуванню геотермальних проектів виділяють від 5 до 8 стадій, які в загальному стосуються виділення 2 базових періодів: вивчення ділянок надр (в. тому числі геологічне, технологічне, економічне та екологічне) та розробки геотермальних ресурсів. Типові складові цих періодів наведено на рис. 1.

Перший період вивчення (exploration), метою якого є виявлення перспективного пласта, включаючи дослідження можливого його використання, спочатку характеризується високою невизначеністю і відповідно має значний рівень геологічного та економічного ризиків, з яким необхідно зіткнутися через поступово зростаючі, але відносно недорогі інвестиції. Етап розробки/експлуатації передбачає вже невеликі ризики, але вимагає великих інвестицій.

За даними OLADE (OLADE, 1994; Alfonso Aragon-Aguilar, 2019; Geothermal Handbook, 2012) з практичної точки зору геотермальний проект можна розділити на етапи, які зображені на рис 1.



**Рис. 1. Базові періоди геотермального проекту за даними OLADE**  
(*OLADE, 1994; Alfonso Aragyn-Aguilar, 2019; Geothermal Handbook, 2012*)

Для реалізації проекту в маловивченому регіоні необхідно починати з рекогносцирувального дослідження та пошуків, які охоплюють площу 1000 км<sup>2</sup> і більше. Ці роботи дозволяють сформулювати перші гіпотези щодо геотермальних перспектив регіону та вибрати один або кілька сприятливих районів для проведення розвідки і початкових техніко-економічних досліджень. Подібним чином буде розроблена детальна програма розвідки для геотермальних територій, які визначені за результатами робіт. Метою наступної стадії є виявлення за допомогою польових робіт можливого існування перспективного підземного резервуару. Територія цієї стадії налічує від 400 до 500 км<sup>2</sup>. Після того, як геотермальний проект позитивно оцінюється на стадії попередньої ГЕО і передпроектних рішень, він розвивається до етапу техніко-економічного обґрунтування. Перевірка наявності пласта на площі від 10 до 100 км<sup>2</sup> здійснюється шляхом буріння глибоких свердловин. Так само оцінюються ймовірні запаси перспективної ділянки та розробляється ескізний проект систем, які будуть використовуватися на наступних етапах.

Стадія розробки включає продовження буріння свердловин, виконання детальних інженерно-геологічних і технологічних досліджень, оцінку ресурсів і підрахунок запасів, видобуток запасів, розробку проекту та будівництво електростанції.

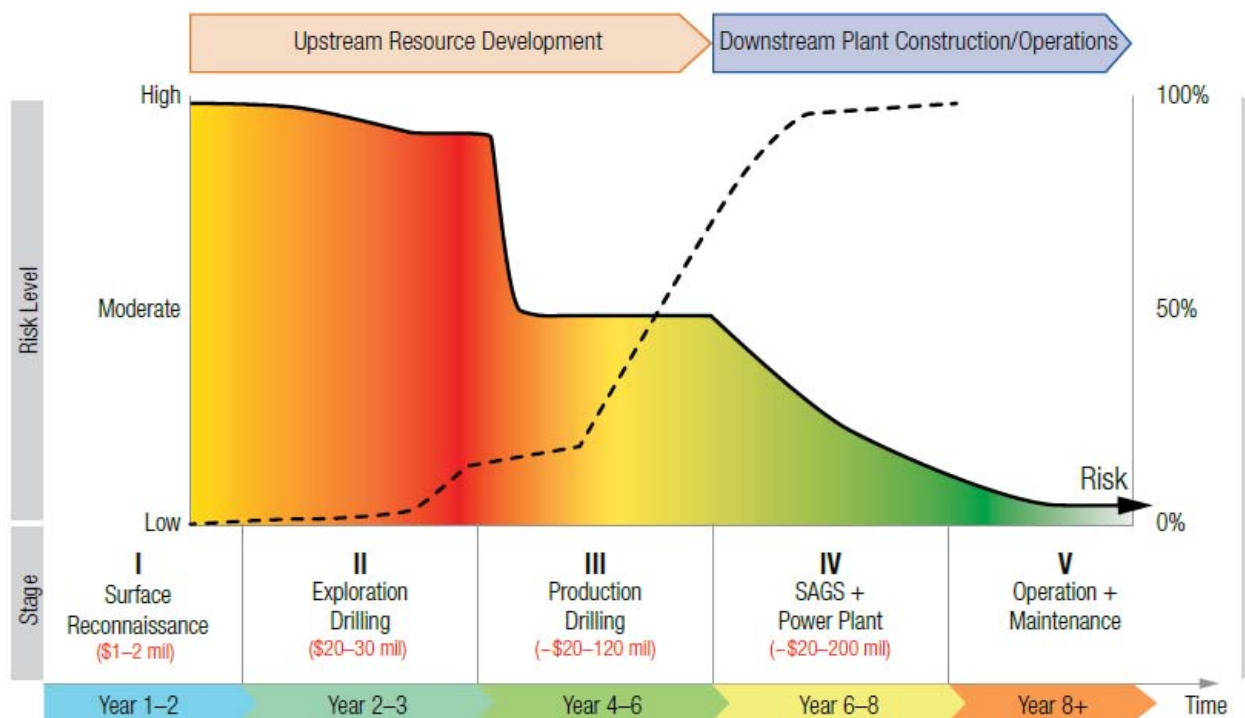
*Тривалість кожної стадії* залежить від попереднього вивчення і підготовленості території і може змінюватися відповідно до інвестиційного забезпечення. Загалом, при наявності достатньої кількості усіх видів ресурсів характерний наступний розподіл етапів в часі. Процес, починаючи з дистанційного вивчення, рекогносцирування території, за якими слідує пошукове та розвідувальне буріння для підтвердження наявності ресурсу, зазвичай займає від двох до трьох років. Перш ніж можна буде розпочати операції, потрібно ще від трьох до п'яти років для додаткового буріння, облаштування свердловин та будівництва електростанції. Після введення в експлуатацію геотермальна енергія стає надійним та екологічно доцільним джерелом палива для довгострокового виробництва електроенергії за відносно стабільної вартості. Однак поєднання необхідності значних попередніх капітальних вкладень задовго до отримання доходів від продажу електроенергії та високого рівня ресурсного ризику до та під час ранньої стадії буріння може сповільнити темпи розвитку геотермальної енергетики і іноді вони заважають реалізації проектів.

Процес розробки ресурсу передбачає управління геотермальним флюїдом від його видобутку до його експлуатації шляхом виробництва електроенергії або будь-якого прямого використання тепла. Технології застосовуються під час експлуатації для оптимізації використання рідини та її транспортування до генеруючих установок, гарантуючи безперервну роботу родовища та спостерігаючи та контролюючи розвиток пласта.

На сьогодні стадії реалізації геотермальних проєктів описані у міжнародних публікаціях спеціалізованих організацій, інформація яких базується на досвіді, набутим різними країнами, де геотермальні проєкти були виконані. Зокрема, в публікаціях Міжнародної геотермальної асоціації (IGA) систематизовано деякі практики, які застосовуються в різних геотермальних проєктах. Незважаючи на відмінності в методології та техніці між різними країнами, загальне керівництво встановлює процес із семи етапів розробки цих проєктів. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) в Geothermal Handbook і в основному містить вище згадані етапи, із додаванням того, що на етапі експлуатації виділено ще дві складові: (1) будівництво генеруючої станції та (2) пуск- і експлуатація. Процес із семи етапів, запропонований (*Geothermal Handbook, 2012*), показаний на рисунку 3, додавши в кінці сьомого відповідно експлуатацію та польове обслуговування. Всі названі документи (*Alfonso Aragyn-Aguilar, 2019; Comparative Analysis, 2021; Geothermal Handbook, 2012; IGA, 2013; OLADE, 1994*) збігаються в попередньому обстеженні як підстави для ініціювання геотермального проєкту.

Відповідно до запропонованої схеми мінімальна тривалість реалізації проєкту геотермальної енергетики складе 22-25 років, а максимальна залежить від терміну забезпеченості геотермальними ресурсами та можливістю залучати початкові інвестиції.

На наступному рисунку 2 проілюстрована схема життєвого циклу типового геотермального проєкту за даними ESMAP. Подібно до попередніх описаних циклів тут виділено 2 базових періоди, перший з яких стосується пошуку, оцінки та підготовки самого ресурсу, а другий – будівництва і експлуатації. Тривалість мінімального циклу проєкту в цій схемі трохи вище ніж попередній схемі і складає 23-27 років.



**Рис. 2. Концептуальна схема життєвого циклу геотермального проєкту за даними (*Comparative Analysis, 2021*)**

*Вартість реалізації кожного етапу, який виділено на схемі коливається від перших мільйонів до сотень мільйонів доларів, і кумулятивно досягає 50% всіх необхідних інвестицій ≈125 млн \$ на етапі Експлуатаційне буріння/Exploitation drilling. Сумарні значення витрат, які необхідні для запуску проєкту до стадії виробництва досягають 200-350 млн \$ в залежності від масштабу ресурсів і потужності станції.*

Розподіл сукупного ризику реалізації проєкту наведено на рис. 3 відповідно виділених стадій оцінювання і виробництва.



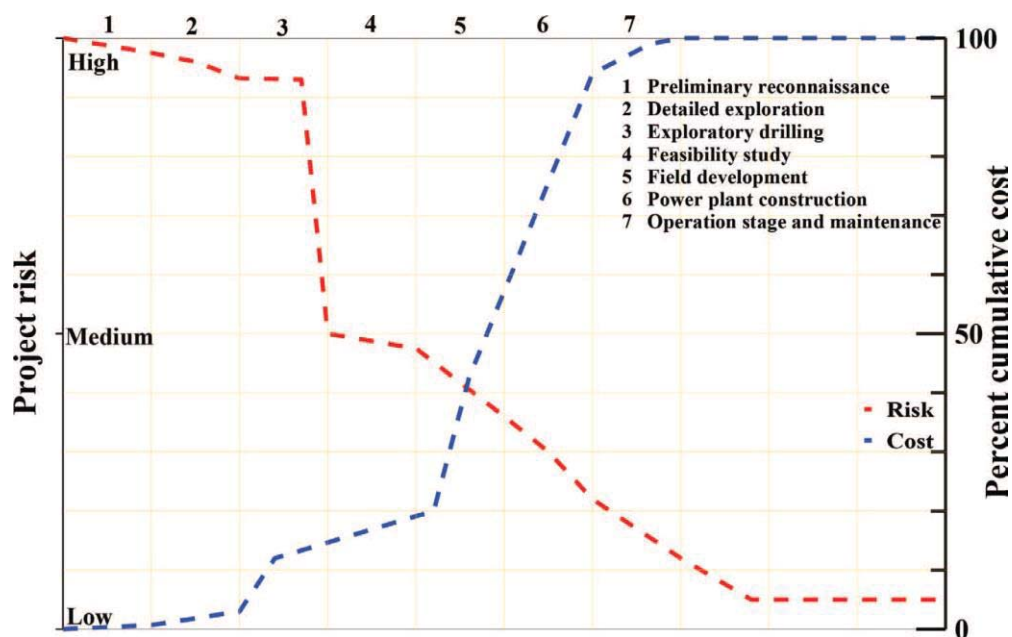


Рис. 3 Розподіл ризику реалізації та вартості геотермального проекту (за даними (Alfonso Aragyn-Aguilar, 2019; Comparative Analysis, 2021))

Для наступної оцінки геотермальних ресурсів ділянки Солотвино використано базову схему, яка наведена на рис.2-3. Термін освоєння геотермальних ресурсів ділянки Солотвино встановлено як середній розрахунковий період для аналогічних проектів за даними джерел (Geothermal Handbook, 2012; IRENA, 2017; Preparing Feasibility, 2021). В різних публікаціях і шаблонах пропонують використовувати період для геотермальних проектів:

15 років – як мінімальний з огляду на тривалий термін підготовки, будівництва і запуску експлуатації;

30 років – середній розрахунковий термін;

50 років – максимальний з врахуванням можливої зміни технології протягом даного періоду.

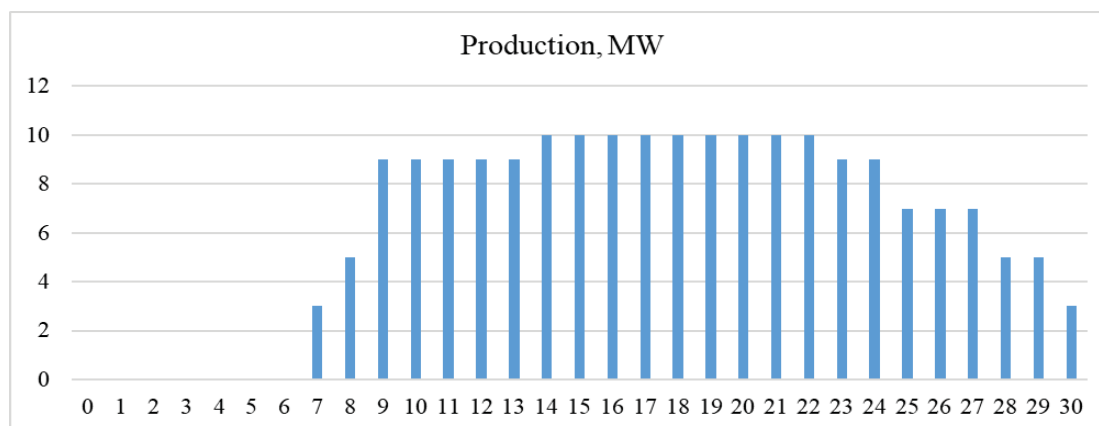
В даному дослідженні використано термін 30 років, вкл.23 роки виробництва, з врахуванням максимального строку надання спеціальних дозволів на використання надр. Основні стадії вивчення, підготовки, будівництва і промислового освоєння для ділянки Солотвино наведено в наступній таблиці. Ці періоди визначені у річному вимірі із використанням даних проектів-аналогів та рекомендації методичних документів у напрямі оцінки геотермальних проектів (Geothermal Handbook, 2012; IRENA, 2017; Preparing Feasibility, 2021).

Таблиця 1

Основні стадії вивчення, підготовки, будівництва і промислового освоєння для ділянки Солотвино

№	Eman/Stage	Тривалість, років/ Duration, years
1	Геологічне вивчення (регіональний масштаб)/ Regional exploration survey	1
2	Розвідка, буріння, оцінка/ Exploration drilling	2
3	Проектування/FS	1
4	Підготовка і будівництво в межах ділянки. Експлуатаційні свердловини/ Development	2
5	Будівництво станції/ Plant construction	1
6	Промислове освоєння і виробництво/ Operation and maintenance	23

Значення продуктивності встановлені відповідно до обраних технологічних рішень із врахуванням попиту в межах визначеного регіону. Для техніко-економічних розрахунків використано 2 варіанти продуктивності – 10 та 15 МВ. В річному розподілі продуктивності враховані періоди нарощування потужностей та їх зменшення в кінці терміну експлуатації. Розподіл виробничих потужностей наведено на наступних рис. 4.



**Рис. 4. Розподіл виробничих потужностей при освоєнні геотермальних ресурсів ділянки Солотвино протягом 30-річного періоду для максимальної продуктивності 10 МВ**

Таким чином, для визначення доцільності проведення та економічної ефективності реалізації геотермального проекту визначають і обґрунтовують етапи і складові життєвого циклу такого освоєння. Виділені стадії та етапи відмінні за тривалістю, обсягами і видами робіт, капітальними та експлуатаційними витратами та іншими параметрами. Для подальшого оцінювання геотермальних проектів рекомендується виділяти від 4 до 8 головних етапів їх реалізації. За досвідом реалізації проектів геотермальної енергетики максимальні ризики і значна частка інвестицій припадає на перші етапи вивчення, розвідки та буріння свердловин. Вони можуть тривати від 4 до 7 років і з ними пов'язані до 50% всіх необхідних інвестицій. Типовий проект геотермальної енергетики має тривалість життєвого циклу від 25 до 50 років експлуатації в залежності від виробничої потужності станції та терміну забезпеченості ресурсами.

#### Список використаних джерел:

1. *Alfonso Aragyn-Aguilar, Georgina Izquierdo-Montalvo, Daniel Octavio Aragyn-Gaspar and Denise N. Barreto-Rivera. Stages of a Integrated Geothermal Project (2019), <https://www.intechopen.com/chapters/64027>. DOI: 10.5772/intechopen.81017.*
2. *Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation Magnus Gehringer and Victor Loksha Energy Sector Management Assistance Program. (2012). The World Bank// [https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL\\_Geothermal%20Handbook\\_TR002-12\\_Reduced.pdf](https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL_Geothermal%20Handbook_TR002-12_Reduced.pdf).*
3. *Geothermal Investment Guide// [/www.geoelec.eu/wp-content/uploads/2011/09/D3.4.pdf](http://www.geoelec.eu/wp-content/uploads/2011/09/D3.4.pdf).*
4. *Comparative Analysis of Approaches to Geothermal Resource Risk Mitigation. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) (2021)// <https://www.esmap.org/node/56863>.*
5. *IGA Service GmbH. Geothermal exploration best practices: A Guide to Resource Data Collection, Analysis, and Presentation for Geothermal Projects. Germany: Bochum University of Applied Sciences (Hochschule Bochum); 2013. 74 pp.*
6. *IRENA (2017), Geothermal Power: Technology Brief, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.*
7. *Magnus Gehringer and Victor Loksha. Geothermal Handbook : Planning and Financing Power Generation. Energy Sector Management Assistance Program (2012). The World Bank// [https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL\\_Geothermal%20Handbook\\_TR002-12\\_Reduced.pdf](https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL_Geothermal%20Handbook_TR002-12_Reduced.pdf).*

8. *Michelle Wagner, Tom Bide, Daniel Cassard, Jaco Huisman, Pascal Leroy, Špela Bavec et al. (2019). Optimising quality of information in RAW MAterials data collection across Europe (ORAMA), Technical Final Report & Recommendations, November 15, 2019, Brussels, Belgium// <http://www.orama-h2020.eu>.*

9. *OLADE (Organizaciyn LatinoAmericana de Energia), BID (Banco InterAmericano de Desarrollo). Guia para estudios de reconocimiento y prefactibilidad geotermicos, Quito, Ecuador; (1994). 146 p.*

10. *Preparing Feasibility Studies for Financing of Geothermal Projects: An Overview of Best Practices. ESMAP. (2021). Washington, DC: World Bank. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.*

11. *Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources, (2016) // [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC\\_specs/UNFC.RE\\_e.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/UNFC.RE_e.pdf).*

## ОСВОЄННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ В КОНТЕКСТІ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

*Поп С.С., д. ф.-м. н, професор, popstepan7@gmail.com,  
Пересоляк В.Ю., к. н. д. у., доцент, vladislav.peresolyak@uzhnu.edu.ua,  
Шароді І.С., к. ф.-м. н., доцент, iryna.sharodi@uzhnu.edu.ua,  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна*

Розглянуто потенціал відновлюваних енергетичних ресурсів у Закарпатській області. З'ясовано стан, проблеми та перспективи його освоєння для розвитку відновлюваної енергетики Закарпаття.

## DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES OF ZAKARPATTIA OBLAST IN THE CONTEXT OF BALANCED DEVELOPMENT OF TERRITORIAL COMMUNITIES

*Pop S., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., popstepan7@gmail.com,  
Peresolyak V., Cand. Sci. (Public admin.), Assoc. Prof., vladislav.peresolyak@uzhnu.edu.ua,  
Sharodi I., Cand. Sci. (Phys.-Math.), Assoc. Prof., iryna.sharodi@uzhnu.edu.ua,  
“Uzhhorod National University”, Uzhhorod, Ukraine*

The potential of renewable energy resources in Zakarpattia Oblast is considered/ The state, problems and prospects of its development for the development of renewable energy in Zakarpattia are clarified.

**Вступ.** У Низьковуглецевій стратегії розвитку України до 2050 року задекларовано: «Україні потрібні високі темпи зростання ВВП для подолання бідності і зубожіння населення, але при цьому повинна формуватися нова модель розвитку – «зелене» відродження, «зелене» зростання, «зелений» розвиток, що ґрунтується на припливі інвестицій у відновлювані джерела енергії, екологічно безпечне виробництво, «зелені» технології» [1]. Стратегією передбачено перехід економіки на траєкторію низьковуглецевого зростання (згідно підписаних Україною Угоди про асоціацію з ЄС та Паризької кліматичної угоди), поступовим зростанням доли відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в загальному виробництві електроенергії, виконання державної політики досягнення глобальних цілей сталого розвитку (СР) на близьку та віддалену перспективи [2]. Одним із основних напрямків вирішення цих амбітних цілей є формування сприятливого інвестиційного клімату, стимулювання інноваційної діяльності щодо швидкого поширення ВДЕ та зниження енергоємності виробництва і підвищення енергоефективності. Зазначимо, що Енергетичною стратегією України на період до 2035 року передбачається стале розширене використання всіх видів відновлюваних енергетичних ресурсів (ВЕР), зростання частки ВДЕ до рівня від загального первинного постачання енергії не менше 25% [3]. Прийнято законодавчі акти, що сприяють вкладанню інвестицій в їх освоєння [4-7]. При цьому частка сонячної та вітрової енергії мають суттєво зрости та скласти 2,4 % до 2025 та 10,4 % до 2035 років, за умови збереження частки атомної енергії на рівні 25-32 %. Важливо, що 13 серпня 2024 року уряд, зважаючи на значну руйнацію російськими окупантами об'єктів об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) затвердив Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2030-го, яким передбачено пришвидшення диверсифікації, декарбонізації, децентралізації та безпеки ОЕС, введення в дію 24 ГВт генеруючих потужностей від ВДЕ, досягнення 27 % їх частки в загальному споживанні електроенергії [7]. Для цього планується побудувати 6,1 ГВт вітрової енергетики, 12,2 ГВт сонячної енергетики, 4,7 ГВт гідроенергетики, 876 МВт біоенергетики, 40 МВт геотермальної енергетики. У сучасних реаліях воєнного стану це потрібно робити швидко, надійно, раціонально щодо фінансових витрат та збереження довкілля. Тому для досягнення зазначених вище показників важливо в усіх регіонах України створювати об'єкти ВДЕ, освоюючи наявні місцеві ВЕР, а через їх просторове розподілення і наближеність до споживачів покращити стабільність енергозабезпечення та безпеку об'єктів енергетики країни загалом.



**Актуальність дослідження.** В піднесенні економіки Закарпатської області одним із головних завдань є реалізація енергоефективності: самоенергозабезпечення та енергозбереження на основі раціонального використання власних енергетичних ресурсів. Для цього безальтернативним є освоєння ВЕР, потенціал яких більш ніж достатній для повного забезпечення потреб області в тепловій та електричній енергії. Тому актуальним є постійний аналіз стану розвитку ВДЕ Закарпаття, з'ясування проблем ефективного використання унікального потенціалу ВЕР та перспектив їх раціонального освоєння в контексті збалансованого соціально-, економіко-, екологічного розвитку, що задекларовано в Регіональній стратегії розвитку Закарпаття на період 2021-2027 років [8,9]. В даній статті станом на середину 2024 року осучаснено інформацію щодо освоєння унікального потенціалу ВЕР на території Закарпатської області для виробництва електричної енергії, з'ясовано основні проблеми, що гальмують спорудження нових об'єктів ВДЕ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивченням потенціалу та освоєння ВЕР на території Західного регіону займалися у різний час О. Кудря, О. Щербина, С. Денисюк, П. Васько, О. Кириленко, А. Корольчук, Ю. Башинська, Я. Івах та ін. [10-14]. Безпосередньо на території Закарпатської області систематично такі дослідження проводилися авторами та частково аналізувалися Ю. Башинською, З. Гамкало, Б. Коперльос [13, 15-20]. Найбільш ґрунтовно стан освоєння ВЕР Закарпаття за останні роки висвітлено в роботах авторів [16-19]. Однак, зважаючи на великі цілеспрямовані руйнування російськими окупантами основних генеруючих потужностей ОЕС країни, на державному та регіональному рівнях вживаються невідкладні заходи щодо часткового їх відновлення, будівництва нових кращої захищеності, у т.ч. від воєнних загроз. Вживаються дієві заходи для подальшого нарощування потужностей усіх видів ВДЕ з урахуванням їх потенціалу, економічних та екологічних особливостей в регіонах. Закарпатська область має чи не найкращий потенціал усіх видів ВЕР і могла б у короткостроковій перспективі, освоївши тільки близько 20 % найбільш економічно та екологічно обґрунтованого потенціалу ВЕР, досягти виробництво зеленої енергії переважаючи за обсягом потреби власного енергозабезпечення. Новизною даного дослідження є осучаснення інформації про освоєння ВЕР для розвитку «зеленої» енергетики на території Закарпатської області станом на середину 2024 року, зважаючи на те, що окремі види ВДЕ розвиваються дуже стрімко.

**Викладення основного матеріалу.** Закарпатська область серед регіонів України має унікальний потенціал ВЕР. За розрахунками Державного проектного інституту “Львівський Промбудпроект” сумарний потенціал відновлювальних ресурсів Закарпаття складає понад 45 млрд кВт год на рік, із них 30 млрд кВт год оцінено як реальні для освоєння [8]. За умови суворого дотримання природоохоронних вимог сумарний потенціал технічно доступних ВЕР оцінено у 3,27 млн т.у.п., (25 млрд кВт год), що у понад 10 разів перевищує потреби регіону в тепловій та електричній енергії. Так, Закарпаття має четвертину загальноукраїнського технічно досяжного потенціалу енергетичних ресурсів гірських річок (що становить 34 % від загального потенціалу ВЕР області), більше половини геотермальних енергетичних ресурсів країни (26%), біомасу як лісового, так і сільськогосподарського походження (22%), енергію доквілля (9%), енергію сонця (4%) [4,5]. Це дані Інституту відновлюваної енергетики НАН України, в яких не зазначено вітрові енергетичні ресурси, потенціал яких чималий у гірській місцевості Закарпаття, особливо на незаліснених полонинах. Тут стабільні вітрові поля, достатньої сили для спорудження потужних вітроагрегатів. Вони можуть частково бути використані як маневрові потужності, зважаючи на постійну силу вітру протягом року. Для виконання Енергетичної стратегії України Закарпатська область повинна бути серед лідерів, позаяк маючи найкращий потенціал для розвитку зеленої енергетики, зобов'язана дати більший внесок, ніж бідніші на такі ресурси регіони. Однак тут будівництво генеруючих потужностей ВЕ супроводжується часто соціальною напругою. Переважно через відсутність чіткої стратегії розвитку регіону в цій царині, недостатню злагожденість дій владних структур, галузевих інституцій, інвесторів, науковців і громадських організацій. Останні не рідко дезінформують місцеві громади та широку громадськість щодо впливу планованих

об'єктів зеленої енергетики на довкілля та щодо соціально-економічних вигод від їх спорудження. Розглянемо, що станом на середину 2024 року зроблено та що гальмує належне освоєння значного потенціалу ВЕР Закарпаття. Адже в останнє десятиліття інвестори проявляють підвищений інтерес до їх освоєння, чому чимало сприяв у попередні роки високий «зелений» тариф, за яким гарантується оплата за вироблену «зелену» енергію до 2030 року [6]. Наразі критичний стан ОЕС, обумовлений воєнними діями, зобов'язує всіх відповідальніше й якнайшвидше створювати об'єкти енергетики. Адже без них не можливо забезпечити життєдіяльність населення та господарства країни, яка, до того ж, знаходиться у стані тривалої війни.

**Сонячна енергетика**, потенціал ресурсу для якої в області, що має незначну площу, є відносно малим серед регіонів України, розвивається стрімкими темпами. Кількість сонячного сьйва в Закарпатській низовині в середньому на рік становить 2025 год, а в окремих районах сягає 2200 год, тобто майже половину максимально можливого (4450 год). Це на 30 % більше, ніж у гірській зоні. Правда, середня тривалість дня взимку 8,5 год, тоді як влітку – 15,5 год. Тому усі промислові СЕ споруджені у низинній зоні. Станом на середину 2024 року в області введено в дію промислових СЕ загальною встановленою потужністю 240 МВт, більшість яких збудовано ще до широкомасштабної війни. В останній час спорудження промислових СЕ пригальмовано, однак значна кількість придатних для їх будівництва земельних ділянок місцевими громадами вже виділена зацікавленим забудовникам. Наразі має місце великий попит на встановлення непромислових СЕ. Швидкими темпами будуються СЕ на прибудинкових територіях та на дахах будівель фізичних і юридичних осіб. Їх кількість за останній час щороку подвоювалась і на середину 2024 року сягає близько 5000 СЕ із встановленою сумарно потужністю понад 140 МВт. Надлишок електроенергії, виробленої не промисловими СЕ, частково продається за «зеленим» тарифом або акумулюється для власного споживання в нічний період та при тимчасових відключеннях електропостачання. Тобто спостерігається зростання використання виробленої енергії для власного споживання, а не заробітку за «зеленим» тарифом, що є позитивом, зокрема з точки зору зменшення навантаження на обсяги балансуєчих потужностей енергосистеми. Виробленої енергії промисловими та непромисловими СЕ в період найбільшого сонячного сьйва разом із іншими об'єктами енергосистеми, майже достатньо для забезпечення споживачів Закарпаття. Однак нестабільність і погана прогнозованість обсягів генерації СЕ в часі потребують наявності достатньої кількості запасних балансуєчих потужностей енергомереж, якими в Закарпатті є частково об'єкти гідроенергетики.

**Мала гідроенергетика.** Перші малі дериваційні гідроелектростанції Оноківська та Ужгородська з встановленими потужностями 2,65 і 1,92 МВт відповідно, були побудовані ще у 1937-1943 роках на каналі, яким відводиться з річки Уж вода для забезпечення потреб м.Ужгород. Вони успішно працюють до тепер на старому обладнанні, заміною якого їх рентабельність можливо би підвищити. У радянську добу було збудовано десятки малих ГЕС на річках Закарпаття, які демонтували при великому будівництві ГЕС на Дніпрі та потужних теплових і атомних станцій. Наразі їх відновлення вважаться не доцільним. У 1956 році було збудовано унікальну Теремле-Ріцьку ГЕС на двох річках (27 МВт), яка продовжує працювати, хоч і не на повну потужність. Гідроресурсний потенціал Закарпаття планували освоїти ще за радянської доби, зокрема було спроектовано будівництво каскаду 5-и гребельних ГЕС на р. Тиса (на ділянці від м.Тячів до смт.Вилок) загальною потужністю 200 МВт. Цей проект не був реалізований як через його значний вплив на довкілля, так і відсутність фінансування. Мала гідроенергетика Закарпаття активно почала розвиватися після запровадження стимулювання «зеленим» тарифом. Станом на 2019 рік за рахунок недержавних коштів споруджено 13 малих і міні-ГЕС зі встановленою потужністю гідротурбін від 0,63 до 2,2 МВт, перелік яких подано нижче. Їх загальна потужність близько 15,6 МВт, а разом із гребельною Теремле-Ріцькою ГЕС - 42,6 МВт. Зважаючи на наявний в області доцільний для освоєння потенціал гірських річок це дуже мало. Разом малі ГЕС

виробляють у середньому за рік близько 90 млн кВт.год. Найбільш перспективними для будівництва нових МГЕС є річки Тересва, Ріка, Шопурка, Середня Шопурка, Тур'я, Брустуриянка, Латориця та ін. Звичайно, інвестори повинні чітко виконувати вимоги щодо збереження довкілля та налагодити взаємовигідну співпрацю з місцевими громадами, які є розпорядниками місцевих ресурсів. Обидві сторони зацікавлені у виборі на річках таких створів для розміщення МГЕС, де вплив на довкілля був би мінімізований, а енергія водотоку оптимально використана. Якщо із наявного доцільного для освоєння гідроенергетичного потенціалу Закарпаття використати тільки 15-20 % та розміщувати МГЕС в найменш екологічно вразливих місцях, то цього буде достатньо для забезпечення виробленою електричною енергією усіх потреб краю. Збільшення потужностей малої гідроенергетики є важливим для покращення балансування в енергосистемі. Позитивом є й те, що забудовник частково вирішує питання берегоукріплення та протипаводкового захисту, сприяє вирішенню питань дотримання чистоти русла та берегів річки, підвищенню екологічної свідомості населення, створює нові робочі місця, поповнює бюджети різних рівнів тощо. Відмітимо, що споруджені МГЕС за останні роки, зокрема на річках Тур'я, Брустуриянка та ін. є найкращими в Україні, відповідають європейським стандартам за технічним, технологічним, природоохоронним та естетичним рівнями їх реалізації. На сучасні МГЕС Закарпаття навідується як туристи, так і вітчизняні та зарубіжні спеціалісти, що бажають ознайомитися з позитивним досвідом спорудження дериваційних ГЕС на малих гірських річках. Діючі дериваційні малі, міні- та мікро-ГЕС Закарпаття, їх встановлені потужності та власники наступні:

- 1) Оноківська (2,65 МВт, 1941р.), ТОВ «Акваресурсенерго»;
- 2) Ужгородська (1,92 МВт, 1942р.), ТОВ «Акваресурсенерго»;
- 3) Білинська на потоці Льмин (0,63 МВт, 2006р.), ТОВ «Енергія Карпат»;
- 4) Тур'я-Полянська (Шипіт-1, 1,0136 МВт, 2012р.), ТОВ «Зелена енергія плюс»;
- 5) Краснянська (0,8+0,36 МВт, 2011р., 2013 р.), ТОВ «Укрелектробуд»;
- 6) Тур'я-Полянська (Шипіт-2, 0,999 МВт, 2014р.), ТОВ «Зелена енергія плюс»;
- 7) Нижньо-Бистрянська (2,2 МВт, 2014р.), ТОВ «Акванова Девелопмент»;
- 8) Лопухівська, поблизу с.Брустури (1,0 МВт, 2016р.), ТОВ «Альтенер»;
- 9) Уст-Чорнянська (0,996 МВт, 2016р.), ТОВ «РЕНЕР»;
- 10) на річці Мокрянка (0,996 МВт, 2017р.), ТОВ «Альтенер»»;
- 11) мікро-ГЕС біля с.Руська Мокра (0,1 МВт, 2018р.), ТОВ «Гідро Плюс»;
- 12) Костилівська 1 (0,996 МВт, 2019р.), ТОВ «РЕНЕР»;
- 13) Костилівська 2 (0,996 МВт, 2019р.), ТОВ «РЕНЕР».

**Геотермальні ресурси** Закарпаття для виробництва електричної енергії поки що незадіяні, хоча їх потенціал, як видно із табл.1, привабливий найменшими глибинами свердловин з високою температурою. Зазначимо, що маємо уже розвідані перспективні для використання родовища з відомими характеристиками по дебіту ресурсу, температурі та інших показниках свердловин (зокрема, Берегівське, Косинське, Залузьке, Терелянське, Велятинське, Поладське, Велико-Бактянське, Ужгородське родовища). Залузьке родовище є найперспективнішим для спорудження геотермальних електростанцій (ГТЕС), адже тут на значній площі (близько 400 км<sup>2</sup>) температура надр досягає понад 200 °С на глибині вдвічі меншій за інші території країни (див. табл.1). Важливо, що цей вид ресурсу не є залежним від кліматичних умов, а отже забезпечуватиме постійну стабільну роботу електростанції. Відомі світовий досвід використання таких ресурсів і практика експлуатації геотермальних електростанцій. Ризик вкладання коштів у реалізацію проектів будівництва ГТЕС пов'язаний із вибором місця свердловини, глибину якої бажано мати якомога меншою через коштовність буріння. Висока напруга теплового поля Закарпатської області зумовлена особливостями геологічної і тектонічної будови її території. Геотермічна поверхня 50 °С прослідковується в межах Закарпатської низовини на глибинах від 520 до 600 м, а геотермічний градієнт тут вдвічі перевищує цей показник для інших геологічних утворень Карпат і досягає 60 °С на сто метрів заглиблення. Теплові потоки в межах рівнини

становлять 67-92 мВт/м<sup>2</sup>, що майже вдвічі перевищує середні значення цього показника для інших територій України, що є визначальним для перспективи спорудження ГТЕС саме на території Закарпаття.

Наразі в Закарпатській області активно розвивається використання тільки низькотемпературних (40-70°C) термальних вод для рекреаційних цілей, а в подальшому доцільно використати наявні середньо-температурні (70-100 °С) та високо-температурні (100-150 °С) термальні води для енергетики. Цей відновлюваний енергетичний ресурс у віддаленій перспективі може стати чи не головним у забезпеченні загальних енергетичних потреб господарства області.

Таблиця 1

**Прогнозні ресурси геотермальної енергії в регіонах України [13]**

Родовища регіонів	Глибина свердл., км	Температура води, °С	Площа родовища, км <sup>2</sup>	ККД, %	Потужність ГеоТЕС, тис МВт
Закарпаття	3-6	210–250	50-130	1,7	5,8
Передкарпаття	4-7	200	600	1,3	4,6
Крим	4-7	200-220	300-500	3,1	10,5
Східно-Українська область	5-7	185-217	660-2800	14,0	48,0
ВСЬОГО					70

**Біоенергетичні ресурси** на території Закарпаття – це значна кількість біомаси як лісового, так і сільськогосподарського походження. Їх освоєння ще не знайшло належного розвитку, якщо не брати до уваги рослинне паливо, як один із найдавніших ресурсів краю. Раціональним є спосіб використання біомаси для отримання біогазу (суміші метану та вуглекислого газу). В області є перспектива освоєння технології отримання біогазу, враховуючи те, що тваринництво і птахівництво є достатньо розвинутим, а також наявна велика кількість відходів деревини у лісозаготівельній та лісопереробній галузі та решток рослин у агропромисловому та побутовому секторах. В обласній програмі енергозбереження біоенергетиці відведено друге чільне місце після сонячної. Однак у теперішній час тільки одне підприємство ТОВ «Екокошет» у селі Чопівці Мукачівського району з 2018 року спорудило біоенергетичний комплекс (БЕК) переробки й утилізації гнойових стоків Чопівського свиногокомплексу за сучасними технологіями [21]. Біоенергетичний комплекс виробляє електро- та теплову енергію, спалюючи біогаз, отриманий із перероблених гнойових стоків з додаванням додаткової рослинної сировини (силос кукурудзяний та інших культур або твердих відходів АПК).

**Вітрова енергетика** Закарпаття має перспективи розвитку переважно на гірських хребтах та полонинах, тобто там де є необхідні вітрові поля. У 2024 році введено в дію перший вітроагрегат потужністю 5.3 МВт в Нижньо-Ворітській громаді, де провадиться будівництво ВЕС загальною потужністю 80 МВт. Ще в 2017 році інвестор із Туреччини запропонував привабливий проект зведення Воловецької ВЕС загальною потужністю 120 МВт за межами окремих населених пунктів Воловецького та Свалявського районів (тепер Мукачівського району) на визначених ділянках масиву Полонина Боржава [22]. Це дуже вдалий вибір місця розташування ВЕС, де свого часу розміщувалась військова частина протиповітряного захисту, що припинила свою діяльність після закриття у 1990 році Пістрялівської радіолокаційної станції. Тут визначено низку локацій, які мають стабільний і сильний вітер протягом усього року. Вигідним це місце є й з огляду на незначну віддаленість від електромережі, якою буде транспортуватися вироблена електроенергія. Певний тимчасовий і допустимий природоохоронними нормативами негативний вплив на довкілля не є перешкодою для дозволу на будівництво, як встановили науковці Національного університету біоресурсів та раціонального природокористування й Ужгородського



національного університету, ґрунтовно вивчивши можливий вплив на довкілля планованої діяльності будівництва Воловецької ВЕС, а регіональний орган Міндовкілля надав відповідний позитивний висновок. Однак турецький інвестор має труднощі з відведенням окремих земельних ділянок для ВЕС, переймається розглядом у судах позовів громадських організацій щодо порушення процедури виділення земель. Значна частина території полонин була свого часу приватизована, а чимало власників таких ділянок не знаходиться взагалі в Україні. Перспективними для спорудження ВЕС є також інші полонини Закарпаття, де хороші вітрові поля [23]. Зокрема полонина Руна, на якій також була військова частина, відома під назвою «Барс», яка також діяла у комплексі з Пістрялівською РЛС.

**Висновки.** Розвиток відновлюваної енергетики Закарпаття є неминучим і безальтернативним в контексті збалансованого розвитку території та відповідає пріоритетам і перспективі розвитку української державності. Освоєння тільки 15-20 % наявного потенціалу ВЕР забезпечить усі потреби господарства області в тепловій і електричній енергії на віддалену перспективу, а цього можливо досягти за умови найстрогішого виконання природоохоронних нормативів та забезпечення стійкого природокористування. Водночас, буде заміщено майже 2 млрд кВт·год споживаної в теперішній час електроенергії з Бурштинської ТЕС і, як наслідок, значно зменшено викиди парникових газів від цієї станції. До того ж матимемо зниження наявних наразі значних технологічних втрат на протяжних лініях електропередач через наближення генеруючих потужностей до споживачів, підвищення енергетичної безпеки найзахіднішої області шляхом спорудження по всій її території численних малопотужних станцій з використанням наявних унікальних місцевих відновлюваних ресурсів (сонячного випромінювання, енергії гірських водотоків, геотермів, вітру, біомаси, довкілля).

#### Список використаних джерел:

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Очікуваного національно визначеного внеску України до проекту нової глобальної кліматичної угоди» 16 вересня 2015 р. № 980. <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/980-2015-%D1%80>
2. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року» від 7 грудня 2016 р. № 932-р. <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=249573705>
3. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність” від 18 серпня 2017 р. № 605-р. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>
4. Енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії Закарпаття становить 253 відсотків. <https://zakarpattia.net.ua/News/90392-Enerhetychnyi-potentsial-vid>
5. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / За ред. А.К. Шидловського. -Київ, 2001.
6. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу» від 25 вересня 2008 р. № 601. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/601-17>
7. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року Постанова КМУ «Про затвердження Національного... | від 13.08.2024 № 761-р» (rada.gov.ua)
8. Енергетична програма Закарпатської області до 2015 року.//Ужгород: 1997.-32 с.
9. Регіональна стратегія розвитку Закарпаття на період 2021-2027 років. Рішення сесії облради від 20.12.2020 р. №1631.
10. Щербина О. Гідроенергетика Західного регіону/ О. Щербина // Зелена енергетика. – 2003. – № 2(10). – С. 20–21
11. Кудря О. С. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Розвиток вітроенергетики та сонячної енергетики: презентація [Електронний ресурс] // О. С. Кудря. – Режим доступу: [uaenergy.org/upload/files/16\\_EIF\\_Kudria.ppt](http://uaenergy.org/upload/files/16_EIF_Kudria.ppt)
12. Васько П.Ф. Мала гідроенергетика: світові тенденції розвитку та українські перспективи// Електропанорама, 2010, №3.

13. Башинська Ю.І. Перспективи розвитку малої відновлювальної енергетики в Західному регіоні України. Інвестиційно-інноваційні засади розвитку національної економіки в ринкових умовах. 23-24.02,2015, Ужгород, Україна.
14. Івах Я.Є. Суспільно-географічні аспекти розвитку альтернативної енергетики у західному регіоні України / Я.Є. Івах// Збірник наукових праць ІХ між народ. наук.-практ. конф."Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні" 6-7 квітня 2017 р.-С.34-38.
15. Поп С.С., Шароді І.С., Шароді Ю.В., Ганзел А.В. Гідроенергетика Закарпаття: стан та перспективи розвитку. УГЖ, 2015, № 2, С.65-71. <https://doi.org/10.15407/ugz2015.02.065> Ukr. geogr. z. 2015, N2:65-71
16. Поп С.С., Шароді І.С., Шароді В.В. Відновлювані енергетичні ресурси Закарпаття. Мат. 4-ої міжн. наук. практ. конф. «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування». 2017. С.371-376.
17. Шароді Ю.В., Шароді І.С. Перспективи розвитку геотермальної енергетики в Закарпатській області. Мат. ІХ Міжн. наук. практ. конф. «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні, лісовпорядкуванні та природокористуванні». Ужгород: 2018, С. 356-360.
18. Поп С.С., Шароді І.С. Освоєння відновлюваних енергетичних ресурсів Закарпатської області в контексті збалансованого розвитку // Укр. геогр. журн. 2022. № 2.С.36–44. [Українською мовою]. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2022.03.036>
19. Поп С.С. Перспективи розвитку вітрової енергетики на території Закарпатської області. Мат. наук. практ. конф. «Надрокористування . в Україні. Інвестиційний аналіз. Трускавець: 2019.-С.207-300. j
20. Коперльос Б.М. Відновлювана енергетика в умовах Закарпаття. Збірник наукових праць ЛОГОС, С.49-51. <https://doi.org/10.36074/26.06.2020.v1.19>
21. Виробництво електричної і теплової енергії з ВДЕ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/11/Zvit-z-otsinky>
22. Звіт з оцінки впливу на довкілля будівництва об'єкту «Будівництво вітрової електростанції 120 МВт» на території Воловецької селищної ради та Тибавської сільських рад (за межами населених пунктів) Свалявського району у Закарпатській області. Реєстраційний № 2018821379 від 02.08.2018 р.
23. Hadnagy Istvan. A felsinkozeli szelmezo energetik jellemzese karpataljan // II RF KMF-«RIK-U», Beregszasz-Ungvar, 2023. -224.

## ГЕОГРАФІЧНІ ЧИННИКИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

*Лопушанська М.Р.<sup>1,3,5</sup>, аспірантка, mariia.lopushanska.agrn@lnu.edu.ua,*

*Іванов Є.А.<sup>1</sup>, д. геогр. н., професор, yevhen.ivanov@lnu.edu.ua,*

*Лопушанська Ю.Р.<sup>2</sup>, y.lopushanska@nordikbud.com.ua,*

*Циганок Л.В.<sup>3</sup>, liudmyla.paeu@gmail.com,*

*Башинська Ю.І.<sup>4</sup>, к. екон. н., с. н. с., yu.bashynska@ukr.net,*

*Вишва А.М.<sup>5</sup>, a.vyzhva@nordikbud.com.ua,*

*Доманський А.С.<sup>6</sup>, ves\_yuva@ukr.net,*

*1 – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна,*

*2 – ПП “Проект-Буд”, м. Львів, Україна,*

*3 – Асоціація професіоналів довкілля “РАЕВ”, м. Київ, Україна,*

*4 – ДУ “Інститут регіональних досліджень ім. М. Долишнього НАН України”, м. Львів, Україна,*

*5 – ТОВ “НОРДІК-БУД”, м. Львів, Україна,*

*6 – ТОВ “ВЕС-ЮВА”, м. Шепетівка, Україна*

На функціонування і розвиток відновлюваної енергетики, на відміну від традиційної енергетики, важливу роль відіграють географічні чинники, зокрема геофізичні, геологічні, геоморфологічні, кліматичні, гідрологічні, агроґрунтові, суспільні (соціально-економічні) та екосистемні послуги. Вплив кожного із географічних чинників на об'єкти відновлюваної енергетики залежить від конкретного виду енергетики, та зумовлює як розвиток, так і неможливість реалізації діяльності.

## GEOGRAPHICAL FACTORS OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN THE LVIV REGION

*Lopushanska M.<sup>1,3,5</sup>, postgraduate, mariia.lopushanska.agrn@lnu.edu.ua,*

*Ivanov Y.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geogr.), Prof., yevhen.ivanov@lnu.edu.ua,*

*Lopushanska Y.<sup>2</sup>, y.lopushanska@nordikbud.com.ua,*

*Tsyganok L.<sup>3</sup>, liudmyla.paeu@gmail.com,*

*Bashynska Y.<sup>4</sup>, Cand. Sci. (Econ.), senior researcher, yu.bashynska@ukr.net,*

*Vyzhva A.<sup>5</sup>, a.vyzhva@nordikbud.com.ua,*

*Domanskyi A.<sup>6</sup>, ves\_yuva@ukr.net,*

*1 – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine,*

*2 – Private company “PROEKT-BUD”, Lviv, Ukraine,*

*3 – Professional Association of Environmentalists of the World (PAEW), Kyiv, Ukraine,*

*4 – LLC “NORDIK-BUD”, Lviv, Ukraine,*

*5 – Dolishniy Institute of Regional Research of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine,*

*6 – LLC “VES-YUVA”, Shepetivka, Ukraine*

The functioning and development of renewable energy, unlike traditional energy, is influenced by geographical factors, including geophysical, geological, geomorphological, climatic, hydrological, agro-soil, social (socio-economic) and ecosystem services. The impact of each of the geographical factors on renewable energy projects depends on the specific type of energy and determines both the development and the impossibility of implementing activities.

**Актуальність поставленої проблеми.** Для розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області, на відміну від традиційної енергетики, важливу роль відіграє не лише сировина, а й географічне розташування об'єктів, яка зумовлена специфічними географічними чинниками для певної території, зокрема геологічні, геоморфологічні, гідрологічні, кліматичні, ґрунтові, біотичні тощо. Під географічними розуміємо чинники, які зумовлені географічним розташуванням об'єкта та мають вплив на розвиток відновлюваних джерел енергії. До таких чинників відносимо геофізичні, геологічні, кліматичні, гідрологічні, агроґрунтові та суспільні (соціально-економічні), а також екосистемні послуги.

**Матеріали і методика дослідження.** У роботі використано дані здійснено аналіз та узагальнення зібраних даних щодо впливу географічних чинників на розвиток відновлюваної енергетики у Львівській області. Із використанням геоінформаційної системи QGIS 3.26 ство-

рено картосхеми з метою візуалізації впливу кліматичних чинників на розвиток відновлюваної енергетики та подано числові значення.

Об'єктом дослідження є діючі і перспективні об'єкти відновлюваної енергетики у Львівській області, предметом – вплив географічних чинників на розвиток відновлюваної енергетики Львівської області.

**Результати дослідження.** Значущість кожного із географічних чинників для об'єктів відновлюваної енергетики є різною і залежить від конкретного виду енергетики, що зумовлює як розвиток, так і неможливість реалізації діяльності. Розглянемо детальніше вплив географічних чинників на функціонування і розвиток об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області та їхню значимість в ефективності виробництва електроенергії.

*Геофізичні чинники* мають найменший вплив на розвиток відновлюваної енергетики у Львівській області, зокрема, лише при поштовхах понад шість балів.

*Геологічні та геоморфологічні чинники* можуть мати вплив на об'єкти відновлюваної енергетики лише за умови поширення їхніх проявів на ділянках потенційних для об'єктів відновлюваної енергетики. Це залежить від географічного положення об'єкта.

*Кліматичні чинники* відіграють важливу роль при виборі ділянки для майбутніх проектів сонячної, вітрової і зеленої водневої енергетики. Наявність сприятливих кліматичних показників у межах ділянки дозволяє отримувати хороші показники генерації електроенергії. Для інших об'єктів відновлюваної енергетики цей чинник не є вирішальним.

На розвиток малої гідроенергетики і зеленої водневої енергетики важливим чинником виступають *гідрологічні чинники*. Для біоенергетики ці чинники відіграють роль за умови використання води для зрошення полів, де вирощуються енергетичні культури.

*Агрогрунтові чинники* мають важливий вплив виключно на розвиток біоенергетики (вирощування енергетичних культур).

Суспільні чинники та екосистемні послуги мають прямий вплив на розвиток всіх видів відновлюваної енергетики (табл. 1).

*Геофізичні (сейсмічні) чинники.* До геофізичних чинників розвитку об'єктів відновлюваної енергетики у регіоні відносимо землетруси. Для аналізу землетрусів та їх впливу на об'єкти відновлюваної енергетики Львівської області опрацьовано дані: історія багаторічних спостережень за землетрусами, фондові матеріали сейсмічних досліджень для будівництва об'єктів відновлюваної енергетики [12].

Згідно з даними карти загального сейсмологічного районування України, сейсмічні явища із періодом повторюваності один раз на п'ять тисяч років для середніх ґрунтових умов та ймовірності перевищення розрахункової інтенсивності протягом 50 років 1 % рівнинна частина Львівської області належить до зони інтенсивностей струсів у сім балів MSK64, а гірська частина – у вісім балів [3].

*Геологічні і геоморфологічні чинники.* До геологічних чинників, вплив яких оцінено для досліджуваних об'єктів відносяться грязьовий вулканізм, зсуви, обвали та осипи, осідання (провалля) земної поверхні, карстові процеси та підвищення рівня ґрунтових вод, що може призвести до підтоплення, а також ерозійні процеси. Перелік геологічних чинників обрано на основі КНС [11].

*Грязьовий вулканізм.* Для Львівської області не характерні прояви грязьового вулканізму.

*Зсуви, обвали, осипи, осідання (провалля) земної поверхні.* Широкий розвиток у гірській частині Львівської області та в межах Стривігор-Болозівського передгір'я і Сянсько-Дністровського опілля притаманний для гравітаційних та зсувних процесів, що становить значну геоекологічну небезпеку. Також у гірській частині області можуть виникати селеві процеси. У Львівській області розвиток карстових процесів можливий на 81,6 % площі регіону. Інтенсивність карстових процесів зумовлена різним типом перекриття і літологічним складом гірських порід, зокрема карбонатних, сульфатних і галогенних (соляних). У зонах прояву карстових процесів спостерігають підвищену тріщинуватість і мережу тектонічних порушень, яка й сприяє утворенню карсту [2].



Таблиця 1

**Характеристика значимості географічних чинників  
на розвиток відновлюваних джерел енергії**

Об'єкт відновлюваної енергетики	Сонячна енергетика	Вітрова енергетика	Зелена воднева енергетика	Мала гідроенергетика	Біоенергетика	Геотермальна
Географічні чинники						
Геофізичні <i>Землетруси</i>	+*	+*	+*	+*	+*	+*
Геологічні і геоморфологічні <i>Грязьовий вулканізм</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Зсуви, обвали та осипи, осідання (провалля) земної поверхні</i>	+	+	+	-	+	+
<i>Карстові процеси</i>	+	+	+	-	-	+
<i>Ерозійні процеси</i>	+	+	+	-	+	-
Кліматичні <i>Температура атмосферного повітря</i>	+	-	+	+	+	-
<i>Інсоляція</i>	+	-	+	-	-	-
<i>Альbedo</i>	+	-	+	-	-	-
<i>Хмарність</i>	+	-	+	-	-	-
<i>Швидкість вітру</i>	-	+	+	-	-	-
<i>Опади</i>	-	-	-	+	+	-
Гідрологічні <i>Поверхневі водні об'єкти</i>	-	-	+	+	+***	-
<i>Підземні води</i>	-	-	+	-	+***	+
<i>Гідрологічні надзвичайні ситуації поверхневих вод</i>	+**	+**	+**	-	+***	-
Агрогрунтові <i>Малопродуктивні та деградовані землі</i>	_****	_****	_****	-	+	-
Суспільні (соціально-економічні)	+	+	+	+	+	+
Екосистемні послуги	+	+	+	+	+	+

Примітки: \* – у разі поштовхів понад 6 балів; \*\* – у разі розміщення об'єкта у заплаві річок; \*\*\* – використання води для зрошення полів, де вирощуються енергетичні культури; \*\*\*\* – земельні ділянки використовуються виключно для розміщення об'єктів, проте не є вирішальним чинником розміщення.

*Кліматичні чинники.* Для розвитку відновлюваної енергетики кліматичні чинники є вирішальним, зокрема для сонячної та вітрової енергетики. Львівська область розташована у межах помірного поясу, а клімат регіону визначено як помірно континентальний. Для розвитку сонячної енергетики головними чинниками виступають температура атмосферного повітря, інсоляція (глобальне горизонтальне і глобальне нахилене випромінювання), альbedo підстилаючої поверхні, сніговий покрив, хмарність та висота Сонця над горизонтом.

За геоданими ресурсу Global Solar Atlas [13] глобальне горизонтальне випромінювання (Global horizontal irradiation, GHI) є найважливішим параметром для розрахунку виробництва енергії та оцінки ефективності плоских фотоелектричних технологій (ФЕП). Для Львівської області цей показник коливається в межах 980 кВт/м<sup>2</sup> (у Сколівських Бескидах і на вершинах

хребтів Верхньодністровських Бескид) до 1 150 кВт/м<sup>2</sup> (на Вододільному хребті і на сході Вехньодністерської рівнини).

Для об'єктів вітроенергетики у Львівській області розглянуто показники середньорічної швидкості вітру на висоті 50 і 100 м, оскільки висота сучасних турбін функціонує у цьому проміжку висот. Згідно з геоданими ресурсу Global Wind Atlas [13], середньорічні показники швидкості вітру у регіоні змінюються від 4 (долини річок у межах гірської частини області) до 8 м/с і вище на гірських хребтах. В середньому у низовинних місцевостях області середньорічні швидкості вітру нижчі, ніж на височинних.

*Гідрологічні чинники.* У формуванні і подальшому розвитку мережі об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області важливу роль відіграють гідрологічні чинники, до яких відносять наявність поверхневих водних об'єктів, забезпеченість підземними водами та ймовірність виникнення гідрологічних надзвичайних ситуацій. Розглянемо детальніше для кожного із зазначених чинників та їх вплив на формування мережі об'єктів відновлюваної енергетики у регіоні. Наявність поверхневих водних об'єктів має найбільший вплив на розвиток МГЕС, оскільки такі електростанції розміщені в межах русла річки, на греблях водосховищ тощо. У свою чергу наявність водних ресурсів у поверхневих чи підземних водозаборах є однією із важливих передумов розвитку зеленої водневої енергетики.

У разі розміщення об'єктів відновлюваної енергетики у заплавах річок ймовірний негативний вплив на навколишнє природне середовище під час прояву гідрологічних надзвичайних ситуацій, таких як повінь, паводок, льодохід тощо. У період маловоддя на міні гідроелектростанції припустиме планове припинення роботи електростанції, аж до моменту забезпечення достатнього рівня води у річці. Для об'єктів біоенергетики водні ресурси необхідні для зрошення ділянок, де вирощуються енергетичні культури. Для біоустановок, які використовують для генерації теплової або електричної енергії використання води не передбачено технологічними процесами.

*Агрорунтові чинники* мають важливий вплив тільки на розвиток біоенергетики, зокрема вирощування енергетичних культур (енергетичної верби, тополі, міскантуса гігантського, цукрового сорго, проса прутюподібного “світчграсу” тощо). У Директиві ЄС 2018/2001 від 11 грудня 2018 р. про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел зазначені вимоги щодо земель, де не повинна вирощуватись сировина для виробництва біопалива [4]. До таких земель відносяться землі з високою цінністю біорізноманіття, землі з високими вуглецевими запасами і торфовища.

*Суспільні (соціально-економічні) чинники* відіграють важливу роль у розвитку відновлюваної енергетики. До цих чинників відносимо економічне стимулювання, міжнародні зобов'язання України, стратегічні цілі та забезпечення покращення умов життя громад.

*Екосистемні послуги.* При плануванні і реалізації проектів з відновлюваної енергетики важливо застосовувати екосистемний підхід, який полягає у визначенні взаємозв'язків екосистем з людьми та іншими екосистемами, що є їхньою складовою та є нерозривним від екосистемних послуг.

Екосистемними послугами є всі корисні ресурси і вигоди, які людина може отримати від природи. Від екосистемних послуг залежить задоволення нагальних потреб людини у довкіллі і продуктах харчування, а також визначає рівень життя суспільства [1, 5–10].

**Висновки.** Географічні чинники мають значний вплив на функціонування і розвиток об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області, зокрема:

- вплив геофізичних чинників на основі історії сейсмічних спостережень у регіоні, відсутність катастрофічних землетрусів та передумов для їхнього виникнення варто оцінювати як мінімальний;
- серед геологічних чинників, найбільший вплив на об'єкти відновлюваної енергетики можуть мати карстові процеси та ерозійні процеси. На сонячних електростанціях, що змонтовані на зовнішніх відвалах, відзначають повільне просідання окремих ділянок,

пов'язане із засипаними карстовими полями та окремими лійками. Будівництво об'єктів відновлюваної енергетики заборонено у зонах активних карстових процесів. За останні десятиліття у Львівській області провідне місце за наслідками та масштабами проявів серед усіх деградаційних процесів посідає водна ерозія;

➤ кліматичні чинники відіграють важливу, нерідко вирішальну, роль у розвитку сонячної енергетики у Львівській області. Серед цих чинників виокремимо такі показники як середньорічну температуру атмосферного повітря, інсоляцію сонячної радіації, альbedo земної чи техногенної поверхні, затіненість ділянки і хмарність. Найкращими територіями для розміщення наземних сонячних станцій у регіоні є відкриті рівнинні місцевості, на яких відсутні лісові масиви та інші природно-господарські об'єкти, що можуть служити джерелами затінення фотомодулів. У гірській місцевості спостерігаємо менш сприятливі умови для розміщення сонячних станцій, зокрема через особливості форм рельєфу і високу хмарність;

➤ гідрологічні чинники відіграють важливу роль у функціонуванні та розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області, зокрема наявність поверхневих водних об'єктів є головним чинником формування мережі МГЕС, а близькість водних об'єктів під час виникнення гідрологічних надзвичайних ситуацій може мати негативні, інколи катастрофічні, наслідки для окремих об'єктів відновлюваної енергетики у регіоні. Цей чинник відіграватиме важливе значення на розміщення об'єктів зеленої водневої енергетики у майбутньому. Найоптимальнішими площами для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики у досліджуваному регіоні вважаємо ділянки за межами заплави і першої надзаплавної тераси карпатських річок, а також територій, які можуть потенційно підтоплені під час повеней і паводків. Важливо враховувати природоохоронні обмеження для водних об'єктів, що розміщені у Львівській області під час обґрунтування будівництва об'єктів відновлюваної енергетики;

➤ агроґрунтові чинники мають важливий вплив тільки на розвиток біоенергетики, зокрема вирощування енергетичних культур (енергетичної верби, тополі, міскантуса гігантського, цукрового сорго, проса прутоподібного “світчграсу”);

➤ суспільні (соціально-економічні) чинники відіграють важливу роль у розвитку відновлюваної енергетики. До цих чинників відносимо економічне стимулювання, міжнародні зобов'язання України, стратегічні цілі та забезпечення покращення умов життя громад. Одним із головних механізмів стимулювання розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області є “зелений” тариф, який розглядають як перспективу ринку електроенергії.

Під час проектування та експлуатації об'єктів відновлюваної енергетики у регіоні надзвичайно важливим є врахування екосистемних послуг території, де здійснюється планована діяльність, або яка може зазнати впливу від діяльності цих об'єктів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Василюк О., Ільмінська Л. Екосистемні послуги : огляд / БО “БФ “Фонд захисту біорізноманіття України”. Київ, 2020. 84 с. URL: [https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2020/09/EcoPosluga\\_web\\_new.pdf](https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2020/09/EcoPosluga_web_new.pdf).
2. Геоєкологія Львівської області : монографія / за заг. ред. Є. Іванова. Львів : Простір-М, 2021. 606 с.
3. ДБН В.1.1-12-2014. Будівництво у сейсмічних районах України. Державні будівельні норми України. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. 110 с.
4. Директива Європейського Парламенту і Ради (ЄС) 2018/2001 від 11 грудня 2018 р. “Про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел” (нова редакція). URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/direktiva-evropeyskogo-parlamentu-i-radi-es-2018-2001.pdf>.
5. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Гідрологічні чинники та їхня роль у розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області. *Екологічні науки* : наук.-практ. журн. 2023. № 4 (49). С. 105–113. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.14>.

6. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Вплив карстових процесів на об'єкти відновлюваної енергетики у Львівській області. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : зб. матер. VIII Міжнарод. молодіжн. конгрес. Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2023. С. 93.
7. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Кліматичні чинники та їхня роль у розвитку сонячної енергетики у Львівській області. *Екологічні науки* : наук.-практ. журн. 2022. № 6(45) С. 54–59. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.9>.
8. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Сейсмічні явища та їх вплив на розвиток відновлюваної енергетики у Львівській області. *Географічна освіта і наука: виклики і поступ* : матер. міжнарод. наук.-практ. конф. У 3-ох т. Львів : Простір-М, 2023. Т. 3. С. 61–65.
9. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А., Циганок Л. В. Суспільні (соціально-економічні) чинники розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки*. 2024. Вип. 20. С. 36–45. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2024-20-5>.
10. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А., Циганок Л. В., Вижва А. М., Абдуллаєв Ф. Ш., Лопушанська Ю. Р. Роль географічних чинників у розвитку біоенергетики у Львівській області. *Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті* : матер. XXV-ої міжнарод. наук.-практ. конф. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2024. С. 489–490.
11. Національний класифікатор. ДК 019:2010 “Класифікатор надзвичайних ситуацій” / Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10#Text>.
12. Сейсмічне мікрорайонування майданчика будівництва ВЕС 40 МВт на території Лавочненської, Верхнічківської, Хітарської, Жупанської та Ополицької сільської ради Сколівського р-ну Львівської обл. / Фондові матеріали ТОВ “Атлас Глобал Енерджи”. Сколе–Львів, 2018. 105 с.
13. Global Solar Atlas : офіційний сайт. URL: <https://globalsolaratlas.info/map>.



## ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА, ГЕОТЕКТОНІЧНА ПОЗИЦІЯ, ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ПОЛОНИНИ РУНА

*Дяків В.О.<sup>1</sup>, к. геол. н., доцент, dyakivw@yahoo.com,*

*Поп С.С.<sup>2</sup>, д. фіз.-мат. н., професор, stepan.pop@uzhnu.edu.ua,*

*Павлюк В.І.<sup>3</sup>, к. геол. н., notebooc@gmail.com,*

*Яремович М.В.<sup>4</sup>, mishayaremovich@gmail.com,*

*1 – ЛНУ імені Івана Франка; ТЗОВ «Інститут «ГІРХІМПРОМ», м. Львів, Україна,*

*2 – ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна,*

*3 – ЛКП «Львівводоканал», м. Львів, Україна,*

*4 – ТЗОВ «Геол-тех», м. Львів, Україна*

Проаналізовано стан геологічної будови, геотектонічної позиції, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов масиву полонина Руна Закарпатської області, на окремих ділянках якої Тур'є-Реметівська сільська громада прийняла рішення будівництва вітрової електростанції. Зроблено попередній аналіз геологічної будови, геотектонічної позиції, геоморфологічних особливостей, які є підґрунтям для подальшого комплексного вивчення рівня впливу планованої діяльності на довкілля відповідно до чинного законодавства.

## GEOLOGICAL STRUCTURE, GEOTECTONIC POSITION, ENGINEERING-GEOLOGY AND HYDRO-GEOLOGY CONDITIONS OF POLONINA RUNA

*Dyakiv V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., dyakivw@yahoo.com;*

*Pop S.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., popstepan7@gmail.com,*

*Pavlyuk V.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Geol.), notebooc@gmail.com,*

*Yaremovich M.<sup>4</sup>, mishayaremovich@gmail.com,*

*1 – Ivan Franko National University of Lviv; LLD "Institute" GIRHIMPROM", Lviv, Ukraine,*

*2 – Uzhorod National University, Uzhorod, Ukraine,*

*3 – LKP «Lvivwaterchanel», Lviv, Ukraine,*

*4 – LLC "Geol-tech", Lviv, Ukraine*

In connection with the damage to thermal power plants and hydroelectric power plants as a result of rocket attacks by the Russian occupiers during the full-scale war, in recent years the issue of the construction of renewable energy facilities has been widely discussed, within the locations with the highest potential for its development, in particular in Polonyna Runa (Transcarpathian region). The construction of any objects requires a detailed study of the impact on the environment, taking into account the peculiarities of the geological structure, geotectonic position, engineering-geological and hydrogeological conditions, which was carried out in this work. An initial analysis of the geological structure, geotectonic position, and geomorphological features was made, from which a conclusion can be drawn about the favorable engineering-geological and hydrogeological conditions of Polonyna Runa (Rivna).

**Вступ.** Критичний стан об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України внаслідок ракетних обстрілів російськими окупантами в ході повномасштабної війни спонукає до децентралізації її генеруючих потужностей, про що уряд у серпні цього року прийняв відповідні рішення. Безальтернативним є, попри відновлення потужних об'єктів електроенергетики, швидке освоєння відновлюваних енергетичних ресурсів (ВЕР) з урахуванням можливостей і особливостей регіонів країни. Західний регіон, як найбільш безпечний і маючий унікальні можливості для освоєння ВЕР, зобов'язаний продемонструвати активізацію будівництва об'єктів відновлюваної енергетики. Львівська область швидкими темпами будує вітрові електростанції (ВЕС). Закарпатська область наразі лідирує серед регіонів з розвитку сонячної енергетики, має більше десятка сучасних малих гідроелектростанцій та введено в експлуатацію перший вітроагрегат потужністю 5,3 МВт Нижньо-Ворітської ВЕС. Однак регіон має чи не найкращі вітрові поля для спорудження багатьох ВЕС, які би забезпечили не тільки потреби регіону, але й сприяли б збалансованості та стійкості ОЕС, вирішенню зобов'язань України щодо декарбонізації. Одною із таких перспективних локацій для спорудження ВЕС є полонина Руна у східній частині Ужгородського району, на окремих ділянках якої Тур'є-Реметівська сільська громада прийняла рішення про будівництво ВЕС і дала дозвіл на розробку детального плану

будівництва. Безумовно, будівництво такого об'єкту потребує ґрунтового вивчення впливу на довкілля, в т.ч. із врахуванням особливостей геологічної будови, геотектонічної позиції, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов. Саме це і було виконано авторами даної роботи.

**Викладення основного матеріалу.** На підставі аналізу літературних даних та проведених польових досліджень із виїздом на місце планованої діяльності нами проаналізовані особливості геологічної будови та геотектонічної позиції масиву Полонини Руна, оцінені інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови її території, проаналізовані можливі ризики активізації небезпечних геодинамічних процесів (зсувів, обвалів, селевих потоків, карстових явищ). Детальніше отримані результати, які можуть бути використані забудовником в інженерних рішеннях на відповідних стадіях проектування, викладено нижче.

*Місцезоложення та кліматичні умови локації.* Полонина Руна являє собою ізольований гірський масив між верхів'ями річок Люта, Шипіт, Туриця, Прелучний та Воеводин у західній частині Полонинського хребта в Українських Карпатах (рис. 1). Землі масиву є комунальною власністю Тур'є-Реметівської сільської громади, яка адміністративно належить до Ужгородського району Закарпатської області.



**Рис. 1. Просторове розташування Полонини Руна**

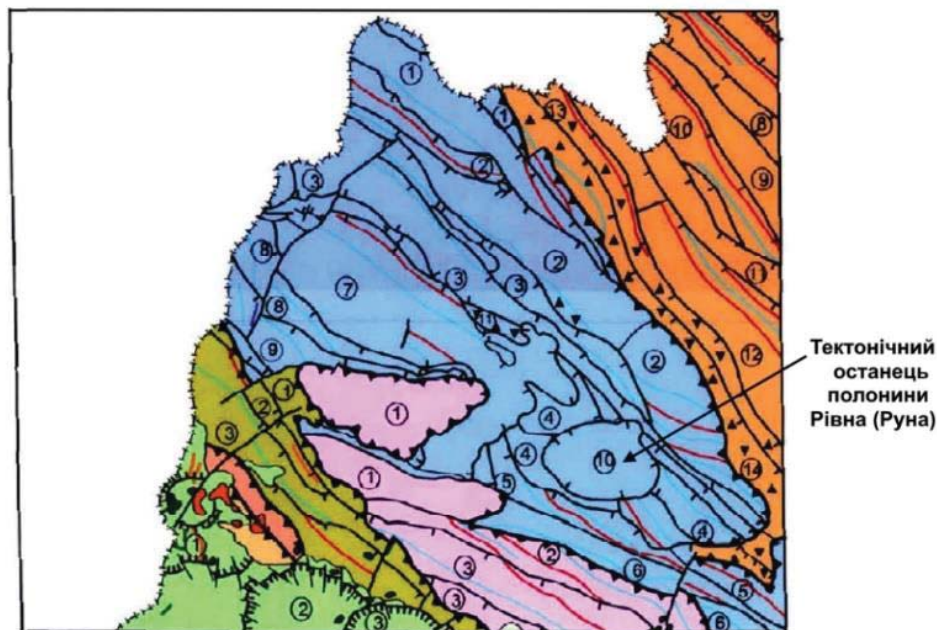
Найвища точка масиву – гора Рівна висотою 1479 м над рівнем моря. Привершинна ділянка масиву має протяжність близько 5 км, а пересічну ширину – 3 км.

Клімат масиву Полонини Руна вологий і прохолодний. Взимку переважають вітри південно-західного і західного напрямку. В горах формуються локальні вітри, які мають місцевий напрямок в залежності від положення схилів. Влітку виникають гірські долинні вітри, які вночі дмуть вверх по долинах і ранком донизу у бік передгір'я.

Середньорічна температура становить  $+7,0^{\circ}\text{C}$ . Найбільш теплі місяці - липень, серпень з середньомісячними температурами  $+17,0^{\circ}\text{C}$ , найбільш холодні - січень, лютий з середньомісячними температурами  $-4,5^{\circ}\text{C}$ . Глибина промерзання ґрунту не перевищує 0.5 м.

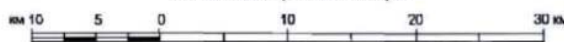
Кількість атмосферних опадів за даними багаторічних спостережень змінюється в межах 629 - 1500 мм на рік. Максимальна кількість опадів спостерігається у червні - липні місяцях і сягає 100 - 120 мм щомісячно. Найбільш сприятливі для живлення водоносних горизонтів є осінні дрібні дощі, основна кількість яких йде на фільтрацію у четвертинний водоносний горизонт з перетоком у тріщинуватий водоносний комплекс корінних флішових відкладів. Водночас зливи, що проходять літом, витрачаються, переважно, на поверхневий стік [1, 2, 5, 8]. Зазначимо, що наявність тут частих відлиг сприяє цілорічному живленню підземних вод атмосферними опадами. Середня висота снігового покриву становить 239 мм, хоча бувають малосніжні зими з висотою снігового покриву не більше 50 мм.

*Геологічна будова та геотектонічна позиція.* Згідно геотектонічного районування Українських Карпат (В.В. Глушко, С.С. Круглов, 1986), Полонина Руна (Рівна) вважається окремим ізольованим, практично ідеально-овальним тектонічним останцем у складі Дуклянського покриву (рис. 2).



1:500 000

в 1 сантиметрі 5 кілометрів



#### У М О В Н І П О З Н А Ч Е Н Н Я

- Кросненська зона: Турківська підзона, луски: 1 – Грозівська, 2 – Шумяч-Завадівська, 3 – Ломянська, 4 – Ропавсько-Голятинська, 5 – Яблунівська; Битлянська підзона, луски: 6 – Боринська, 7 – Нижньотурівська, 8 – Верхньотурівсько-Скотарська, 9 – Яворів-Пилипещка, 10 – Сянки-Сігловате, 11 – Либохора-Вепровець-Сойменська, 12 – Ужок-Абранська, 13 – Гусне-Буковецька, 14 – Волосянка-Підполозівська
- Дуклянський покрив (Стужицька підзона), луски: 1 – Лузька, 2 – Жорнавська, 3 – Костринська, 4 – Шепітьська, 5 – Уклинська, 6 – Маловиженська, 7 – Яворницька, 8 – Великоберезнянська, 9 – Малоберезнянська, 10 – тектонічний останець полонини Рівної, 11 – тектонічне вікно Млаки
- Чоркулецький покрив, в т.ч.: 1 – тектонічний останець Чечоватого; луски: 2 – Зворська, 3 – Турицька
- Магурський покрив, луски: 1 – Рачанська, 2 – Бистрицька, 3 – Коханівська
- Пенінська зона
- Зона Підгаля
- Вигорлат-Гутинське пасмо Закарпатського внутрішнього прогину, в т.ч. вулканоструктури: 1 – Попрічний, 2 – Анталівська, 3 – Маковецька

**Рис. 2.** Геотектонічна позиція Полонини Руна (Рівна) на фрагменті карти тектонічного районування Українських Карпат

В геологічній будові масиву беруть участь відклади крейдового та палеогенового віку, які тектонічно зміщені та трансформовані у процесі формування майже ідеально овального тектонічного останця – Полонини Руна у складі Дуклянського покриву – геотектонічної структури в північно-західній частині Українських Карпат, що входить до внутрішньої групи зон Карпатської покривно-складчастої споруди (рис. 3).



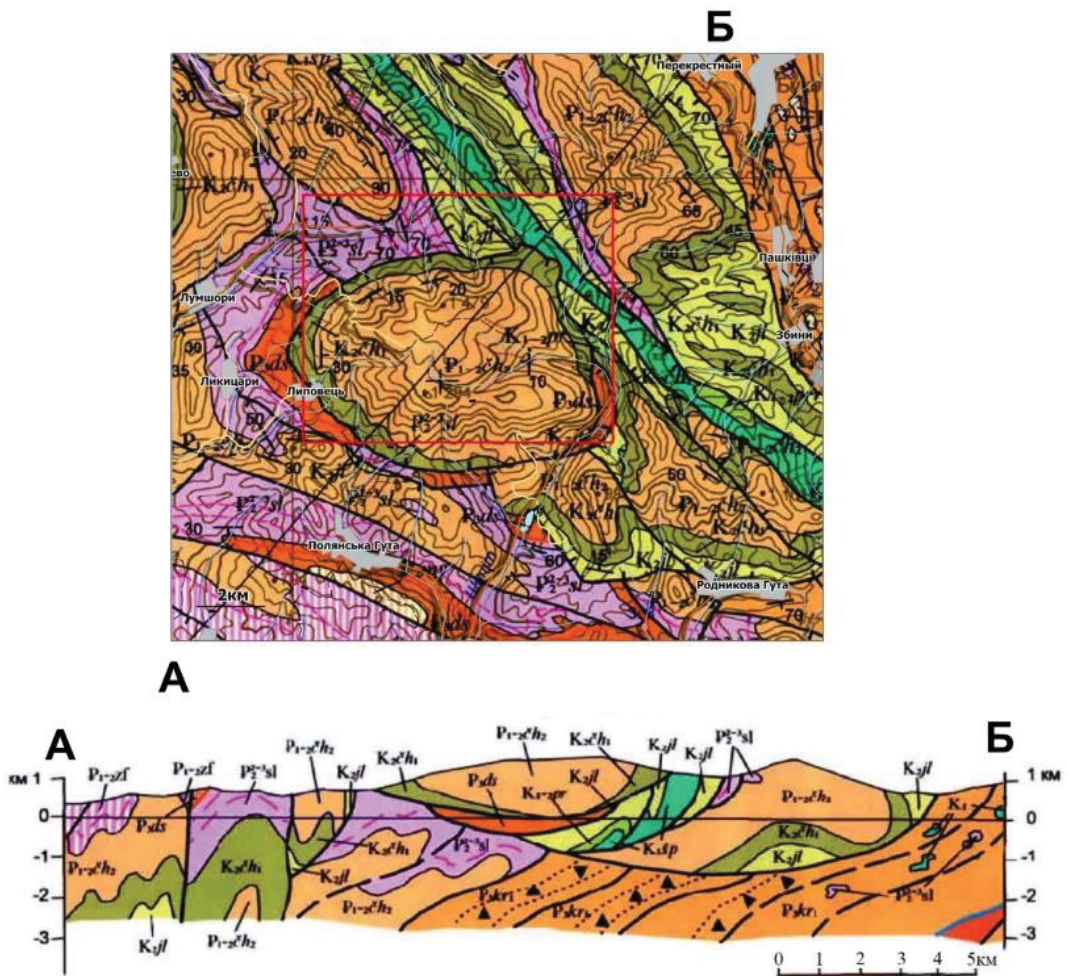


Рис. 3. Геологічна карта та розріз масиву Полонини Руна та прилеглих територій (Б.В. Мацьків, Ю.В. Ковальов, Б.Д. Пукач/Редактор В.В. Кузовенко, 2001 р.)

Аналіз геологічної будови та геотектонічної позиції Полонини Руна та прилеглих територій, дає підстави стверджувати, що стійкість ерозійного останця Полонини Руна визначають бронюючі верстви груборитмічного темносірого флішу у розрізі якого домінують стійкі до ерозійного розмиву грубошаруваті пісковики Нижньої підсвіти Чорноголовської світи пізньокрейдового віку потужністю 400-500 м, які на 80% оконтурюють по периферії тектонічного останця Полонини Руна, формуючи крила квазісинклінальної складки (рис. 4). Тоді як ядро цієї складки формує менш стійкі до ерозійного розмиву флішеві товщі Верхньої підсвіти Чорноголовської світи ранньопалеогенового віку, потужністю до 1200 м (рис. 5).



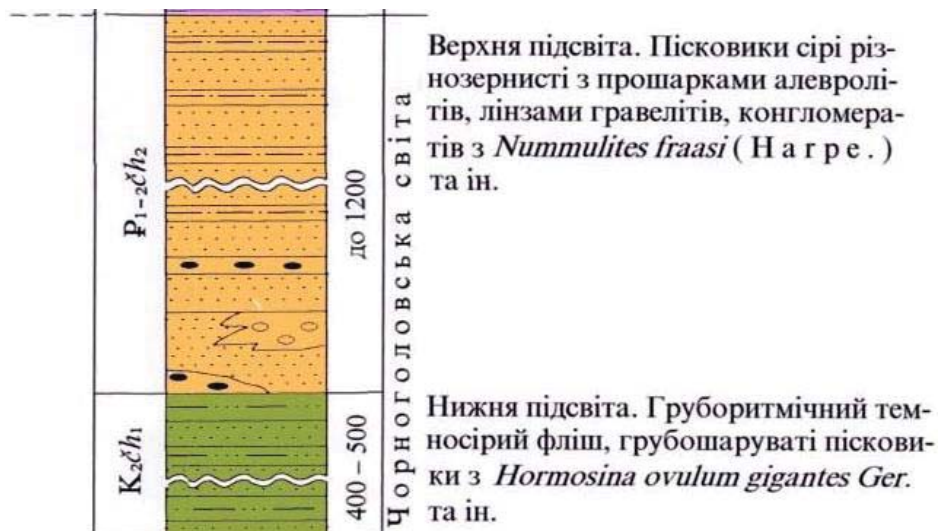
Рис. 4. Відслонення (зліва) та виходи у руслі потічка (справа) грубошаруватих пісковиків Нижньої підсвіти Чорноголовської світи пізньокрейдового віку





**Рис. 5. Відслонення флішевої товщі Верхньої підсвіти Чорноголовської світи ранньопалеогенового віку у верхній частині геологічного розрізу тектонічного останця Полонини Руна**

Як наслідок грубошаруваті пісковики Верхньої підсвіти Чорноголовської світи з одного боку формують субвертикальні скельні уступи та пороги водоспадів у руслах потічків, а з іншого є надійним протектором від ерозійного розмиву та визначальним чинником сприятливості інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов Полонини Руна (рис. 6).



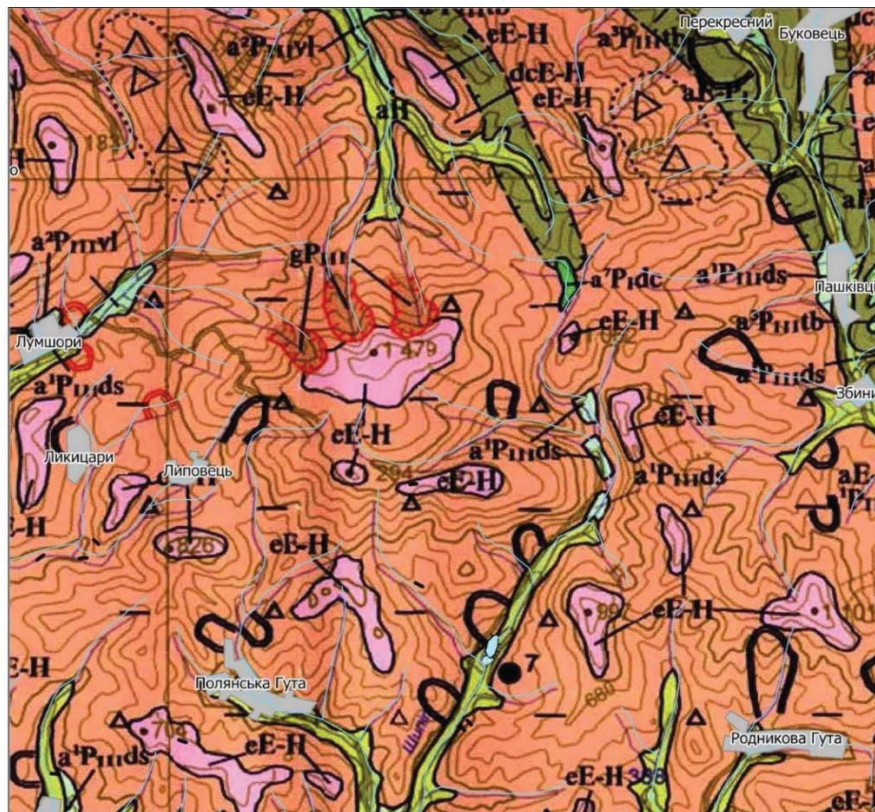
**Рис. 6. Літологічна колонка відкладів Нижньої та Верхньої підсвіти Чорноголовської світи в межах тектонічного останця Полонини Руна**

З представлених матеріалів видно, що у геологічній будові масиву Полонини Руна її фундаментом є стійкі верхньокрейдові, грубошаруваті пісковики нижньої частини розрізу Чорноголовської світи. Вони є досить розповсюджені у Дуклянському покриві, а доміантними привершинними відкладами є палеогенова флішева формація, верхньої частини розрізу Чорноголовської світи, широко поширених у геологічному розрізі привододільних ділянок, у тому числі і Полонини Руна.

Четвертинні відклади Полонини Руна на вододільних ділянках малопотужні та представлені головним чином елювієм, в той же час на схилах поширені делювіально-колювіальні відклади і їх потужність більша та збільшуються лише на ділянках поширення осувів, каменепадів та акумулювання делювію на північному схилі (рис. 7).

На території Полонини Руна ґрунтоутворення відбувається переважно за буроземним типом. У його процесі утворюються гірсько-лісові бурі ґрунти - камбісолі, що мають характерне забарвлення завдяки наявності водонепроникних сполук заліза, які осідають на поверхні мінеральних частинок ґрунту. Серед гірсько-лісових бурих ґрунтів переважають суглинисті різновидності. Легкосуглинисті різновидності трапляються на всіх висотних рівнях у смугах переважно піщавикового розрізу флішу поширені у верхніх (пригребених і привершинних) частинах схилів. Важкосуглинисті різновидності відмічені зрідка й приурочені до вирівняних та від'ємних (ввігнутих) елементів рельєфу в смугах домінування у палеогеновому фліші із домінуванням аргілітового компоненту. Морфологічною особливістю буроземів Полонини Руна є те, що їх профіль слабо диференційований на генетичні горизонти.

Бурі гірсько-лісові ґрунти формуються на схилах різної стрімкості та експозиції під буковими, ялицевими і смерековими лісами, причому диференціація місцезростань окремих типів деревостанів у однакових висотних і топографічних умовах визначається переважно ґрунтово-літологічними факторами. В типових бурих гірсько-лісових ґрунтах немає ознак переміщення мулу по профілю і будь-яких слідів поверхневого оглеєння. Щебенистість і кам'янистість ґрунтового профілю є показником стадійної молодості: найбільш перероблені ґрунтоутворенням верхні горизонти ґрунту поступово змиваються в процесі нормальної ерозії, а до ґрунтоутворення залучаються все глибші горизонти корінних порід, багаті на не вивітрілі мінерали [4, 7].



**Рис. 7. Карта четвертинних відкладів Полонини Руна та прилеглих територій (Б. В. Мацьків, Ю.В. Ковальов, Б.Д. Пукач /Редактор В.В. Кузовенко, 2001 р.):**

eE-H – Елювіальні відклади вододілів, dcE-H – Делювіально-колювіальні відклади схилів, dE-H – Делювіальні відклади, aN – Алювіальні відклади заплав, dP<sub>III</sub> – Делювіально-пролювіальні відклади, gP<sub>III</sub> – Льодовикові відклади, a<sup>1</sup>P<sub>III</sub> – Алювіальні відклади першої надзаплавної тераси, a<sup>2-7</sup>P<sub>III</sub> – Алювіальні відклади другої-сьомої надзаплавної тераси, tH – Техногенні утворення



В геоморфологічному відношенні територія знаходиться в межах структурно-ерозійного рельєфу, що наслідок насунні структури флішової формації вздовж Полонинського хребта [9]. Рельєфу даної території властива значно менша розчленованість, відносно плоскі вершини, які здіймаються до висоти 1479 м над рівнем моря (гора Рівна) та крутими (25-40°) північними схилами, вузькими долинами річок та потоків. Схили гір покриті буковими та смерековими лісами, на вододільній, привершинній ділянці поширені Карпатські альпійські луки – полонини (рис. 8).



Рис. 8. Привододільна, привершинна ділянка Полонини Руна, де поширені альпійські луки

*Інженерно-геологічні умови.* Загалом у відповідності до загальноприйнятої методики інженерно-геологічних досліджень [4, 6, 7, 10] в межах Полонини Руна, у найбільш повних розрізах, можна виділити п'ять інженерно-геологічних елементів (ІГЕ):

- **грунтово-рослинний покрив**, складений буроземним ґрунтом з низьким вмістом гумусу, напівтвердою комкуватою жовтуватою глиною, жовтим суглинком з корінням трав'янистих рослин, потужністю до 20 см (ІГЕ-1);

- **делювіальні відклади**, складені жовто-сірою напівтвердою глиною з включеннями дрібних уламків щебеню аргіліту, алевроліту, пісковика (вміст до 10%), потужністю до 1,5 м (ІГЕ-2);

- **колювіальні відклади**, складені сіро-жовтою глиною напівтвердою з включенням середніх за розміром уламків щебеню аргіліту, алевроліту до 30%, потужністю до 2 м (ІГЕ-3);

- **елювіальні відклади**, складені звітрілими світло-сірими пісковиками, сірими аргілітами та темно-сірими аргілітами тріщинуватої, плиткової текстури, крупними щебенистими інтенсивно звітрілими, тріщинуватими уламками аргілітів, алевролітів, рідше пісковика, з глинистим наповнювачем до 10%, потужністю до 3 м (ІГЕ-4);

- **корінні скельні флішеві відклади**, складені ритмічним перешаруванням аргілітів, алевролітів та пісковиків (ІГЕ-5).

Слід зазначити, що інженерно-геологічні умови різних ділянок Полонини Руна дещо відрізняються: для привершинних ділянок притаманний найбільш поширений інженерно-геологічний розріз: ІГЕ-1, ІГЕ-4, ІГЕ-5, а для присхилових - ІГЕ-1, ІГЕ-2, ІГЕ-3, ІГЕ-5. Однак в усіх випадках геологічною основою фундаментів потенційних об'єктів відновлюваної енергетики буде ІГЕ-5 – скельний масив корінних верхньопалеогенових флішевих відкладів, фізико-механічні показники якого дозволяють витримати прогнозовані статичні та динамічні навантаження [3, 10]. Цей скельний масив залягає в основі геологічної будови гірських територій Полонини Руна. Скельні породи флішової формації

ПЕ-5 характеризуються високими фізико-механічними показниками, значно вищими від нормативних значень. Так, середні значення скельних порід границі міцності на одноосовий стиск при природній вологості,  $R_c = 26,4$  МПа є в 10 разів більшими від нормативних показників. Це визначає сприятливість інженерно-геологічних умов для будівництва об'єктів відновлюваної енергетики на Полонині Руна при використанні в якості геологічної основи ПЕ-5 корінних скельних флішевих відкладів, складених ритмічним перешаруванням аргілітів, алевролітів та пісковиків. Статичні та динамічні навантаження від об'єктів відновлюваної енергетики, не вплинуть на стійкість геологічного середовища в зоні планованої діяльності, не призведуть до активізації тут екзогенних процесів – ерозії, селів, зсувів, обвалів та ін.

*Гідрогеологічні умови.* Полонина Руна є контуром живлення чисельних дрібних струмків та низки річок та струмків: Люта, Шипіт, Туриця, Прелучний та Воеводин. Густота гідрографічної сітки доволі велика, оскільки домінуючим є поверхневе розвантаження підземних вод. Підземні води спорадичного водоносного горизонту у верхній частині гідрогеологічного розрізу та тріщинного водоносного комплексу у корінних флішових відкладах дрениуються глибокими ерозійними врізами, де локалізовані чисельні, переважно нисхідні джерела, які дають початок струмкам. Струмки впадають у водотоки вищого порядку басейну р. Тиса.

Спорадичний водоносний горизонт (верховодка), розповсюджений на локальних ділянках, де підземні, тріщинно-грунтові води, поширені у періоди значних опадів та танення снігу, що пов'язані з тонкими прошарками пісковиків, а також із ізольованими тріщинними у масивних пісковиках. Глибина залягання підземних вод – 0–5 м, потужність горизонту – від 0,5 до 4 м. Дебіти джерел становлять 0,01–0,4, рідко, насамперед після інтенсивних опадів та періоди танення снігу до 6 л/сек. Характерною ознакою джерел цих вод є їхнє пересихання у періоди, коли тривалий час відсутні опади і для взабезпечення ці води значення не мають, бо тонкоритмічний фліш часто зовсім безводний, а ізольовані тріщинні зони грубошаруватих пісковиків не мають значних статичних запасів.

Підземні води у верхній частині розрізу чорноголовської світи широко розвинені в межах поширеного водоносного горизонту тріщинно-грунтових вод. Він пов'язаний із зоною вивітрювання, представлений водами зон тектонічної та екзогенної тріщинуватості. Потужність горизонту тріщинно-грунтових вод – 0,5–7 м, а вод із тектонічних тріщин – 15–150 м і більше. Глибина залягання горизонту тріщинно-грунтових вод 0–20 м, а вод із тектонічних тріщин – до 80 м. Дебіти джерел становлять 0,1–5,0 л/сек, вони можуть бути джерелом водозабезпечення питною водою високої якості. Про це свідчать результати зробленого нами хімічного аналізу води коптованого джерела тріщинного водоносного горизонту у південно-західній частині Полонини Руна (табл. 1).

**Таблиця 1**

**Результати хімічного аналізу води коптованого джерела тріщинного водоносного горизонту у південно-західній частині Полонини Руна**

Показник	Значення у мг/л	Показник	Значення у мг/л
Гідрокарбонати	48,8	Мінералізація	180,2
Кальцій	26,1	Сухий залишок	10,0
Магній	4,9	Лужність	0,6 мг-екв/л
Хлориди	12,9	pH (середовище)	9,0
Сульфати	51,1	Електропровідність	0,03 mS
Натрій	8,2	Твердість загальна	1,7 мг-екв/л
Калій	2,7	Запах	відсутній
Нітрати	8,7	Колір	прозорий
Нітрити	0,065	Зміни при стоянні	немає
Амоній	1,2		
Фториди	0,50		



Як випливає з таблиці, вода коптованого джерела тріщинного водоносного горизонту у південно-західній частині Полонини Руна за хімічним складом належить до ультрапрісних для яких притаманна мінералізація менше 200 мг/л.

**Висновки.** За результатами даного вивчення геологічної будови, геотектонічної позиції, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов Полонини Руна з метою з'ясування перспективи використання її території для потреб розвитку відновлюваної енергетики, можна зробити наступні висновки:

1. Аналіз геологічної будови та геотектонічної позиції Полонини Руна та прилеглих територій, дає підстави стверджувати, що стійкість ерозійного останця Полонини Руна визначають бронюючі верстви груборитмічного темносірого флішу у розрізі якого домінують стійкі до ерозійного розмиву грубошаруваті пісковики Нижньої підсвіти Чорноголовської світи пізньокрейдового віку потужністю 400-500 м, які на 80% оконтурюють по периферії тектонічного останця Полонини Руна.

2. З'ясовано, що геологічною основою фундаментів для планованого спорудження вітроагрегатів будуть корінні скельні флішеві відклади, складені ритмічним перешаруванням аргілітів, алевролітів та пісковиків (ІГЕ-5), який характеризуються високими фізико-механічними показниками. Середні значення границі міцності на одноосовий стиск скельних порід при природній вологості становить 26,4 МПа, що є в 10 разів перевищує нормативні показники. Статичні та динамічні навантаження від об'єктів відновлюваної енергетики не вплинуть на стійкість геологічного середовища, не призведуть до активізації екзогенних процесів (ерозії, селів, зсувів, обвалів тощо).

3. Гідрогеологічні умови масиву Полонини Руна не зазнають значного негативного впливу, який би унеможливив спорудження на окремих ділянках об'єктів вітроенергетики. Вони взагалі не можуть змінити кількісні і якісні характеристики водних тіл позаяк не потребує води в процесі експлуатації. На стадії їх спорудження вплив матиме місце на поверхневі води, однак він буде тимчасовий і незначний, відповідатиме природоохоронним нормативам.

#### **Список використаних джерел:**

1. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення: Пер. з англ. – Київ, 2006. – 240 с.
2. Гавриленко К.С. Підземні води західних областей України / К.С. Гавриленко, О.Д. Штогрин, В.М. Щепак. – К. : Наукова думка, 1968. – 316 с.
3. Дмитренко Л.В. Вітроенергетичні ресурси в Україні /Л.В. Дмитренко, С.Л. Барандіч // Наук. праці УкрНДГМІ, 2007, Вип. 256. С.166-173.
4. Дубей Н.В. Гідрогеологія та інженерна геологія: підручник /Н.В. Дубей. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ Факел, 2008. – 244 с.
5. Колодій В.В. Гідрогеологія. – Львів: ВЦ Львів. Нац. ун-ту, 2010. – 368 с.
6. Рудько Г.І. Техногенно-екологічна безпека геологічного середовища (наукові та методологічні основи). – Львів: Видав. центр ЛН У імені Івана Франка, 2001. – 359 с.
7. Рудько Г.І., Гамеляк І.П. Основи загальної, інженерної та екологічної геології. Навч. посіб. / Г.І. Рудько, І.П. Гамеляк. – Чернівці: Букрек, 2003. – 423 с.
8. Соболевський Е.Е. Гідрогеологічне районування / Е.Е. Соболевський. – Географічна енциклопедія України : в 3 т. Т. 1 : А–Ж. – К. : “Українська радянська енциклопедія” ім. М.П. Бажана, 1989. – С. 262.
9. Цись П.Н. Геоморфологія УРСР / П.Н. Цись. – Львів : Видавництво Львівського Університету, 1962. – 224 с.
10. Nemcok M. Tertiary subduction and slab break off model of the Carpathian–Pannonian region / M. Nemcok, L. Pospisil, J. Lexa // Tectonophysics. – 1998. – Vol. 295, № 3–4. – P. 307–340.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ ДЕРЖАВНОГО НАГЛЯДУ (КОНТРОЛЮ) У СФЕРІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ У ВОЄННИЙ ПЕРІОД

*Sereda I.P., aspirant, xmasterivv@gmail.com,  
Науково-дослідний інститут публічного права, Київ, Україна*

**Анотація.** Метою дослідження є характеристика особливостей здійснення суб'єктами державного нагляду (контролю) у сфері альтернативних джерел енергії України у воєнний період. Окреслено зміни законодавства, що стосуються державного нагляду (контролю) у сфері альтернативних джерел енергії під час воєнного стану. Розкрито роль державних інституцій, як суб'єктів державного нагляду (контролю), в електроенергетиці.

Відзначено, що Україна лише на початку шляху розвитку альтернативних джерел енергії, а тому законодавча база щодо врегулювання питань державного нагляду (контролю) має постійно вдосконалюватися.

Отже, тісна співпраця з провідними країнами, що мають більший досвід в сфері відновлювальної енергетики та імплементація міжнародних норм в сфері альтернативних джерел енергії має стратегічне значення для України, допомагаючи країні вирішувати енергетичні, екологічні та економічні виклики сучасності.

Для України, як і для ЄС, найбільш доступним і альтернативним джерелом енергії (причому як електричної, так і теплової), є енергія сонця. Саме тому сонячна генерація набирає стрімких обертів серед відновлювальних джерел енергії.

## STATE SUPERVISION (CONTROL) IN THE SECTOR OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN UKRAINE DURING THE WARTIME

*Sereda I.P., postgraduate, xmasterivv@gmail.com,  
The Scientific Institute of Public Law, Kyiv, Ukraine*

**Annotation.** The purpose of the study is to define the peculiarities of state supervision (control) in the sector of alternative energy sources of Ukraine during the wartime.

This study outlines changes in the legislation related to state supervision (control) in the sector of alternative energy sources during martial law. The role of state institutions as subjects of state supervision (control) in the electric power sector is uncovered.

It is noted that Ukraine is only at the start of developing alternative energy sources, and therefore the legislative framework for the regulation of issues of state supervision (control) must be constantly improved.

Therefore, close cooperation with leading countries that have more experience in the sector of renewable energy and the implementation of international norms in the sector of alternative energy sources is of strategic importance for Ukraine, helping the country to solve the energy, environmental and economic challenges of today.

For Ukraine, as well as for the EU, the most accessible and alternative source of energy (both electrical and thermal) is solar energy. That is why solar generation is gaining momentum among renewable energy sources.

**Вступ.** У зв'язку з початком повномасштабної війни з росією, в Україні виникли економічні труднощі, в тому числі, і в сфері електроенергетики. Через масові обстріли та удари, спрямовані на руйнування енергетичної інфраструктури України протягом 2022-2024 років сталася низка блекаутів. Незважаючи на негативні наслідки, це дало поштовх для становлення енергонезалежності України, в тому числі розвитку альтернативних джерел енергії.

Можимо відмітити позитивні зміни. Серед них знаковою подією для України стало те, що українська енергетична система технічно під'єдналась до енергетичної системи об'єднаної континентальної Європи після початку повномасштабного вторгнення росії [1].

Наразі розвиток альтернативної енергетики гальмується багатьма факторами, серед яких є: низьке фінансування, мала кількість вітчизняних розробок та, як наслідок, брак вітчизняного обладнання на ринку (звідси і висока його вартість), проблема з логістикою (через запроваджений воєнний стан), обстріли країни. Станом на початок 2022 року переважна більшість встановлених в Україні об'єктів відновлюваної енергетики (вітрові та сонячні електростанції) були зосереджені у південних та південно-східних областях України, де вже протягом останніх 30 місяців безупинно точаться активні бойові дії [2]. Саме тому, з

початком повномасштабного вторгнення, Україна почала переформатовувати підхід до енергонезалежності та впроваджувати альтернативні джерела енергії на західну частину території країни [3].

**Виклад основного матеріалу.** Альтернативні джерела енергії - відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, гідротермальна, аеротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів [4].

Відповідно до Положення Міністерства енергетики України (далі – Міненерго), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17.06.2020 № 507, Міненерго є головним органом у системі центральних органів виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику в електроенергетичному, ядерно-промисловому, вугільно-промисловому, торфодобувному, нафтогазовому та нафтогазопереробному комплексах, а також забезпечує формування державної політики у сфері нагляду (контролю) у галузях електроенергетики та теплопостачання [5].

Згідно зі статтею 13 Закону України «Про альтернативні джерела енергії», державне регулювання у сфері альтернативних джерел енергії здійснює Кабінет Міністрів України чи за його дорученням спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у відповідній сфері в порядку, визначеному законодавством [4].

Відповідно до частини другої статті 5 вище вказаного Закону, державне регулювання у сфері альтернативних джерел енергії здійснюється шляхом:

- розроблення, затвердження та запровадження норм, правил виробництва, передачі, транспортування, постачання, зберігання і споживання енергії, виробленої з альтернативних джерел, а також підтвердження походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії;
- нагляду та контролю за безпечним виконанням робіт на об'єктах альтернативної енергетики незалежно від їх форми власності, безпечною експлуатацією енергогенеруючого обладнання та за режимами передачі і споживання енергії;
- нагляду та контролю за додержанням вимог технічної експлуатації на об'єктах альтернативної енергетики незалежно від їх форми власності, технічної експлуатації енергетичного обладнання об'єктів, підключених до об'єднаної енергетичної системи України;
- встановлення тарифів на електричну енергію, вироблену на об'єктах альтернативної енергетики, а також на теплову енергію, видобуту з альтернативних джерел;
- всебічного заохочення і підтримки науково-дослідницьких, дослідно-конструкторських робіт, діяльності винахідників і раціоналізаторів, спрямованих на розвиток виробництва та використання альтернативних джерел енергії.

Так, відповідно до частини 1 статті 1 Закону України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» (далі – Закон України «Про НКРЕКП», Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (далі - НКРЕКП), є постійно діючим центральним органом виконавчої влади зі спеціальним статусом, який утворюється Кабінетом Міністрів України [6].

Відповідно до частин першої та другої статті 19 Закону України «Про НКРЕКП» НКРЕКП здійснює державний контроль за дотриманням суб'єктами господарювання, що провадять діяльність у сферах енергетики та комунальних послуг, законодавства у відповідних сферах та ліцензійних умов шляхом проведення, зокрема позапланових невізних перевірок.

Пунктом 1 Постанови Кабінету Міністрів України від 13.03.2022 р. № 303 «Про припинення заходів державного нагляду (контролю) і державного ринкового нагляду в умовах воєнного стану» припинено проведення планових та позапланових заходів

державного нагляду (контролю) на період воєнного стану [7], введеного Указом Президента України від 24 лютого 2022 р. № 64 “Про введення воєнного стану в Україні” [8].

Так, за наявності загрози, що має негативний вплив на права, законні інтереси, життя та здоров'я людини, захист навколишнього природного середовища та забезпечення безпеки держави, а також для виконання міжнародних зобов'язань України протягом періоду воєнного стану дозволено здійснення позапланових заходів державного нагляду (контролю) на підставі рішень центральних органів виконавчої влади, що забезпечують формування державної політики у відповідних сферах, в тому числі за рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (пункт 2, 3 Постанови КМ № 303 від 13.03.2022) [7].

Варто зазначити, що здійснення заходу державного нагляду (контролю) за бажанням суб'єкта господарювання стосується його прав та законних інтересів. Отже, прийняття центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у відповідній сфері, рішення про проведення позапланових заходів державного нагляду (контролю) на підставі подання суб'єктом господарювання письмової заяви до відповідного органу державного нагляду (контролю) про здійснення заходу державного нагляду (контролю) за його бажанням не суперечить Постанові.

Законодавчі зміни, що врегулювали діяльність зі зберігання енергії на ринку електричної енергії, прийняті 15 лютого 2022 року, а набули чинності 16 червня 2022 р., тобто після запровадження воєнного стану [9]. Так, діяльність зі зберігання енергії на ринку електричної енергії підлягає ліцензуванню та здійснюється оператором установки зберігання енергії, і у виключних випадках може здійснюватися без ліцензії виробниками, споживачами, операторами систем передачі та розподілу. 22 липня 2022 р. НКРЕКП затверджено Ліцензійні умови провадження господарської діяльності зі зберігання енергії [10]. Ліцензуванню підлягає діяльність, якщо сумарна встановлена потужність установок зберігання енергії складає 150 кВт і вище. При цьому, забороняється одночасно здійснювати діяльність зі зберігання енергії та передачі та розподілу електричної енергії, транспортування та розподілу газу, виконання функцій оператора ринку та гарантованого покупця.

До суб'єктів адміністративно-правових відносин у сфері нагляду (контролю) за використанням альтернативних джерел енергії також належить Державна регуляторна служба України (ДРС), оскільки господарська діяльність із виробництва електричної енергії з альтернативних джерел підлягає ліцензуванню. Відповідно до абзацу першого пункту 3 Положення ДРС виступає, як центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну регуляторну політику, політику з питань нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності, ліцензування та дозвільної системи у сфері господарської діяльності [11].

Державним органом із спеціальним статусом, метою діяльності якого є забезпечення державного захисту конкуренції у підприємницькій діяльності та у сфері державних закупівель, є Антимонопольний комітет України (АМКУ) [12]. Особливості спеціального статусу АМКУ обумовлюються його завданнями та повноваженнями, в тому числі роллю у формуванні конкурентної політики (державного регулювання монопольної діяльності у сфері альтернативних джерел енергії) [13].

Важливе місце посідає Державна інспекція енергетичного нагляду України, як центральний орган виконавчої влади, що здійснює контроль-наглядову діяльність у сфері електроенергетики та теплопостачання. Оскільки альтернативна енергетика є частиною енергетики загалом, тому виступає суб'єктом адміністративно-правових відносин у сфері використання альтернативних джерел енергії [14]. Цей же орган та його посадові особи є суб'єктами адміністративно-деліктних правовідносин у сфері використання альтернативних джерел енергії, оскільки до їхньої юрисдикції входить притягнення винних осіб до відповідальності за правопорушення, передбачені ст. 95<sup>1</sup> «Порушення вимог нормативно-правових актів та нормативних документів з питань технічної експлуатації електричних станцій і мереж, енергетичного обладнання» Кодексу України про адміністративні правопорушення [13, 15].



Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності) є центральним органом виконавчої влади який реалізує державну політику у сфері ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів, енергозбереження, відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива [16].

**Висновки.** Отже, прийняті законодавчі норми щодо регулювання альтернативних джерел енергії свідчать про перспективність української відновлювальної енергетики не лише як засобу зменшення енергетичної залежності держави, а й як джерела для іноземних інвестицій [17].

Нажаль, Україна, замість розвитку власної ресурсної бази, всі роки йшла найпростішим і дуже неефективним шляхом – збільшуючи закупівлі по імпорту (газ, нафта та нафтопродукти, вугілля та ядерне паливо тощо), роблячи себе залежною від інших країн. Саме тому розвиток альтернативних (відновлювальних) джерел енергетики вкрай важливий для України, особливо під час воєнного стану.

Актуальність альтернативної енергетики стає все очевиднішою. Саме тому Україні потрібна:

1. тісна співпраця з країнами, що вже активно працюють у даній сфері (Китай, Японія, США, Німеччина, Данія, Швеція, Індія тощо);
2. імплементація міжнародного законодавства в сфері «зеленої» енергетики.

Важливо правильно визначити і зафіксувати стратегічні пріоритети, а також їх фінансово-економічні спроможності та джерела, щоб розвиток нормативного-правового регулювання енергетики був максимально прогнозованим та прозорим для усіх учасників енергетичної системи України.

Таким чином ми можемо дійти до висновку, що Україна має величезний потенціал для підвищення рівня енергозабезпечення за рахунок внутрішніх резервів та розвитку альтернативних (відновлювальних) джерел енергії, що в свою чергу вплине на покращення законодавчої бази та механізмів здійснення заходів контролю енергетичної галузі.

#### **Список використаних джерел:**

1. Енергосистему України повністю синхронізовано з європейською енергомережею ENTSO-E. Національна енергетична компанія «Укренерго». URL: <https://ua.energy/integraciya-do-entso-e/energostemu-ukrayiny-povnistyu-synhronizovano-z-eyevropejskoyu-energomezheyu-entso-e/>
2. Аналітичний звіт. Відновлювальна енергетика в Україні. BDO. URL: [https://www.bdo.ua/getmedia/7999e62c-4b2b-4dbe-9de3-1baa2699f187/Analytical-Report-\\_Ukrainian-Renewable-Energy-Sector\\_2023\\_ukr.pdf](https://www.bdo.ua/getmedia/7999e62c-4b2b-4dbe-9de3-1baa2699f187/Analytical-Report-_Ukrainian-Renewable-Energy-Sector_2023_ukr.pdf)
3. Сонячна генерація: змінюються масштаб та географія об'єктів. Українська енергетика. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/tryfonivska-ses-foto-dtek>
4. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20 лютого 2003 року № 555-IV URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>
5. Про затвердження Положення про Міністерство енергетики України: Постанова Кабінету Міністрів України від 17 червня 2020 р. № 507. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/507-2020-%D0%BF#Text>
6. Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг: Закон України від 22 вересня 2016 р. № 1540-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1540-19#n631>
7. Про припинення заходів державного нагляду (контролю) і державного ринкового нагляду в умовах воєнного стану: Постанова Кабінету Міністрів України від 13.03.2022 р. № 303. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-2022-n#Text>
8. Про введення воєнного стану в Україні: Указ Президента України від 24 лютого 2022 р. № 64. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/64/2022#Text>

9. Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку установок зберігання енергії: Закон України від 15 лютого 2022 р. № 2046-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2046-20#Text>
10. Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності зі зберігання енергії: Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 22 липня 2022 р. № 798. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0798874-22#Text>
11. Деякі питання Державної регуляторної служби України: Постанова Кабінету Міністрів України від 24.12.2014 р. № 724. Офіційний вісник України. 2015. № 4. Ст. 68.
12. Державні інституції в електроенергетиці. Товариство з обмеженою відповідальністю «Київська обласна енергопостачальна компанія». URL: <https://koes.com.ua/page?root=3&id=25>
13. Полюхович Д. Суб'єкти адміністративно-правових відносин у сфері використання альтернативних джерел енергії в Україні. Підприємництво, господарство і право. 2021. Вип. 2 (300). С. 113-119 URL: <http://pgp-journal.kiev.ua/archive/2021/2/22.pdf>
14. Деякі питання Державної інспекції енергетичного нагляду України: Постанова Кабінету Міністрів України від 14.02.2018 р. № 77. Офіційний вісник України. 2018. № 18. Ст. 610 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/77-2018-%D0%BF#Text>
15. Кодекс України про адміністративні правопорушення від 07.12.1984 р. № 8073-X. Відомості Верховної Ради УРСР. 1984. Дод. до № 51. Ст. 1122.
16. Про затвердження Положення про Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України: Постанова Кабінету Міністрів України від 26 листопада 2014 р. № 676-2014-п. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/676-2014-%D0%BF?find=1&text=%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD#w1\\_1](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/676-2014-%D0%BF?find=1&text=%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD#w1_1)
17. Яна Колешня. Міжнародне співробітництво у галузі альтернативної енергетики: стан та перспективи. 2017: VIII Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні підходи до управління підприємством» з міжнародною участю URL: <http://conf.management.fmm.kpi.ua/proc/article/view/101134>

## ГЕОТЕРМАЛЬНІ РЕСУРСИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ФАЗОЗМІННИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СХОВИЩ ТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ

*Іванік О.М.<sup>1,2</sup>, д. геол. н., проф., ivanik@knu.ua;*

*Вишва С.А.<sup>1</sup>, д. геол. н., проф., s.vyzhva@knu.ua;*

*Ісаєв М.В.<sup>2</sup>, к. фіз.-мат. н., др. хаб., mykola.isaiev@univ-lorraine.fr;*

*Кравченко Д.В.<sup>1</sup>, к. геол. н., доц., dmytro.kravchenko@knu.ua;*

*1 - Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,*

*2 - Університет Лотарингії, м. Нансі, Франція*

Україна має значний потенціал для розвитку геотермальної енергетики. Це пов'язано з із сприятливими геологічними та геоморфологічними умовами, а також наявністю перспективних геотермальних ресурсів. За геолого-структурними особливостями найбільш перспективними об'єктами для розробки геотермальних джерел в Україні є Закарпатський та Передкарпатський прогини, Придобружинський прогин та Дніпровсько-Донецька западина. Визначено перспективи використання фазозмінних матеріалів для сховищ термальної енергії. Виконано моделювання та експериментальні дослідження, що підтверджують високу енергетичну ємність цих матеріалів. Обґрунтовано можливості використання порових середовищ для проектування та створення термальних сховищ.

## GEOTHERMAL RESOURCES AND APPLICATION OF PHASE CHANGE MATERIALS FOR THERMAL ENERGY STORAGE

*Ivanik O.<sup>1,2</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Prof., ivanik@knu.ua;*

*Vyzhva S.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Prof., s.vyzhva@knu.ua;*

*Isaiev M.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Phys.-Math.), HDR, mykola.isaiev@univ-lorraine.fr;*

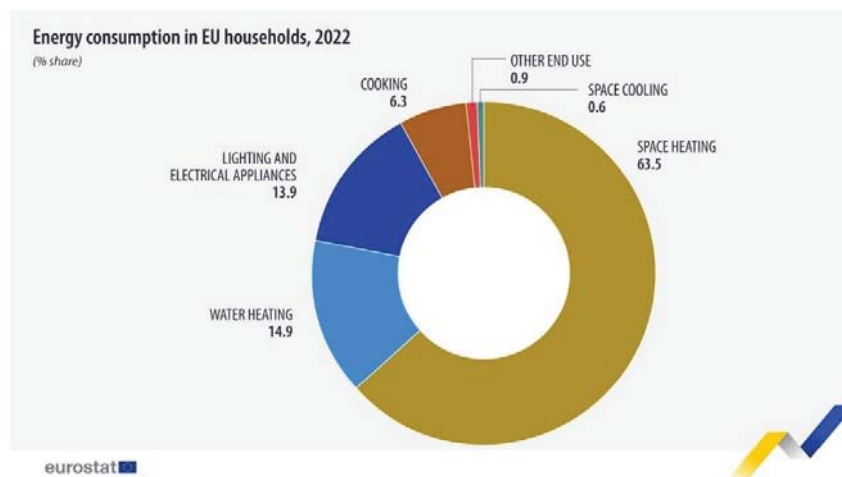
*Kravchenko D.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., dmytro.kravchenko@knu.ua;*

*1 - Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

*2 - University of Lorraine, Nancy, France*

Ukraine has significant potential for the development of geothermal energy. This is due to favorable geological and geomorphological conditions, as well as the presence of promising geothermal resources. According to geological and structural features, the most promising objects for the development of geothermal sources in Ukraine are the Transcarpathian and Precarpathian depressions, the Dobruzhyn depression and the Dnieper-Donets basin. The prospects of using phase-change materials for thermal energy storage have been determined. Modeling and experimental studies have been carried out to confirm these materials' high energy capacity. The possibility of using porous media to design and create thermal storages is substantiated.

Згідно з даними Євростату, найбільша частка споживання енергії домогосподарствами в Європі припадає на опалення приміщень, що становить понад 60% відсотків загального споживання (рис. 1). Таким чином, щоб зменшити викиди парникових газів, а також знизити споживання викопного палива, необхідно знайти інший спосіб задоволення потреб в обігріві приміщень. Поряд з гідроенергією, сонячною та вітровою енергетикою все більше уваги приділяють використанню тепла Землі, зважаючи на його незалежність від кліматичних і сезонних факторів, а також відносну невичерпність. З цієї точки зору геотермальні джерела є високopersпективними [3]. Сьогодні геотермальна енергія широко доступна по всій Європі, хоча її потенціал ще не повністю реалізовано. Безумовно, ця енергія має велике стратегічне значення для розвитку енергетичної промисловості на довгостроковій основі завдяки своїй здатності виробляти відновлювану електроенергію та можливості забезпечення промислового та житлового опалення та кондиціонування.



**Рис. 1. Споживання енергії домогосподарствами в ЄС**  
(за даними Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained>)

Геотермальну енергію можна використовувати трьома основними способами: виробництво електроенергії, пряме використання та геотермальні теплові насоси (також відомі як геообмін) [2,5]. В даний час технологія, яка використовується в основному для опалення та охолодження, відносно добре розроблена, однак у багатьох випадках вона все ще є достатньо дорогою; в цьому плані важливо враховувати витрати, щоб зробити цей вид енергії більш привабливим для споживачів і скоротити час на повернення інвестицій. Уряди деяких європейських країн вирішують цю проблему, пропонуючи стимули для скорочення споживчих витрат. Наприклад, вони пропонують податкові пільги для споживачів, які використовують чисті відновлювані джерела енергії для опалення та охолодження, такі як установка сонячних панелей або геотермальних теплових насосів.

Україна має значний потенціал для розвитку геотермальної енергетики. Це пов'язано з із сприятливими геологічними та геоморфологічними умовами, а також наявністю перспективних геотермальних ресурсів. В Україні щорічно можна видобувати близько 90 млрд кВт/год геотермальної енергії та замінювати 10 млрд кубометрів газу. Згідно з даними Держенергоефективності України, поточна річна потужність використання відновлюваних джерел енергії еквівалентна близько 98 млн т умовного палива, з яких геотермальна енергія становить менше 12 відсотків. Ці дані демонструють, що, незважаючи на сприятливі геологічні умови, використання геотермальної енергії в Україні становить лише близько ¼ сонячної енергії [4].

Доведеним є потенційний вплив використання геотермальних ресурсів на зменшення викидів парникових газів. Передбачається, що у 2030 році майже 195 млн т викидів CO<sub>2</sub> можна буде уникнути завдяки використанню геотермальних ресурсів [7]. Тим не менш, ця методологія була адаптована лише для регіонів з високою щільністю виробничого процесу, і її слід адаптувати для більшості країн Європи. Також у цьому контексті важливим є розуміння культурно-соціального впливу пострадянської економіки з необмеженим доступом до викопного палива.

Більшість геотермальних проектів у світі спрямовані на дослідження геосистем із конвекційним перенесенням тепла, в тому числі в зонах тектоно-магматичної активізації. За геолого-структурними особливостями найбільш перспективними об'єктами для розробки геотермальних джерел в Україні є Закарпатський та Передкарпатський прогини, Придубружинський прогин та Дніпровсько-Донецька западина [6]. Для перших двох регіонів геологічні та геофізичні дані підтверджують, що температури на глибинах до 6 км сягають від 230 до 275 °С.



Проте наразі наукові, геолого-розвідувальні та практичні роботи в Україні зосереджені більшою мірою на геотермальних ресурсах, які представлені термальними водами та є найбільш поширеними і придатними на сьогодні для технічного використання джерелами геотермальної енергії в Україні. Одним із перспективних напрямів розвитку геотермальної енергетики є створення комбінованих енергетичних технологічних вузлів для отримання електроенергії, тепла та цінних компонентів, що містяться в геотермальних джерелах.

Досягнення необхідного рівня зазначених досліджень можливе лише за умови комплексного використання сучасних технологій і методів дослідження геотермальних систем та теоретичного моделювання. Ці методи та технології включають геологічні та геофізичні дослідження, геомодельовання геотермальних басейнів і потоків з точки зору конвективності рідини та комбінованого теплообміну, а також гідродинамічне моделювання [1]. Потреба в комплексному підході продиктована попитом суспільства на безпечне, стійке та декарбонізоване виробництво енергії, що спирається на правильну геологічну інтерпретацію результатів окремих методів, якщо вони застосовуються окремо. При цьому застосування традиційних енергоносіїв (здебільшого води) з низькою ємністю акумульованої енергії вимагає створення систем зберігання енергії зі значними обсягами підземних резервуарів, що може спровокувати прояви небезпечних геологічних процесів. З цієї точки зору необхідно знайти альтернативу із можливою продуктивністю високої ємності.

У зв'язку з тим, що не всі регіони України є високоперспективними для потенційного використання геотермальних ресурсів, у представлених дослідженнях проаналізовано перспективні створення штучних термальних джерел та відповідного проектування термальних сховищ.

Основною ідеєю в цьому випадку є дослідження процесів накопичення енергії, коли існує доступ до зовнішніх енергетичних ресурсів (наприклад, сонячних), та їх використання за потреби. Серед доступних способів накопичення теплової енергії є використання теплової енергії, що генерується/поглинається під час фазових переходів. Однією із перспективних систем є система збереження тепла на основі застосування фазозмінних матеріалів (ФЗМ).

ФЗМ необхідні для накопичення/виділення тепла, що виникає в результаті кількох промислових і побутових процесів. Наприклад, тканини для одягу, які містять ФЗМ (такі як парафіни), забезпечують оптимальну терморегуляцію. Вони використовувались на Олімпійських іграх в Афінах 2004 року як жилети для попереднього охолодження, винайдені Австралійським інститутом спорту. Системи на основі ФЗМ також придатні для підвищення ефективності зберігання теплової енергії, виробленої із відновлюваних джерел, таких як сонячна та геотермальна енергія. Більше того, накопичувачі на основі ФЗМ дозволяють збирати промислово втрачену енергію для подальшого повторного використання.

Використання ФЗМ також може мати істотний вплив на охорону навколишнього середовища. У стійкій архітектурі ФЗМ використовуються, наприклад, для підтримки постійної температури в приміщенні, близької до теплового комфорту протягом тривалого часу. Це зменшує потребу в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, і, отже, зменшує споживання енергії та викиди парникових газів, що відіграє важливу роль у процесах декарбонізації.

Під час фазового перетворення температура є постійною. Останнє має вирішальне значення для створення систем опалення приміщень. У цьому випадку енергія накопичується під час ендотермічного процесу зміни фази. Використання прихованої теплоти дозволяє створювати системи з набагато більшою ємністю, ніж енергія, яку можна накопичити за допомогою відчутного тепла.

На сьогодні існують системи ФЗМ на основі n-алканів. Для цих матеріалів транспортні властивості, такі як теплопровідність, масопровідність і в'язкість, а також термічні властивості (теплоємність) є вирішальними для проектування термоакумулятора з високою продуктивністю.

На базі лабораторії LEMTA (CNRS, Франція) було виконано оцінку реологічних і теплових властивостей для гексадекану та октадекану, таких як теплопровідність, в'язкість, коефіцієнт дифузії, і теплоємність. Особливу увагу було приділено порівнянню результатів моделювання з експериментальними.

Теплоємність оцінювалась методом диференціальної скануючої калориметрії (ДСК). Вимірювання густини виконувалось за допомогою денсиметра Anton-Paar DMA 5000 m. Для досягнення рідкого стану діапазон температур встановлювався як для гексадекану від 308 К до 323 К, так і для октадекану зі швидкістю зміни температури 0,1 К/10 хв.

Вимірювання в'язкості проводилось за допомогою реометра TA Instruments AR2000, використовувалась конфігурація геометрії пластина-пластина з пластиною 60 мм і фіксованим проміжком 500 мкм між двома пластинами. Температуру для експерименту було встановлено на рівні 293 К (для гексадекану) і 303 К (для октадекану). Отримані результати відповідають даним моделювання, підтверджуючи точність експериментів.

Досліджені ФЗМ мають малу теплопровідність через високу щільність структури і відповідно малий коефіцієнт дифузії, тому існує значне обмеження частки енергії, яку можна передати за одиницю часу. В зв'язку з цим одним із перспективних напрямків є використання пористих середовищ (в тому числі осадових геологічних формацій), де матриця виконує роль каналів теплоносія.

#### **Список використаних джерел:**

1. Blöcher, G, Zimmermann, G., Moeck, I., Brandt, W., Hassanzadegan, A. & Magri, F. (2010). 3D numerical modeling of hydrothermal processes during the lifetime of a deep geothermal reservoir, *Geofluids*, 10, 3, 1468-8115 <https://doi.org/10.1111/j.1468-8123.2010.00284.x>.
2. Boden, D.R. (2016). *Geologic fundamentals of geothermal energy*. 425 pp. 10.1201/9781315371436.
3. Glassley, W. (2010). *Geothermal energy: Renewable energy and the environment*. 285 pp. 10.1201/EBK1420075700.
4. Rudakov, D., & Inkin, O. (2019). An assessment of technical and economic feasibility to install geothermal well systems across Ukraine. *Geotherm Energy*, 7, 17. <https://doi.org/10.1186/s40517-019-0134-7>.
5. Steingrímsson, B., Gunnlaugsson, E., Saemundsson, K., & Axelsson, G. (2022). Nature and Classification of Geothermal Resources. In: *Comprehensive Renewable Energy (Second Edition)*, 7, 3-17. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819727-1.00118-7>.
6. Ulewicz, M., Zhelykh, V., Furdas, Y., & Kozak, K. (2021). Assessment of the Economic Feasibility of Using Alternative Energy Sources in Ukraine. In: Blikharsky, Z. (eds) *Proceedings of EcoComfort 2020. EcoComfort 2020. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 100. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9\\_59](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9_59).
7. Yousefi, H., Abbaspour, A. & Seraj, H. (2019). The Role of Geothermal Energy Development on CO<sub>2</sub> Emission by 2030, *PROCEEDINGS, 44th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford University, Stanford, California, February 11-13, 2019 SGP-TR-214.

## ТРАНСФОРМАЦІЯ ВИСНАЖЕНИХ РОДОВИЩ НАФТИ ТА ГАЗУ У ОБ'ЄКТИ З ВИДОБУВАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РЕСУРСІВ

*Локтєв А.А., к. геол. н., shon327@hotmail.com;*

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна*

В Україні тривала та багата історія видобутку вуглеводнів, запаси яких постійно виснажуються. Однак, ця ситуація відкриває значні можливості для розвитку альтернативних джерел енергії, зокрема, геотермальної енергетики. Трансформація виснажених родовищ нафти і газу в об'єкти з видобування термальних вод та отримання петротермальної енергії є перспективним напрямком, розвиток якого може внести значний вклад в досягнення цілі енергетичної незалежності держави.

## TRANSFORMATION OF ABANDONED OIL AND GAS FIELDS TO GEOTHERMAL RESOURCES PRODUCING UNITS

*Loktiev A., Cand. Sci. (Geol.), shon327@hotmail.com;*

*M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Ukraine has a long and rich history of hydrocarbon production, the reserves of which are constantly being depleted. However, this situation opens up significant opportunities for the development of alternative energy sources, particularly geothermal energy. The transformation of depleted oil and gas fields into facilities for extracting thermal waters and obtaining petrothermal energy is a promising direction, the development of which can make a significant contribution to achieving the goal of energy independence for the state.

**Вступ.** В Україні тривала та багата історія видобутку нафти, яка триває століттями. Тривалість видобутку газу перевищує сотню років. Таким чином, запаси вуглеводнів перманентно вичерпуються. Однак, ця ситуація відкриває значні можливості для розвитку геотермальної енергетики. Трансформація виснажених родовищ нафти і газу в об'єкти з видобування термальних вод та отримання петротермальної енергії є вкрай перспективним напрямком.

Більшість нафтогазових родовищ України розташовані в геологічних структурах, які характеризуються підвищеним тепловим потоком. Це створює сприятливі умови для вилучення термальних вод свердловинами, які не розкрили нафтогазоносні горизонти, або поклади нафти і газу в яких виснажились, а геологічний розріз свердловин обводнений. Основні тектонічні одиниці, в яких пробурено раніше значну кількість свердловин включають Дніпровсько-Донецьку западину, Східно-Європейську платформу, Карпатську складчасту споруду, Передкарпатський та Закарпатський прогини, Причорноморську западину.

У цих регіонах геотермічний градієнт (швидкість зростання температури з глибиною) варіюється від 2,5 до 5°C на 100 метрів, а в межах окремих локальних ділянок Закарпатського прогину від становить 5-7°C на 100 метрів[1]. Даний аспект та наявність значної кількості водоносних горизонтів є сприятливими показниками для розвитку геотермальної енергетики[2]. Цей напрям є особливо вкрай актуальним в даний час, коли внаслідок дій загарбницьких військ росії знищено значну частку енергогенеруючих потужностей, а території в межах яких розміщено більшість родовищ високоякісного кам'яного вугілля знаходяться під окупацією ворога.

Процес трансформації виснажених родовищ нафти і газу в об'єкти з видобування термальних вод повинен включати кілька ключових етапів:

**Оцінка потенціалу:** Детальне вивчення геологічних і геотермічних характеристик кожного окремого родовища, включаючи температурні режими, проникність порід, хімічний склад пластових вод та якісні і кількісні оцінки водоносних горизонтів.

**Реконструкція свердловин:** Цей етап включає переобладнання існуючих нафтових і газових свердловин під видобуток термальних вод. Даний комплекс заходів може включати заміну обсадних колон, встановлення відповідних насосів та теплообмінників, встановлення цементних мостів та заходи з розкриття пласта, в т.ч. перфораційні роботи, а також

ліквідація позаколонних перетоків при їх наявності.

Створення циркуляційних систем: За певних умов (непоновлення вод у водонесних горизонтах, створення відповідної законодавчої бази, та підбір техніко-технологічних рішень під геологічні умови окремої тектонічної одиниці) в межах родовищ може бути запроєктовано та споруджено системи нагнітальних та видобувних свердловин для забезпечення циркуляції термальних вод. Даний підхід дозволить досягти сталості використання геотермальних ресурсів протягом тривалого часу.

Встановлення поверхневого обладнання та встановлення інфраструктури: Даний напрям включає монтаж теплових насосів, водопроводів, обладнання з водоочистки та водопідготовки та іншого обладнання для перетворення теплової енергії в електричну або для прямого використання тепла.

Розробка системи утилізації відпрацьованих вод: В межах кожного окремого родовища, відповідно до особливостей хімічного складу підземних вод необхідно буде розробити технології для очищення та повторного використання термальних вод або їх безпечного захоронення.

Трансформація виснажених родовищ у геотермальні об'єкти матиме ряд економічних переваг для інвестування, адже використання існуючої інфраструктури (свердловин, трубопроводів) дозволить значно знизити початкові капітальні інвестиції. Також, геотермальна енергія може забезпечити стабільне базове навантаження, а також за необхідності потужності з виробництва електроенергії на базі геотермальної енергії можуть слугувати маневреними потужностями. Розвиток геотермальної галузі та трансформації нафтогазових об'єктів сприятиме збереженню та створенню нових робочих місць у регіонах з виснаженими вуглеводневими ресурсами. Крім того, розвиток власних геотермальних ресурсів знижує потребу в імпорті енергоносіїв.

Незважаючи на значний потенціал, трансформації виснажених родовищ у геотермальні об'єкти перешкоджають ряд викликів. Насамперед, в Україні немає успішних прикладів масштабного видобування та застосування термальних ресурсів. Тож поширення серед зацікавлених сторін позитивного досвіду застосування геотермальної енергії у розвинених країнах. Окремим питанням є необхідність розробки нормативно-правової бази для регулювання геотермальної енергетики в Україні. Найбільшим регуляторним викликом є те, що відповідно до чинного законодавства повернення назад у пласт використаних вод з яких знято термальний ресурс не дозволяється.

Тим не менше, перспективи розвитку цього напрямку в Україні є досить оптимістичними. За оптимістичними оцінками фахівців, потенціал геотермальної енергії в Україні дозволить щорічно заміщувати близько 10 млрд м<sup>3</sup> природного газу.

**Висновки:** Трансформація виснажених родовищ нафти і газу в об'єкти з видобування термальних вод є перспективним напрямком розвитку енергетики України. Це дозволить не лише продовжити економічно ефективно використання існуючих геологічних структур, але й зробити значний крок у напрямку енергетичної незалежності та екологічної сталості.

Для успішної реалізації цього потенціалу необхідна комплексна державна програма, яка б включала фінансування наукових досліджень з детального вивчення особливостей геотермального потенціалу, розробку нормативно-правової бази для стимулювання розвитку геотермальної енергетики, фінансову підтримку пілотних проєктів з трансформації виснажених родовищ, підготовку кваліфікованих кадрів у сфері геотермальної енергетики. Реалізація цих заходів дозволить Україні не лише вирішити проблему виснажених родовищ, але й стати одним з лідерів у галузі геотермальної енергетики в Європі.

#### **Список використаних джерел:**

1. А.А. Локтев. Температурний режим Закарпатського прогину // Мінеральні ресурси України. 2020. № 2. С.25-31.



2. Використання гідротермальної і петротермальної енергії Землі / О.О. Орлов, В.Г. Омельченко // Геологічний журнал. — 2010. — № 4. — С. 36-47.

## НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ УМОВИ РЕАЛІЗАЦІЇ ГЕОТРЕМАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ В УКРАЇНІ

**Курило М.М.<sup>1</sup>**, д. геол. н., доцент, *marikurylo@meta.ua*;  
**Віршило І.В.<sup>1,2</sup>**, к. геол. н., доцент, *ivirshylo@gmail.com*;  
**Братах М.І.<sup>3</sup>**, к. тех. н., *Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua*;  
**Демчук Ю.В.<sup>4</sup>**, *24yulya@gmail.com*,

1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,

2 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна,

3 – АТ «Укргазвидобування» Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІгаз), Київ, Україна,

4 – ГО «Геотермал Україна», Київ, Україна

Геотермальні ресурси є одним із важливих і добре вивчених енергетичних джерел у міжнародній практиці надрокористування. Реалізація геотермальних проектів відбувається поетапно з метою мінімізації ризиків та забезпечення ефективного використання ресурсів – фінансових, трудових, інвестиційних і часових. Геотермальні ресурси мають особливий статус у системі надрокористування, хоча в національній практиці їх використання не виокремлюється в окремий вид діяльності, окрім певних аспектів, як-от геологічне вивчення чи експлуатація підземних споруд. В роботі проведено аналіз нормативно-правових умов з відповідними рекомендаціями для реалізації геотермальних проектів в Україні.

### MAIN FEATURES OF GEOTHERMAL PROJECTS VALUATION

**Kurylo M.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., *marikurylo@meta.ua*;  
**Virshylo I.<sup>1,2</sup>**, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., *ivirshylo@gmail.com*;  
**Bratakh M.<sup>3</sup>**, Cand. Sci. (Eng.), *Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua*;  
**Demchuk Yu.<sup>4</sup>**, *24yulya@gmail.com*,

1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,

2 – JSC "Ukrgezvydobuvannya", Kyiv, Ukraine,

3 – JSC "Ukrgezvydobuvannya" Ukrainian Research Institute of Natural Gases (UkrNDIGaz) Kyiv, Ukraine,

4 – NGO Geothermal Ukraine, Kyiv, Ukraine

Geothermal resources represent a critical and well-researched energy source within the global framework of subsurface resource management. To ensure risk mitigation and optimize the utilization of financial, labor, investment, and time resources, geothermal projects are typically executed in a phased approach. Despite their significance, geothermal resources hold a unique status within the subsurface management system, yet, in national practice, their development is not classified as a distinct type of activity, apart from certain aspects like geological exploration and the exploitation of underground structures. This paper examines the regulatory and legal framework governing geothermal project implementation in Ukraine, providing relevant recommendations to facilitate development.

Геотермальні ресурси є одним з доступних і достатньо відомих енергетичних ресурсів у міжнародній практиці надрокористування. Геотермальна енергетика дає можливість для диверсифікації структури виробництва електроенергії в країні. Перевагами цього джерела енергії вважається: 1) екологічна чистота; 2) можливість надійно виробляти базову потужність цілодобово та незалежно від сезону; 3) можливість локального використання, що зменшує транспортні витрати та інфраструктурні ризики; 4) незалежність від коливань міжнародних цін на сировинні товари під час роботи.

Геотермальні проекти реалізуються поетапно, що має на меті мінімізацію ризиків і максимально ефективного використання ресурсів – матеріальних, робочої сили, інвестицій та часу. Завданням кожного етапу і стадії є виокремлення найбільш перспективних ділянок і визначення найбільш прибуткових варіантів освоєння.

Базовими нормативними документами, відповідно до яких здійснюється використання геотермальних ресурсів в вітчизняній практиці є:

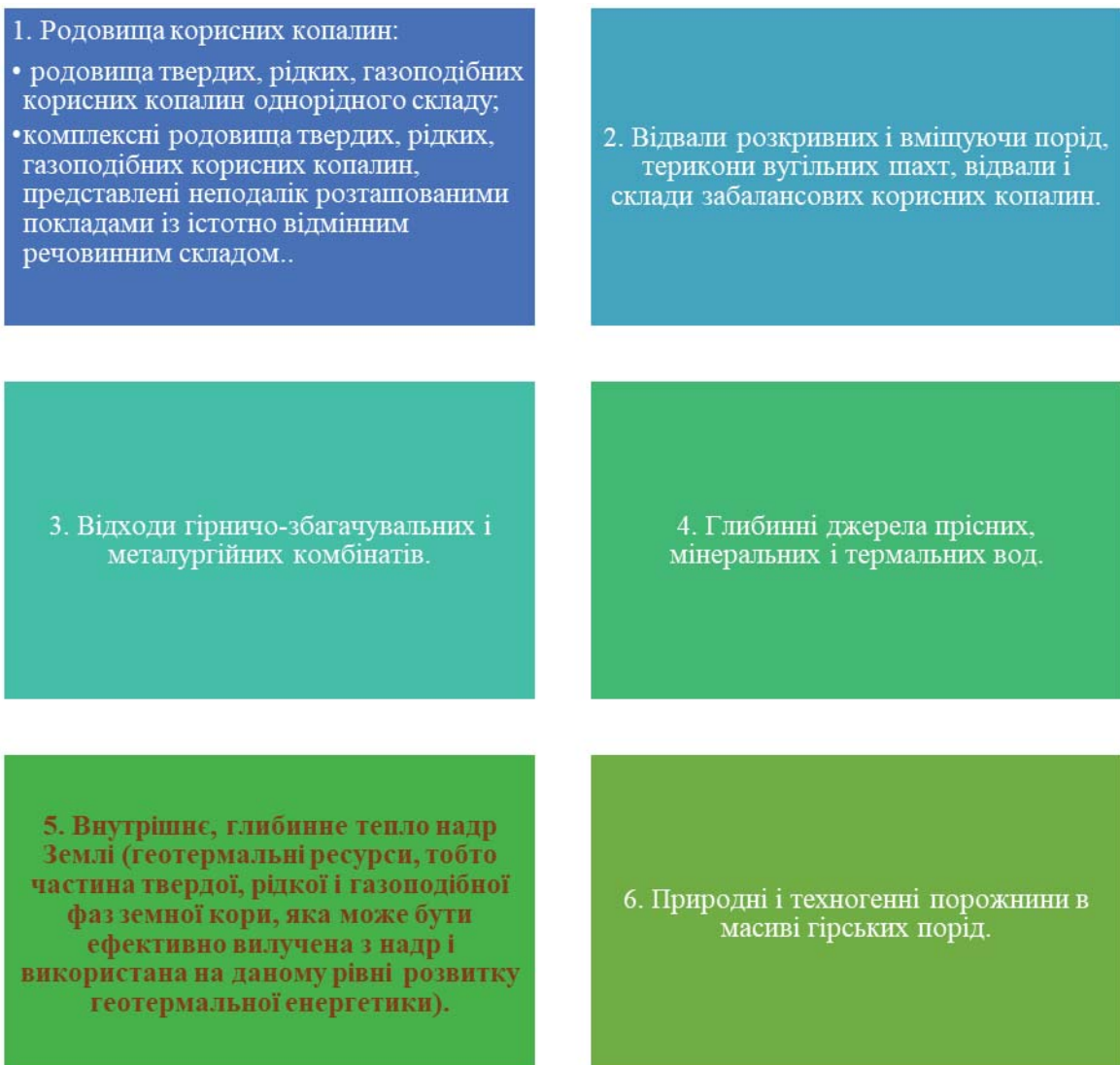
- Кодекс України про надра (*Кодекс, 1994*);
- Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр (*Класифікація, 1997*);

- Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ теплоенергетичних підземних вод (*Інструкція, 2007*);
- Методичні вказівки щодо змісту, оформлення та порядку подання до Державної комісії України по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ теплоенергетичних підземних вод (*Методичні, 2011*).

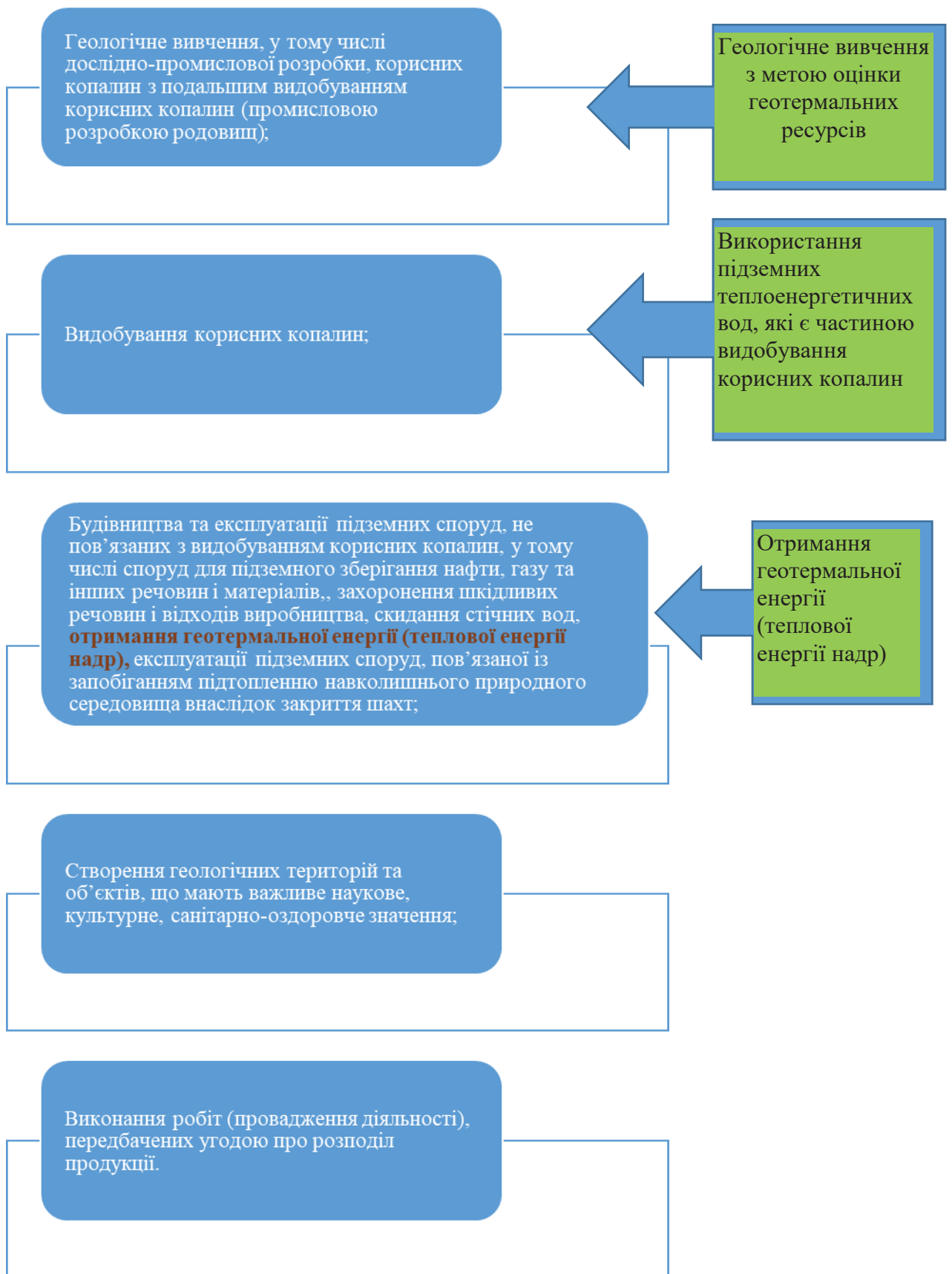
*Нормативні умови використання надр*

Треба відзначити, що геотермальні ресурси у традиційній систематизації ресурсів надр займають окреме положення і виділяються в незалежності від джерела енергії (рис. 1). Але у вітчизняній системі видів користування надрами такий вид користування не виділено і в обмеженому вигляді він передбачений у частині:

- геологічне вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин (промисловою розробкою родовищ)
- будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин
- використання підземних теплоенергетичних вод, які є частиною видобування корисних копалин (рис. 2).



**Рис.1 Традиційне розмежування видів ресурсів надр**



**Рис. 2. Види користування надрами відповідно до Кодексу України про надра і можливі співвідношення у використанні геотермальних ресурсів**



Оскільки цикл освоєння геотермальних ресурсів починається із пошуково-оціночних робіт, то початковим етапом і видом користування надрами відповідно Кодексу України про надра є геологічне вивчення в тому числі дослідно-промислової розробки ресурсу. Таке відношення узгоджується із вимогами в подальшому класифікувати геотермальні ресурси згідно із чинною Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, яка в даному випадку передбачає лише один напрям геотермальних джерел – родовища теплоенергетичних підземних вод до родовищ теплоенергетичних підземних вод.

В подальшому при промисловій розробці може бути доречним використання 2 напрямів використання надр: 1) видобування корисних копалин, якщо йде мова про розвідані експлуатаційні запаси родовищ теплоенергетичних підземних вод; або 2) будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин, якщо геотермальне джерело не пов'язано із підземними водами.

З огляду на вищенаведене найбільш раціональними доповненнями до чинних видів користування надрами буде виділення окремого виду – використання геотермальних ресурсів, яке буде враховувати всі особливості вивчення, проектуванні і промислового освоєння геотермальних ресурсів.

Згідно з ст.15 Кодексу України про надра терміни використання геотермальних ресурсів можуть складати від 3 до 20 років - на геологічне вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин (промислової розробки родовищ), на видобування корисних копалин, на будівництво та експлуатацію підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин, у тому числі споруд для підземного зберігання нафти, газу та інших речовин і матеріалів, захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва, скидання стічних вод, отримання геотермальної енергії (теплової енергії надр), експлуатацію підземних споруд, пов'язану із запобіганням підтопленню навколишнього природного середовища внаслідок закриття шахт (*Кодекс, 1994*).

Спеціальні дозволи на користування надрами для вивчення і освоєння геотермальних ресурсів надаються відповідно до ст. 14 та ст.16 Кодексу про надра. Документ містить наступні складові видів користування надрами, без виділення в будь-якому пункті наявності геотермальних ресурсів:

- геологічне вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин (промисловою розробкою родовищ);
- видобування корисних копалин;
- будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин, у тому числі споруд для підземного зберігання нафти, газу та інших речовин і матеріалів, захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва, скидання стічних вод, отримання геотермальної енергії (теплової енергії надр), експлуатації підземних споруд, пов'язаної із запобіганням підтопленню навколишнього природного середовища внаслідок закриття шахт;
- створення геологічних територій та об'єктів, що мають важливе наукове, культурне, санітарно-оздоровче значення (наукові полігони, геологічні заповідники, заказники, пам'ятки природи, лікувальні, оздоровчі заклади) (крім нафтогазоносних надр);
- виконання робіт (проведення діяльності), передбачених угодою про розподіл продукції.

Визначені терміни дії спеціальних дозволів на використання надр згідно з ст.15 Кодексу (*Кодекс, 1994*), зокрема від 3 до 20 років - на геологічне вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин (промислової розробки родовищ), на видобування корисних копалин, на будівництво та експлуатацію підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин, у тому числі споруд для підземного зберігання нафти, газу та інших речовин і матеріалів, захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва, скидання стічних вод, отримання

геотермальної енергії (теплової енергії надр), експлуатацію підземних споруд, пов'язану із запобіганням підтопленню навколишнього природного середовища внаслідок закриття шахт.

Таким чином, діючі терміни використання геотермальних ресурсів у разі отримання спеціального дозволу на геологічне вивчення ресурсів в будь-якому разі складають 20 років, окрім випадків коли це може бути передбачено УРП – 50 років.

Сьогодні можна виділити декілька пунктів, які пов'язані із використанням геотермальних ресурсів (табл. 1).

Таблиця 1

**Передумови отримання спеціального дозволу без проведення аукціону для використання геотермальних ресурсів**

Передумови отримання спеціального дозволу без проведення аукціону	Співставність із використанням геотермальних ресурсів
<p>1) видобування корисних копалин, якщо заявник на підставі спеціального дозволу на геологічне вивчення, у тому числі дослідно-промислому розробку, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин (промислому розробку родовищ) за власні кошти виконав геологічне вивчення ділянки надр, оцінку розвіданих запасів корисних копалин, апробацію прогнозних (перспективних) ресурсів корисних копалин, яка затверджена Державною комісією України по запасах корисних копалин, та подав документи для отримання спеціального дозволу на видобування корисних копалин на відповідній ділянці надр не більше двох років після закінчення строку дії відповідного спеціального дозволу на геологічне вивчення, у тому числі дослідно-промислому розробку, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин (промислому розробку родовищ);</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Геологічне вивчення з метою оцінки геотермальних ресурсів</li> <li>• Подальше промислове освоєння і розвиток геотермального проекту</li> <li>• Використання підземних теплоенергетичних вод, які є частиною видобування корисних копалин</li> </ul>
<p>2) геологічного вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, з подальшим видобуванням підземних вод (крім мінеральних) для всіх потреб (крім виробництва фасованої питної води та (або) передачі її для фасування, та (або) для питного водопостачання), а також для видобування підземних вод (крім мінеральних) для всіх потреб (крім виробництва фасованої питної води та (або) передачі її для фасування, та (або) для питного водопостачання) - за умови що обсяг видобування підземних вод з водозаборів перевищує 300 метрів кубічних на добу;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Використання підземних теплоенергетичних вод, які є частиною видобування корисних копалин</li> </ul>
<p>3) геологічного вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, з подальшим видобуванням (промисловою розробкою) або видобування природних лікувальних ресурсів виключно для лікувальних цілей лікувально-профілактичними та санаторно-курортними закладами, які спеціалізуються на їх використанні і мають лікувальну інфраструктуру;</p>	
<p>4) будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин, у тому числі споруд для підземного зберігання нафти, газу та інших речовин і матеріалів, захоронення</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отримання геотермальної енергії (теплової енергії надр) Ст.14 КпНУ</li> </ul>

шкідливих речовин і відходів виробництва, скидання стічних вод, отримання геотермальної енергії (теплової енергії надр), експлуатації підземних споруд, пов'язаної із запобіганням підтопленню навколишнього природного середовища внаслідок закриття шахт;	
5) виконання угод про розподіл продукції;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• За умови використання геотермальних ресурсів в межах визначеної ділянки надр</li> </ul>

Перелічені види користування надрами у вітчизняній практиці максимально стосуються мінеральних ресурсів, які є традиційним напрямом надрокористування. Використання інших ресурсів надр передбачено переважно у пункті будівництва та експлуатації підземних споруд не пов'язаних з видобуванням.

Перелік видів користування надрами доцільно актуалізувати з врахуванням переліку не лише реальних, але й потенціальних ресурсів надр, таких як відновні енергетичні ресурси. Прикладом можна відзначити геотермальні ресурси, які у традиційній систематизації ресурсів надр займають окреме положення і виділяються в незалежності від джерела енергії. Але в у вітчизняній системі видів користування надрами такий вид користування не виділено і в обмеженому вигляді він передбачений у частині:

- геологічне вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин (промисловою розробкою родовищ)
- будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин
- використання підземних теплоенергетичних вод, які є частиною видобування корисних копалин.

Оскільки цикл освоєння геотермальних ресурсів починається із пошуково-оціночних робіт, то початковим етапом і видом користування надрами відповідно Кодексу України про надра є геологічне вивчення в тому числі дослідно-промисловою розробкою ресурсу. Таке відношення узгоджується із вимогами в подальшому класифікувати геотермальні ресурси згідно із чинною Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, яка в даному випадку передбачає лише один напрям геотермальних джерел - родовища теплоенергетичних підземних вод до родовищ теплоенергетичних підземних вод.

В подальшому при промисловій розробці може бути доречним використання 2 напрямів використання надр: 1) видобування корисних копалин, якщо йде мова про розвідані експлуатаційні запаси родовищ теплоенергетичних підземних вод; або 2) будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин, якщо геотермальне джерело не пов'язано із підземними водами.

#### Список використаних джерел:

1. *Класифікація* запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, 1997 //<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text>
2. *Кодекс* України про надра, (1994) //<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text>
3. *Методичні* вказівки щодо змісту, оформлення та порядку подання до Державної комісії України по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ теплоенергетичних підземних вод, 2011// <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0760339-11#Text>



# ВОДЕНЬ – ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГІЇ МАЙБУТНЬОГО





## **НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ПЕРЕДУМОВИ РЕАЛІЗАЦІЇ ВОДНЕВИХ ПРОЄКТІВ В УКРАЇНІ**

*Курило М.М.<sup>1</sup>, д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua;*

*Паюк С.О.<sup>2</sup>, asc@dkz.gov.ua,*

*1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,*

*2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна*

У роботі розглядається стан нормативно-правового забезпечення при реалізації водневих проєктів. Виділено декілька рівні правового регулювання, які мають різних масштаб впливу і деталізацію документів: міжнародний (європейський), національний, регіональний і локальний. Найбільший вплив на розвиток водневих проєктів сьогодні має європейське законодавство, яке містить розвинуті механізми підтримки, інвестування і реалізації водневих проєктів. На національному рівні відбувається затвердження Водневої стратегії та включення водню до переліку корисних копалин. Розглядаються можливості використання Рамкової класифікації ООН для водневих ресурсів, які дуже відмінні за технологічними характеристиками. Висвітлюються основні завдання Водневої стратегії України, де може бути застосовані положення Рамкової класифікації. Специфікація для водневих проєктів повинна включати чіткі економічні, екологічні (вуглецевий слід) і соціальні критерії реалізації проєктів, які дозволять розмежовувати об'єкти на економічній осі Е. Пропонується застосовувати аналіз життєвого циклу водневих проєктів та встановлення походження водню як базові інструменти оцінки водневих проєктів.

## **REGULATORY AND LEGAL PREREQUISITES FOR THE IMPLEMENTATION OF HYDROGEN PROJECTS IN UKRAINE**

*Kurylo M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua;*

*Payuk S.<sup>2</sup>, asc@dkz.gov.ua,*

*1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

*2 – State Commission of Ukraine on Mineral Reserves, Kyiv, Ukraine*

The paper analyzed the state of regulatory and legal support of hydrogen projects in Ukraine. Several levels of legal regulation are distinguished, which have different scope of influence and detail of documents: international (European), national, regional and local. European legislation, which contains developed mechanisms for supporting, investing and implementing hydrogen projects, has the greatest influence on the development of hydrogen projects today. At the national level, the Hydrogen Strategy is approved and hydrogen is included in the list of minerals. The possibilities of using the UN Framework Classification for hydrogen resources, which are very different in terms of technological characteristics, are considered. The main tasks of the Hydrogen Strategy of Ukraine, where the provisions of the Framework Classification can be applied, are highlighted. The specification for hydrogen projects should include clear economic, environmental (carbon footprint) and social criteria for the implementation of projects, which will allow the demarcation of objects on the economic axis E. It is proposed to use the analysis of the life cycle of hydrogen projects and the establishment of the origin of hydrogen as basic tools for the evaluation of hydrogen projects.

Водневі проєкти є новим видом діяльності в Україні, що характеризується інтенсивним розвитком різноманітних технологій різного масштабу – від локального до міжнародних консорціумів. Реалізація цих проєктів напряму залежить від розвитку нормативно-правової бази, яка включає усі рівні законодавчих документів і підзаконних актів. В наявності ефективних інструментів регулювання відносин в процесі реалізації водневих проєктів зацікавлені усі сторони, тому головними завданнями цього можна визначити як:

- досягнення цілей зеленого енергетичного переходу та диверсифікації безпечних джерел енергопостачання на національному, регіональному і локальному рівнях;
- регулювання відносин між власниками, користувачами і всіма зацікавленими особами, які виникають у зв'язку з вивченням і використанням водневих ресурсів різних технологій;
- встановлення єдиних вимог вивчення і використання водневих ресурсів різних технологій
- контроль і моніторинг за вивченням і використанням водневих ресурсів різних технологій

В Україні сьогодні планується до реалізації і проектується достатня кількість водневих проєктів, а більшість з них знаходяться на початкових стадіях реалізації. Проєкти на стадії виробництва стосуються чорного і сірого водню, в одиничних випадках – зеленого; проєкти на ранніх стадіях – переважно належать зелених водневих проєктів (рис. 1). При цьому Україна належить до країн, де фіксується від 10-15 водневих проєктів на різних стадіях реалізації за даними UNECE (рис. 2).

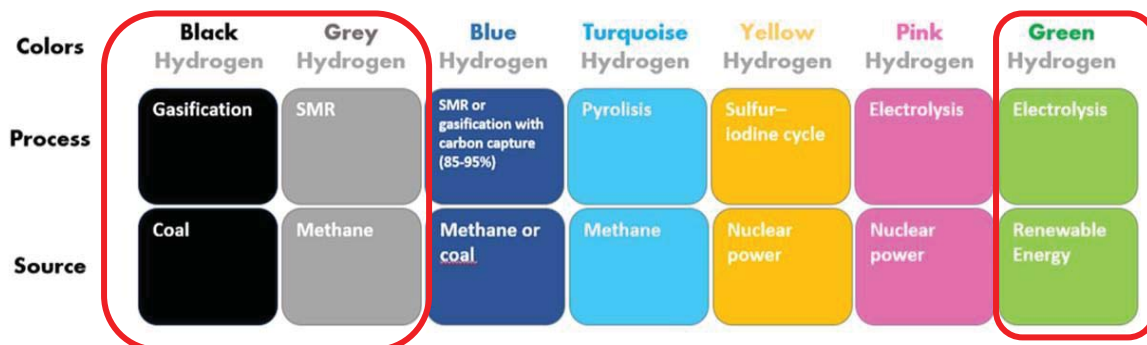


Рис. 1. Базові технології водневих проєктів, які плануються в Україні до реалізації за даними UNECE

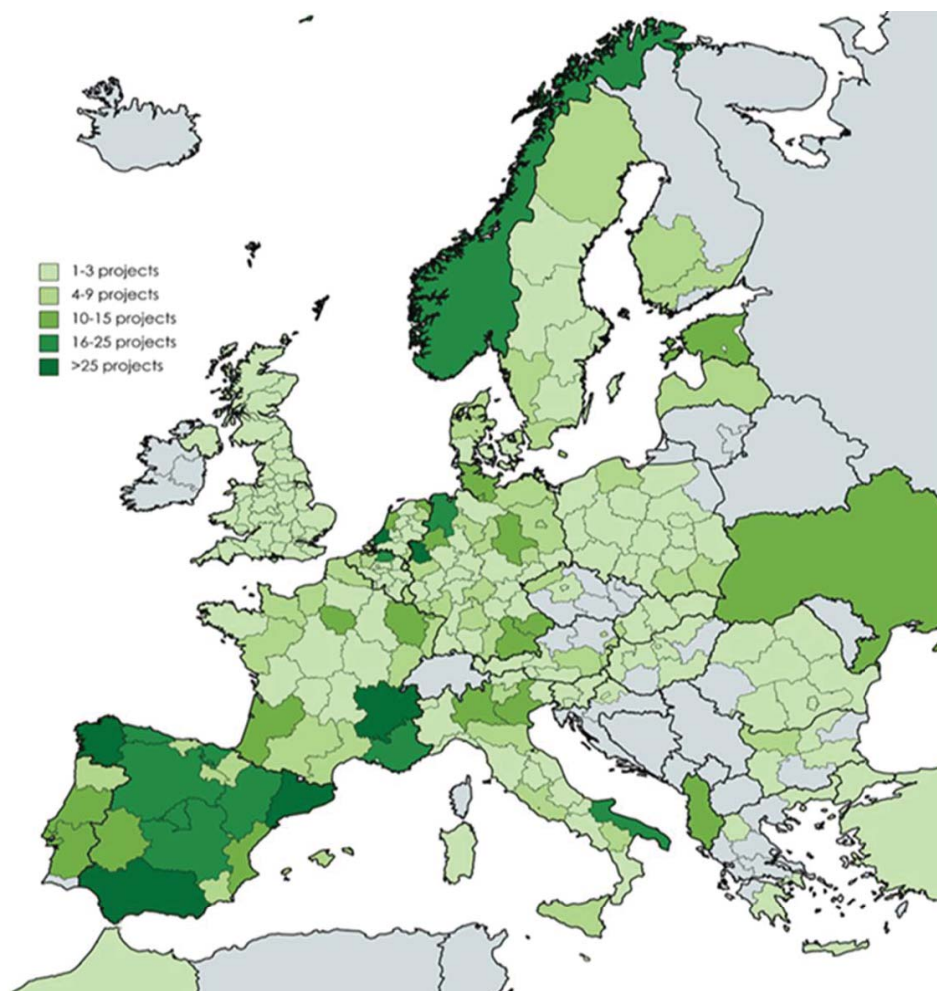
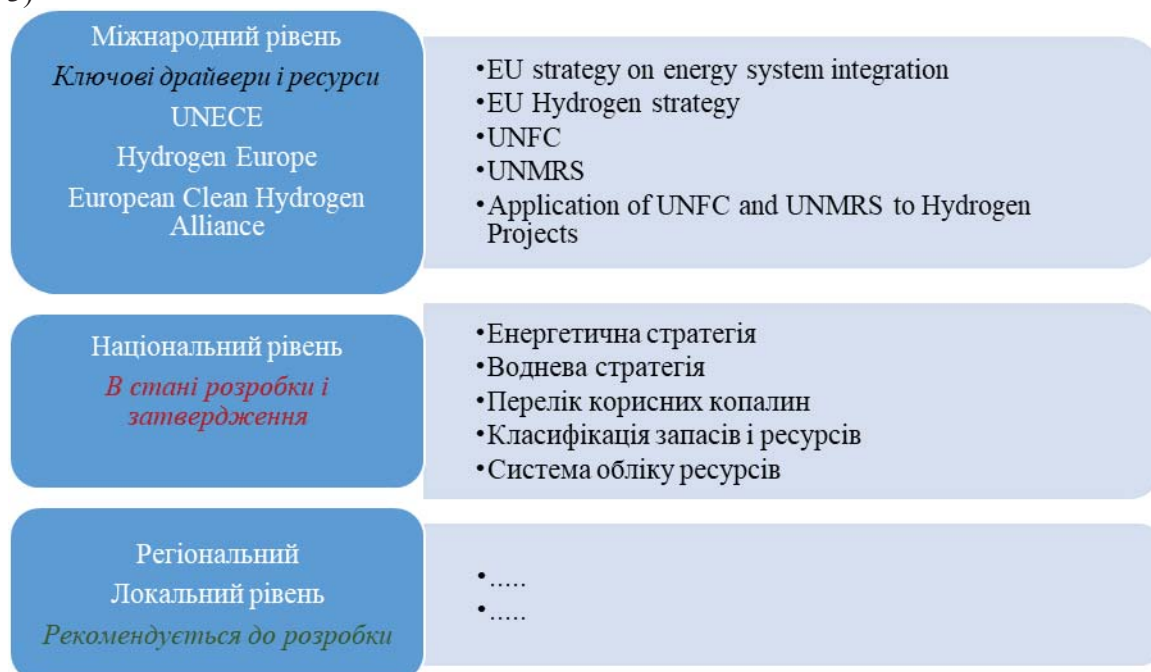


Рис. 2. Картограма розподілу кількості водневих проєктів за даними UNECE

Основні галузі, в межах яких фіксується розвиток водневих проєктів, є наступними: металургійна промисловість, галузі, які вже використовують водень як сировину - хімічна промисловість (виробництво аміаку та метанолу), нафтопереробний сектор. Водень для цих процесів зазвичай отримують із природного газу за допомогою парової конверсії метану.

Потенціал виробництва відновлюваної енергії перевищує 500 ГВт, що дозволяє виробляти понад 30 мільйонів тон водню.

В Україні правове регулювання при реалізації водневих проєктів має декілька рівнів, які характеризуються різним ступенем впливу і деталізації нормативно-правових документів (рис. 3)



**Рис. 3. Рівні правового регулювання при реалізації водневих проєктів**

Найбільш розвинутим і впливом для розвитку водневих проєктів в Україні є міжнародний рівень, який стосується не лише регулювання, але й інвестування і імплементації таких проєктів в міжнародних консорціумах. В ЄС наявна регуляторна база для водневої енергетики і розгалужена система організацій, які інвестують і розвивають проєкти навіть на рівні стартапів і є достатньо взаємопов'язаними, зокрема:

- European Clean Hydrogen Alliance;
- European Investment Bank (EIB)/ Європейський інвестиційний банк (ЄІБ): з 40-45 проєктів чистого водню, які ЄІБ відібрав для консультаційних послуг і потенційного фінансування, 30-35 проєктів належать до проєкту European Clean Hydrogen Alliance.

- EIT InnoEnergy - Green Hydrogen Acceleration Centre/ EIT InnoEnergy - Центр прискорення зеленого водню. Центр прискорення зеленого водню EIT InnoEnergy консулює та потенційно фінансує десятки водневих проєктів

- European Bank for Reconstruction and Development

В Україні розроблено проєкт Водневої стратегії, де передбачено 3 етапи реалізації, але базовими завданнями визначено наступне (*Воднева стратегія, 2021; Проєкт, 2024*):

- створення правової і нормативно-технічної бази;
- організація наукового, технічного та інформаційного забезпечення;
- визначення механізмів реалізації;
- застосування методів економічного стимулювання;
- методичне забезпечення;
- визначення потенціалу первинних енергетичних ресурсів.
- використання низьковуглецевого водню на внутрішньому ринку для декарбонізації секторів, які складно електрифікувати;
- експорт відновлюваного водню до Європейських країн;
- посилення інтеграції України з енергетичними ринками ЄС.

На сьогодні Проєкт Водневої стратегії є ще неприйнятним документом, що знаходиться у редакції, але він передбачає I етап реалізації до 2026 року щодо створення передумов. Цей етап включає створення нормативно-правової бази для забезпечення подальшого розвитку водневої енергетики в Україні шляхом внесення змін до законодавства та підзаконних нормативно-правових актів, у тому числі шляхом імплементації законодавства ЄС. Базові документи, які пропонується імплементувати є наступними: Директива (ЄС) 2023/2413 від 18 жовтня 2023 р. про внесення змін до Директиви (ЄС) 2018/2001, Регламенту (ЄС) 2018/1999 та Директиви 98/70/ЄС щодо сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел та скасування Директиви Ради (ЄС) 2015/652; Регламент (ЄС) 2023/1804 від 13 вересня 2023 р. щодо розгортання інфраструктури альтернативних видів палива та скасування Директиви 2014/94/ЄС; Регламент (ЄС) 2023/1805 від 13 вересня 2023 р. щодо використання відновлюваного та низьковуглецевого палива на морському транспорті та внесення змін до Директиви 2009/16/ЄС; Делегований регламент Комісії (ЄС) 2023/1184 від 10 лютого 2023 р., що доповнює Директиву (ЄС) 2018/2001 шляхом встановлення методології Союзу, яка визначає детальні правила виробництва відновлюваних рідких та газових транспортних палив не біологічного походження; Делегований регламент Комісії (ЄС) 2023/1185 від 10 лютого 2023 р., що доповнює Директиву (ЄС) 2018/2001 щодо мінімального обсягу для скорочення викидів парникових газів від палива з переробленого вуглецю та інші.

Порядок денний сталого розвитку, який є базовим у цих системах, визначає інтеграцію соціальних, екологічних та економічних цілей при освоєнні природних ресурсів. Сучасні моделі виробництва та використання природних ресурсів є нестабільними. Вони створюють проблеми з точки зору впливу на навколишнє середовище та суспільство, а також довгострокової доступності ресурсів, необхідних для сталого розвитку. Протягом багатьох років Рамкова класифікація ресурсів ООН (РКООН) прийнята як уніфікована система для класифікації, обліку та звітності щодо використання природних ресурсів, на основі соціальної, екологічної та економічної життєздатності, технічної здійсненності та ступеня достовірності при оцінці ресурсів.

У 2017 році країни-члени ЄЕК ООН вирішили розширити РКООН за межі системи класифікації до динамічної системи управління ресурсами, яка може допомогти країнам, організаціям і компаніям вирішувати проблеми сталого розвитку. Групі експертів з управління ресурсами було розроблено Систему управління ресурсами ООН (UNRMS), добровільний глобальний стандарт інтегрованого та сталого управління ресурсами. UNRMS — це комплексна система управління ресурсами для сталого розвитку, яка, як очікується, буде орієнтована на майбутнє. Ця система об'єднує всі зацікавлені сторони в досягненні різних цілей при освоєнні природних ресурсів, як відновлювальних, так і невідновлювальних. Базовим принципом UNRMS є оцінювання різних ресурсів не як ізольовані чи незалежні секторів, а як частину всієї ресурсної бази території, регіону чи країни. Це є надзвичайно актуальним для водневих проєктів, оскільки в їх ефективній реалізації зацікавлені як виробники і споживачі, так представники держави на всіх рівнях, а також екологічна спільнота.

В 2023 році цільовою групою з водню Експертної групи з управління ресурсами підготовлено Пояснювальну записку та запропоновані цільові програми: застосування Рамкової класифікації ресурсів ООН та Системи управління ресурсами ООН до проєктів водню (*Concept Note, 2023*). У цій пояснювальній записці викладено пропозицію щодо додаткових настанов до водневих проєктів стосовно застосування Рамкової класифікації ресурсів ООН (UNFC) та Системи управління ресурсами ООН (UNRMS). Сюди входять специфікації з застосування UNFC та UNRMS до водневих проєктів, таксономія водню, заснована на підході аналізу життєвого циклу (LCA), пропозиція щодо Гарантії походження водню (GOH) та пілотний проєкт для тестування їх застосування.

В рекомендаціях UNFC та UNRMS визначено, що водневий проєкт може охоплювати всі етапи виробництва, транспортування, зберігання та використання, може бути горизонтально інтегрований, де кожний етап позначений як підпроєкт, або кожен етап



може бути окремим проектом. Виробництво водню може відбуватися природним шляхом або штучно за допомогою різних методів, таких як електроліз води, паровий риформінг метану та біологічні джерела. Отриманий водень транспортується по трубопроводах або у вигляді рідини чи стисненого газу в спеціалізованих транспортних засобах. Водень може зберігатися в газоподібній або рідкій формі в резервуарах, кавернах або підземних геологічних колекторах. Водень є джерелом енергії в різних сферах застосування, таких як виробництво електроенергії, транспорт, промислові процеси та опалення. Компоненти та технології, що використовуються на кожному етапі проекту, залежатимуть від бажаного результату, місця розташування та наявних ресурсів.

У деяких випадках природний водень може оброблятися аналогічно до вуглеводнів. У деяких інших випадках він вважається вторинним ресурсом. Виробництво водню тісно взаємопов'язане та залежить від інших первинних ресурсів, таких як вуглеводні, ядерна енергія, гідроенергетика, сонячна енергія та енергія вітру. Специфікації щодо застосування UNFC до проектів зберігання у геологічних колекторах уже включають водень.

UNFC та UNRMS можуть допомогти зацікавленим сторонам, адже містять стандарти для оцінки водневих проектів. Приклади проектної діяльності можуть включати:

1. Оцінку ступеня довіри до вихідного продукту;
2. Визначення найбільш оптимальних місць для реалізації водневих проектів
3. Порівняння технічної доцільності та економічної, соціальної та екологічної життєздатності різних водневих технологій та стійкості водневих проектів для всіх зацікавлених сторін
4. Встановлення цілі та орієнтирів для впровадження водневих технологій
5. Оцінку профілю ризиків, пов'язаних з водневими проектами. Органи, що розподіляють капітал, можуть використовувати UNFC та UNRMS для оцінки економічних, соціальних та екологічних ризиків, пов'язаних з різними водневими технологіями, та для виявлення факторів, які можуть вплинути на їхню життєздатність
6. Розробку політики та стимулів для підтримки впровадження водневих технологій. Директивні органи могли б використовувати UNFC та UNRMS для розробки фінансових стимулів, що заохочують впровадження транспортних засобів на водневих паливних елементах, або для розробки правил та інших найважливіших рамкових умов, що знаходяться під їх контролем, для заохочення сталого виробництва та використання водню.

Таким чином, за станом нормативно-правового забезпечення при реалізації водневих проектів виділено декілька рівнів правового регулювання, які мають різних масштаб впливу і деталізацію документів: міжнародний (європейський), національний, регіональний і локальний. Найбільший вплив на розвиток водневих проектів сьогодні має європейське законодавство, яке містить розвинуті механізми підтримки, інвестування і реалізації водневих проектів. На національному рівні відбувається затвердження Водневої стратегії та включення водню до переліку корисних копалин. Розглядаються можливості використання Рамкової класифікації ООН для водневих ресурсів, які дуже відмінні за технологічними характеристиками. Висвітлюються основні завдання Водневої стратегії України, де може бути застосовані положення Рамкової класифікації. Специфікація для водневих проектів повинна включати чіткі економічні, екологічні (вуглецевий слід) і соціальні критерії реалізації проектів, які дозволять розмежовувати об'єкти на економічній осі Е. Пропонується застосовувати аналіз життєвого циклу водневих проектів та встановлення походження водню як базові інструменти оцінки водневих проектів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Воднева стратегія України. Інститут відновлювальної енергетики НАН України. Київ: 2021.-91с.
2. Проект Водневої стратегії України на період до 2050 року// <https://www.mev.gov.ua/sites/default/files/field/file/vodneva-strategiya17.05.2024.pdf>

3. EU Hydrogen strategy// [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en)
4. Concept Note and Proposed Actions: Application of the United Nations Framework Classification for Resources and the United Nations Resource Management System to Hydrogen Projects// [https://unece.org/sites/default/files/2023-02/EGRM-14-Hydrogen%20Concept%20Note%20v4\\_ECE\\_ENERGY\\_GE.3\\_2023\\_6.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2023-02/EGRM-14-Hydrogen%20Concept%20Note%20v4_ECE_ENERGY_GE.3_2023_6.pdf)
5. UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019) // [https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E\\_ECE\\_ENERGY\\_109\\_WEB.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf)
6. UNFC and Social and Environmental Management. 2023// <https://unece.org/unfc-and-social-and-environmental-management-0>
7. Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 to Renewable Energy Resources// [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC\\_specs/UNFC.RE\\_e.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/UNFC.RE_e.pdf)
8. United Nations Resource Management System (UNRMS)// <https://unece.org/sustainable-energy/unfc-and-sustainable-resource-management/unrms>

## ЗАХИСТ ТИТАНОВИХ ВИРОБІВ ВІД НЕГАТИВНОЇ ДІЇ ВОДНЕВОГО СЕРЕДОВИЩА

*Дехтяренко В.А.<sup>1,2</sup>, д. т. н., с. д., Devova@i.ua,  
Прядко Т.В.<sup>1</sup>, к. ф.-м. н., с. д., pryadko@imp.kiev.ua,  
Бошко О.І.<sup>1</sup>, к. ф.-м. н., olehboshko@gmail.com,  
Кирильчук В.В.<sup>1</sup>, к. ф.-м. н., kyrylchuk\_v@ukr.net,  
Михайлова Г.Ю.<sup>1</sup>, к. ф.-м. н., с. д., mihajlova.halina@gmail.com,  
Семирга О.М.<sup>1</sup>, к. т. н., o\_semyrga@ukr.net,  
Степанов Д.В.<sup>3</sup>, к. т. н., доцент, stepanov.denys@ill.kpi.ua,*

*1 – Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, Київ, Україна,*

*2 – Інститут електрозварювання ім. С.О. Патона НАН України, Київ, Україна,*

*3 – Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна*

Стійкість порошків кобальтового сплаву у середовищі газоподібного водню досліджено за наступною методикою. Порошки витримано при тиску водню 0,23 МПа впродовж 20 годин при кімнатній температурі, після цього тиск в камері було збільшено до 2,0 МПа та проведено нагрів до температури  $630 \pm 10$  °С з послідовним охолодженням до кімнатної температури. При зазначеному нагріві тиск водню в камері змінювався в межах від 2,0 до 3,1 МПа. Після зазначеного нагріву, при тиску водню в камері 2,0 МПа та за кімнатної температури, досліджуваний порошок додатково витримувався впродовж 140 годин. Встановлено, що при зазначеній обробці не відбулося взаємодії між порошком та газоподібним воднем. Захисне покриття на титановому зразку кубічної форми, створювалося плазмовим методом у атмосфері аргону в декілька етапів, для того щоб отримати суцільний бар'єр на усіх поверхнях зразка. Показано, що при формуванні захисного покриття, відбувалося часткове або повне розплавлення порошків та в подальшому, при осадженні їх на поверхню основи, активна взаємодія між собою. Це дозволило, отримати на поверхні титану достатньо суцільний шар, утворений завдяки взаємній дифузії. Визначено, що створене захисне покриття дозволило нагріти титан у середовищі газоподібного водню (тиск водню  $0,6 \pm 0,2$  МПа) до температури  $400 \pm 10$  °С, витримати при цій температурі впродовж 3,5 годин, без реакції їхньої взаємодії.

## PROTECTION OF TITANIUM PRODUCTS AGAINST THE NEGATIVE EFFECTS OF THE HYDROGEN ENVIRONMENT

*Dekhtyarenko V.<sup>1,2</sup>, Dr. Sci. (Eng.), senior researcher, Devova@i.ua,  
Pryadko T.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Phys.-Math.) senior researcher, pryadko@imp.kiev.ua,  
Boshko O.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Phys.-Math.), olehboshko@gmail.com,  
Kyrylchuk V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Phys.-Math.) kyrylchuk\_v@ukr.net,  
Mykhailova H.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Phys.-Math.) senior researcher, mihajlova.halina@gmail.com,  
O. Semyrga<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), o\_semyrga@ukr.net,*

*Stepanov D.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., stepanov.denys@ill.kpi.ua,*

*1 – G.V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of the N.A.S. of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*2 – E.O. Paton Electric Welding Institute, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*3 – National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

The stability of cobalt alloy powders in a gaseous hydrogen environment was investigated using the following method. The powders were kept under a hydrogen pressure of 0.23 MPa for 20 hours at room temperature, after which the pressure in the chamber was increased to 2.0 MPa and heated to a temperature of  $630 \pm 10$  °C followed by cooling to room temperature. With the indicated heating, the hydrogen pressure in the chamber varied from 2.0 to 3.1 MPa. After the indicated heating, at a hydrogen pressure in the chamber of 2.0 MPa and at room temperature, the tested powder was additionally aged for 140 hours. It was established that during the specified processing, there was no interaction between the powder and gaseous hydrogen. The protective coating on the cubic-shaped titanium sample was created by the plasma method in an argon atmosphere in several stages, in order to obtain a continuous barrier on all surfaces of the sample. It was shown that during the formation of the protective coating, partial or complete melting of the powders took place, and later, when they were deposited on the surface of the base, active interaction between them took place. This made it possible to obtain a sufficiently continuous layer on the surface of titanium, formed due to mutual diffusion. It was determined that the created protective coating made it possible to heat titanium in an environment of gaseous hydrogen (hydrogen pressure  $0.6 \pm 0.2$  MPa) to a temperature of  $400 \pm 10$  °C, to withstand it at this temperature for 3.5 hours, without the reaction of their interaction.

### 1. ВСТУП

Основу сучасної світової енергетики складають невідновлювані джерела енергії (нафта, газ та вугілля), запаси яких обмежені, що вимагає пошуку нових альтернативних

джерел та технологій видобутку енергії. Завдяки науковому і технологічному прогресу людство вже вступило в перехідний період – від енергетики, що базується на органічних природних ресурсах, до відновлювальних джерел, які є практично невичерпними.

Альтернативні джерела енергії засновані на використанні природних ресурсів, таких як енергія Сонця, вітру, а також морських хвиль, крім того, важливе місце у цьому переліку займає воднева енергетика. Вибір водню [1] як енергоносія обумовлений рядом суттєвих переваг у порівнянні з вуглеводнями. Головними з цих переваг є [2]: практично необмежені запаси сировини, якщо у якості матеріалу для отримання водню розглядати воду (вміст води в гідросфері  $1,39 \cdot 10^{18} \text{т}$ ); екологічна безпека водню, оскільки продуктом його згорання є вода; теплота згорання водню є найбільшою серед інших видів палива і дорівнює — 143,06 МДж/кг (для умовного вуглеводневого палива – 29,3 МДж/кг); висока теплопровідність, а також низька в'язкість, що дуже важливо при його транспортуванні по трубопроводах.

Проте, на сьогоднішній день у водневій енергетиці існує низка проблем, що стримують її практичне використання. Найголовнішими з них, є безпечне зберігання та транспортування водню. Оскільки водень, може розчинятися у багатьох металах, тим самим викликаючи суттєві зміни їх фізико-механічних властивостей [3]. Особливо гостро стоїть питання відносно титану та сплавів на його основі [4,5]. Запобігання взаємодії з воднем при експлуатації конструкцій ускладнюється тим, що форми її прояву настільки різноманітні, що не так просто передбачити усі можливі негативні варіанти її дії. До того ж, водень в металах дуже рухливий і легко перерозподіляється під дією напруг, температур, що може призводити до небезпечного локального збагачення елементів конструкцій. Проникнення водню в метали лімітується явищами, що відбуваються на поверхні [6], і інтенсивність цього процесу визначається каталітичною активністю поверхні, розчинністю і дифузією. У зв'язку з цим, для захисту металевих виробів важливим є пасивація поверхні і створення бар'єру для проникнення водню в об'єм матеріалу [7].

Захисні покриття широко застосовуються в промисловості, і їх використання дає великий економічний ефект [8,9]. Методи їх отримання дуже різноманітні: електролітичне осадження металів і сплавів, метод газотранспортних реакцій, іонна імплантація, хіміко-термічна обробка та ін. Не менш різноманітний і склад захисних плівок: оксиди, бориди, нітриди, карбіди, силіциди.

Серед існуючого різноманіття захисних покриттів, плівки з  $\text{Al}_2\text{O}_3$  найбільш широко використовуються через їх чудові властивості, у якості захисних бар'єрних шарів для зменшення проникності водню [10, 11]. Однак, автори [12] визначили, що плівка  $\text{Al}_2\text{O}_3$  протидіє проникненню водню в титан, якщо час витримки у водневій атмосфері, не перевищує 3 годин при тиску 0,2 МПа і температурі 400 °С. При збільшенні витримки до 4-х годин спостерігається різке збільшення кількості поглинутого водню, що пов'язано з різницею у коефіцієнтах термічного розширення металу основи та покриття. Це призводить до розвитку великих термічних напружень у покритті, і як результат, утворення тріщин та відшарування. Постійно зростаючи вимоги до умов експлуатації титанових виробів, вимагають неперервного пошуку матеріалів для його захисту від негативної дії водню.

В Інституті металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України розроблено зносостійкі сплави серії ХТН призначені для експлуатації при високих температурах в вузлах тертя енергетичного обладнання. Це сплави на основі системи евтектичного типу  $\text{Co-NbC}$  (ХТН-62) [13,14], що використовуються в якості матеріалу для захисту бандажних полиць робочих лопаток турбіни високого тиску ГТД від зношування. Вони здатні працювати тривалий час в агресивному середовищі при високих температурах та змінних навантаженнях. Крім того, сплави даного типу є стійкими від дії водневого середовища.

**Мета даного дослідження** – визначення кінетичних параметрів фізико-хімічної взаємодії з воднем титанових зразків, із захисними покриттями з кобальтового сплаву, для досягнення максимального захисту матеріалу від проникнення водню. За основу було взято склад сплаву ХТН-62 [13] (табл. 1.), в якому було проведено варіацію основних компонентів сплаву та додатково введено бор, для покращення процесу спінінгування розплаву.



## Склад сплавів

	Елементи, мас. %							
	Co	Cr	Nb	W	Fe	Al	C	B
ХТН-62 [13]	48,2	20	15,5	9,5	3	2	1,8	-
Досліджуваний склад	55,18	17,66	12,18	7,45	3,07	1,88	1,5	1,59

## 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При виготовленні матеріалу основи використовували титан йодидний ТІ - І (ТУ48-4-282-72), чистотою 99,95 %, який переплавляли у лабораторній електродуговій печі із невитратним вольфрамовим електродом на охолоджуваному мідному поді шляхом шестиразового переплаву в середовищі очищеного аргону.

Зразки кобальтових сплавів виплавляли в індукційній печі з використанням кварцових тиглів у середовищі аргону. Вилив розплаву проводився у графітову форму. В якості вихідних матеріалів (табл. 1.) використовувались хімічно чисті метали ( $\geq 99,8\%$ ), графіт та лігатура  $\text{Co}_2\text{B}$  (лігатура була попередньо синтезована з порошкового кобальту та аморфного бору). Для отримання стрічки товщиною 20 мкм та шириною 20 мм (рис. 1. а) використано обладнання для надшвидкого охолодження розплаву (НШОР) на повітрі або захисній атмосфері, яке забезпечувало процес плавлення шихти, витримку та гартування [15].



Рис. 1. Зовнішній вигляд отриманої стрічки: а – у вихідному стані; б – після розмелювання.

Фазовий склад і параметри кристалічної ґратки вихідних матеріалів, а також після термічної обробки у середовищі водню, були визначені методом рентгенівського фазового аналізу на дифрактометрі ДРОН-3М. Металографічні дослідження були проведені із використанням скануючого електронного мікроскопа VEGA3 TESCAN з EDX детектором XFlash610M (Bruker).

Стійкість вихідного порошку та створених захисних покриттів у водневому середовищі було досліджено методом Сіверца на установці ІВГМ-2М за кімнатної температури та під час нагріву при тисках від 0,5 до 3,0 МПа за методикою яка детально описана в роботі [16,17]. Кількість сорбованого водню визначали по зміні тиску в замкнутому об'ємі (об'ємний метод) і додатково контролювали зважуванням з точністю до  $1,5 \cdot 10^{-5}$  г (гравіметричний метод).

## 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Загальна технологічна схема отримання захисних покриттів з кобальтового сплаву, включала: отримання кобальтового сплаву методом індукційної плавки; спінінгування розплаву (отримання стрічки (рис. 1. а)); відпал отриманої стрічки (для підвищення її крихкості); розмелювання відпаленої стрічки з метою отримання порошку необхідної фракції (рис. 1. б); відсіювання порошоків необхідної фракції; нанесення плазмовим методом на поверхню титану отриманих порошоків.

За допомогою скануючої електронної мікроскопії було встановлено, що в структурі досліджуваного порошку присутній твердий розчин на основі кобальту та карбід ніобію

(табл. 2.). Методом рентгенівського фазового аналізу підтверджено, що у фазовому складі досліджуваного порошку присутні твердий розчин на основі кобальту з ГЦК ґраткою ( $a=0,3630 \pm 0,0009$  (нм)) та карбід ніобію з ГЦК ґраткою ( $a=0,4406 \pm 0,0009$  (нм)). Окрім зазначених вище фаз, також було встановлено присутність третьої фази  $\text{Cr}_{0,7}\text{Fe}_{0,3}$  з ОЦК ґраткою ( $a=0,2841 \pm 0,0009$  (нм)).

Таблиця 2

Склад співіснуючих фаз у досліджуваному порошку

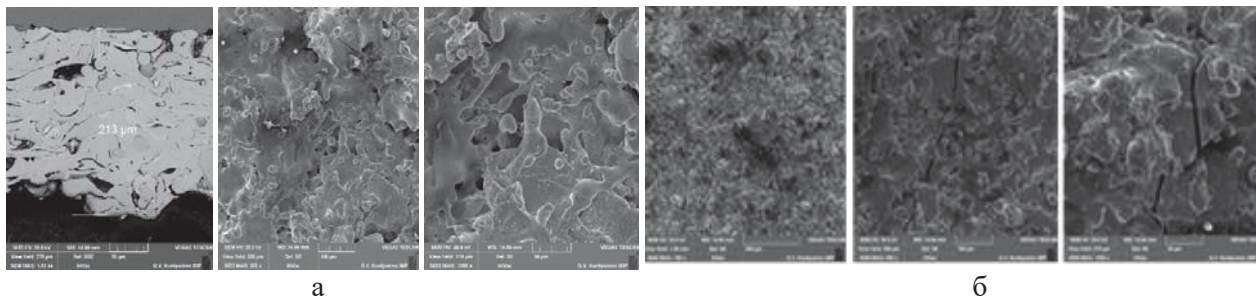
	Фаза	Елементи, мас. %							
		Co	Cr	Nb	W	Fe	Al	C	B
Вихідний стан	Твердий розчин на основі кобальту	51,55	15,78	7,92	4,73	3,11	1,06	10,21	5,63
	Карбід ніобію	8,69	2,95	61,79	1,96	0,45	0,23	20,19	3,75
Після відпалу у водні	Твердий розчин на основі кобальту	51,76	15,72	9,26	5,65	3,27	1,26	8,05	5,04
	Карбід ніобію	5,58	1,95	63,56	1,77	0,24	0,16	22,76	3,98

Обраний для дослідження склад відрізнявся від вихідного ХТН-62, збільшеною загальною кількістю кобальту (табл. 1.). Відповідно до існуючих літературних даних [6,18], цей елемент, а також хром та ніобій здатні досить активно взаємодіяти з воднем. Важливим було встановити стійкість досліджуваного порошку у середовищі газоподібного водню. Саме тому, дослідження у атмосфері водню, було проведено у доволі жорстких умовах за спеціально розробленою методикою: витримано при кімнатній температурі та тиску водню 0,2 МПа впродовж 20 годин, після цього тиск в камері було збільшено до 2,0 МПа; проведено нагрів до температури  $630 \pm 10$  °С з послідовним охолодженням до кімнатної температури, при зазначеному нагріві тиск водню в камері змінювався в межах від 2,0 до 3,0 МПа; після зазначеного нагріву, при тиску водню в камері 2,0 МПа та за кімнатної температури зразок додатково витримувався впродовж 140 годин.

За допомогою скануючої електронної мікроскопії встановлено, що зазначена обробка не вплинула на розміри та форму вихідного порошку (рис. 1. а). Не було зафіксовано об'єднання частинок у конгломерати (злипання між собою), або збільшення площі окремих крупних частинок за рахунок суттєво дрібніших. Змін у формі та розмірах карбідної складової, також не було виявлено. Методом рентгенівського фазового аналізу підтверджено зроблений вище висновок стосовно відсутності взаємодії між порошком та воднем.

Створення захисних покриттів на титані здійснювалося за допомогою плазмотрона. Конструктивною особливістю якого є виносний водоохолоджуваний мідний анод, в режимі генерації ламінарного плазмового струменя, що забезпечує кращі умови проплавлення порошку. В якості плазмоутворюючого, транспортуючого та обтискуючого газу використовувався аргон з загальною витратою 0,2 м<sup>3</sup>/год. Робочий струм встановлювався в межах 80-100 А, напруга на дузі 35–45 В, витрати захисного газу 4–5 л/хв.

За допомогою скануючої електронної мікроскопії встановлено, що при нанесенні захисного покриття, зазначеним методом, відбулося оплавлення поверхні порошків та в подальшому, при осадженні їх на поверхню основи, взаємодія між собою. Це дозволило, отримати на поверхні основи достатньо суцільний шар, утворений завдяки взаємній дифузії (рис. 2. а). Методом рентгенівського фазового аналізу визначено, що при формуванні захисного покриття у фазовому складі застосовуваного порошку залишились присутні твердий розчин на основі кобальту ( $a=0,3420 \pm 0,0009$  (нм)), карбід ніобію ( $a=0,4400 \pm 0,0009$  (нм)), а також фаза  $\text{Cr}_{0,7}\text{Fe}_{0,3}$  ( $a=0,2872 \pm 0,0009$  (нм)).



**Рис. 2. Зовнішній вигляд отриманого захисного покриття: а – у вихідному стані; б – після обробки у середовищі водню.**

З представлених мікроструктур (рис. 2. а) видно, що в залежності від розміру вихідного порошку, відбулося часткове оплавлення або повне розплавлення частинок. При осадженні на поверхню титану, завдяки оплавленню частинок (тобто утворенню рідкої фази) відбулася їх взаємодія між собою, а також із поверхнею основи, а це у свою чергу, дозволило отримати доволі високу міцність з'єднання частинок між собою та з основою. Карбідна фаза спостерігалася у вигляді дисперсних включень білого кольору.

Незважаючи на той факт, що при створенні покриття, змін у фазовому складі порошків не відбулося, але враховуючи різницю у коефіцієнтах термічного розширення між покриттям і основою, було розроблено дещо іншу методику випробовування (у порівнянні з вихідним порошком) стійкості у середовищі водню. На першому етапі зразок було витримано при кімнатній температурі та тиску водню 0,5 МПа впродовж 68 годин. Після чого при незмінній температурі збільшено тиск до 0,6 МПа та додатково витримано 50 годин. Наступним етапом був нагрів до температури  $400 \pm 10$  °С, витримка впродовж 3,5 годин та охолодження до кімнатної температури, при зазначеному нагріві тиск водню в камері змінювався в межах від 0,6 до 0,62 МПа. Після зазначеного нагріву, при тиску водню в камері 0,6 МПа та за кімнатної температури зразок додатково було витримано впродовж 20 годин. Після зазначеної обробки були відсутні помітні зміни тиску водню в реакторі, що свідчило про відсутність взаємодії між зразком та воднем (рис. 2. б).

Виходячи із вище сказаного, можна стверджувати, що створене захисне покриття мало досить високу, однак, відносно короткострокову стійкість у середовищі газоподібного водню. Проте, у реальних умовах, покриття може контактувати з воднем, при значно меншому тиску, але більш довготривало (тисячі годин). Крім того, проведення зазначеної термічної обробки у середовищі газоподібного водню, може активувати дифузійні процеси (взаємодію з воднем) у довготривалій перспективі. Саме тому, після проведення зазначеної термічної обробки, зразок було додатково витримано при кімнатній температурі та тиску водню 2,0 МПа впродовж 140 годин (6 діб). Контроль зміни тиску у замкнутому об'ємі відбувався кожні 12 годин. Після проведення зазначеної додаткової обробки, можна стверджувати про практично нульову каталітичну здатність покриття (при зазначеній вище загальній обробці).

### **ВИСНОВОК**

Створене захисне покриття із кобальтового сплаву дозволяє нагрівати титан до температури  $400 \pm 10$  °С у середовищі газоподібного водню (тиск 0,6 МПа) витримувати при цій температурі впродовж 3,5 годин, без реакції їхньої взаємодії.

### **Список використаних джерел:**

1. K.T. Moller, T.R. Jensen, E. Akiba, H.W. Li. Hydrogen - a sustainable energy carrier, *Prog Nat Sci*. 2017. V.27. С. 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2016.12.014>
2. В.Н. Вербецкий, С.В. Митрохин. Свойства металлгидридов и перспективы их использования, *Материаловедение*. 2009. С. 48-59.
3. I.M. Robertson, P. Sofronis, A. Nagao, et al. Hydrogen Embrittlement Understood. *Metall Mater Trans A*, 46: 2323–2341 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11661-015-2836-1>
4. V. Madina, I. Azkarate, Compatibility of materials with hydrogen. Particular case: Hydrogen embrittlement of titanium alloys. *Int. J Hydrogen energy*, 34: 5976–5980 (2009) <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.01.058>



5. V.A. Dekhtyarenko, T.V. Pryadko, O.I. Boshko, et al., Hydrogen Embrittlement of Titanium: Phenomena and Main Ways of Prevention, *Prog. Phys. Met.*, **25**, No. 2: 276-293 (2024). <https://doi.org/10.15407/ufm.25.02.276>
6. V.A. Dekhtyarenko, D.G. Savvakina, V.I. Bondarchuk, et al., TiMn<sub>2</sub>-Based Intermetallic Alloys for Hydrogen Accumulation: Problems and Prospects, *Prog. Phys. Met.*, **22**, No. 3: 307-351 (2021). <https://doi.org/10.15407/ufm.22.03.307>
7. Y. Su, L. Wang, L. Luo, X. Jiang, et al.. Deoxidation of Titanium alloy using hydrogen. *Int. J Hydrogen energy*, **34**: 8958–8963 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.08.053>
8. T.V. Pryadko, V.A. Dekhtyarenko, and A.A. Shkola, Influence of the Ambient Medium in the Course of Laser Treatment on the Resistance of Titanium to Hydrogen Embrittlement. *Mater Sci* **56**: 75–81 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00399-w>
9. H. Yu, A. Díaz, X. Lu, B. Sun, et al. Hydrogen Embrittlement as a Conspicuous Material Challenge— Comprehensive Review and Future Directions, *Chem. Rev.* **124**: 6271–6392 (2024). <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.3c00624>
10. Y. Takamura. Hydrogen permeation barrier performance characterization of vapor deposited amorphous aluminum oxide films using coloration of tungsten oxide. *Surf. Coat. Technol.* **153**: 114-118 (2002). [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(01\)01697-8](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(01)01697-8)
11. T.V. Pryadko, V.A. Dekhtyarenko, V.I. Bondarchuk, et al., Complex Approach to Protecting Titanium Constructions from Hydrogen Embrittlement, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, **42**, No. 10: 1419-1429 (2020). <https://doi.org/10.15407/mfint.42.10.1419>
12. A. Perujo, K.S. Forcey, T. Sample, Reduction of deuterium permeation through DIN 1.4914 stainless steel (MANET) by plasma-spray deposited aluminum. *J Nucl Mater.* **207**: 86-91. (1993) [https://doi.org/10.1016/0022-3115\(93\)90249-X](https://doi.org/10.1016/0022-3115(93)90249-X)
13. T.S. Cherepova, G.P. Dmitrieva, A.V. Nosenko and A.M. Semirga, Wear-resistant alloy for protection of contact surfaces of working aircraft engine blades from oxidation at high temperatures. *Sci. Innov.* **10**: 20-28 (2014). <https://doi.org/10.15407/scin10.04.022>
14. G.P. Dmitrieva, T.S. Cherepova, and T.V. Pryadko, Cobalt–Niobium-Carbide Eutectic Alloys for Increasing the Service Life of Gas Turbine Engines, *Prog. Phys. Met.*, **22**, No. 4: 678–693 (2021). <https://doi.org/10.15407/ufm.22.04.678>
15. H.Y. Mykhailova, V.A. Dekhtyarenko, and Y.V. Vasylyk, Hydrogen sorption properties of Ti<sub>15.4</sub>Zr<sub>30.2</sub>Mn<sub>(54.4-x-y)</sub>V<sub>x</sub>Cr<sub>y</sub>Ni<sub>y</sub> alloy able of being activated at room temperature and pressure of 0.23 MPa. *MRS Communications* **13**, 1288–1295 (2023). <https://doi.org/10.1557/s43579-023-00451-1>
16. V.A. Dekhtyarenko, Composite material based on Laves phase with magnesium for hydrogen storage. *MRS Communications* **14**, 337–344 (2024). <https://doi.org/10.1557/s43579-024-00534-7>
17. В.В. Кирильчук, Вплив легування перехідними металами на термічну стабільність, структурну релаксацію, кристалізацію та магнітні властивості аморфних сплавів системи CoSiB (Автореферат дисс. ... канд. физ.-мат. наук) (Київ: Національна академія наук України, Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова: 2021).
18. H. Smithson, C.A. Marianetti, D. Morgan, A. Van der Ven, A. Predith, G. Ceder, First-principles study of the stability and electronic structure of metal hydrides, *Phys. Rev. B*, **66**. No.12, 144107 (2002). <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.66.144107>

*Дана робота виконана в рамках проекту науково-дослідних робіт («Покриття з модифікованої квазібінарної Co-NbC-евтектики як засіб захисту титану від дії водневого середовища») молодих вчених НАН України 2023-2024 рр. (держ. реєстр. № 0123U102939).*



## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

*Толкунов А.А., к. геол. н., schreibikus@ukr.net,*

*Кузнєцов М.П., д. тех. н., nik\_ku@ukr.net,*

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ, Україна*

Проаналізовано потенціал розвитку зеленої водневої енергетики в Україні в контексті глобальних екологічних викликів та переходу на сталий енергетичний розвиток. Розглянуто основні аспекти, такі як наукові напрацювання українських вчених, законодавчі ініціативи, а також економічні переваги впровадження водневих технологій. Зокрема, акцентується на важливості створення сприятливого законодавчого середовища, розвитку інфраструктури та співпраці між державою, науковими установами та бізнесом. Досліджено роль зеленої водневої енергетики у забезпеченні енергетичної безпеки України та її інтеграції в європейський енергетичний ринок.

## THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF GREEN HYDROGEN ENERGY IN UKRAINE

*Tolkunov A., Cand. Sci. (Geol.), schreibikus@ukr.net,*

*Kuznetsov M., Dr. Sci. (Eng.), nik\_ku@ukr.net,*

*The Institute of Renewable energy of the National Academy of Sciences of Ukraine*

The potential for the development of green hydrogen energy in Ukraine has been analyzed in the context of global environmental challenges and the transition to sustainable energy development. Key aspects are discussed, including the scientific contributions of Ukrainian researchers, legislative initiatives, and the economic advantages of implementing hydrogen technologies. Particular emphasis is placed on the importance of creating a favorable legislative environment, developing infrastructure, and fostering cooperation between the government, research institutions, and businesses. The role of green hydrogen energy in ensuring Ukraine's energy security and its integration into the European energy market has also been explored.

**Вступ.** У контексті глобальних змін клімату та переходу на сталий енергетичний розвиток, зелена воднева енергетика стає дедалі актуальнішою. Україна, з її значними природними ресурсами та науковим потенціалом, має всі можливості для розвитку водневих технологій. Ця стаття розгляне перспективи розвитку зеленої водневої енергетики в Україні, наукові напрацювання українських вчених, законодавчі ініціативи, а також можливі виклики на цьому шляху.

**Виклад основного матеріалу.** Україна володіє великим потенціалом відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, гідро, біо та геотермальна енергія [1,2,3]. Це створює сприятливі умови для виробництва зеленого водню, що, у свою чергу, може стати альтернативою традиційним енергетичним джерелам. Водень, отриманий шляхом електролізу води з використанням електричного струму з відновлювальних джерел, не має викидів CO<sub>2</sub> і може використовуватися в різних секторах: від транспорту до промисловості.

Українська наукова спільнота активно працює над розвитком технологій, пов'язаних із водневою енергетикою. Дослідження у галузі електролізу, зокрема, зосереджені на вдосконаленні катодів і анодів, які здатні підвищити ефективність виробництва водню а також можливостях зберігання водню, зокрема, з використанням металогідридів та інших технологій. Інститут загальної та неорганічної хімії НАН України займається розробкою нових матеріалів для електролізерів, що дозволяє знизити витрати та підвищити стійкість систем [4,5]. Дослідники Інституту відновлювальної енергетики НАН України досліджують різні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчанних технологій а також вивчають можливості підземного зберігання водню в Україні [6,7].

З метою розвитку водневої енергетики в Україні уряд та парламент розробляють ряд відповідних законодавчих ініціатив та стратегічних документів. Одним з ключових документів має стати Воднева стратегія України на період до 2050 року, проект якої був оприлюднений

навесні 2024 року на сайті Міністерства енергетики України [8]. В проєкті цього документу, серед іншого, розглянуто різні аспекти регулювання виробництва, транспортування та зберігання водню, а також створення стимулів для інвесторів. Крім того, Україна працює над інтеграцією європейських стандартів у сфері енергетики. Це включає зобов'язання в рамках угоди про асоціацію з ЄС, що передбачає розвиток відновлювальної енергетики та водневих технологій. Залучення європейських інвестицій та технологій є ключовим фактором для успішної реалізації проєктів.

Розвиток зеленої водневої енергетики в Україні має сприяти створенню нових робочих місць, розвитку інфраструктури та залученню інвестицій. За прогнозами, попит на водень в Європі буде зростати [9], і Україна може стати ключовим постачальником цього енергоносія. Водень може використовуватися не лише для експорту, але й для покриття внутрішніх потреб, зменшуючи залежність від імпортованих енергоносіїв.

Для реалізації потенціалу зеленої водневої енергетики Україні необхідно впроваджувати новітні технології. Відзначається зростання інтересу до розвитку технологій електролізу, зберігання водню та його транспортування. Співпраця з міжнародними компаніями та науковими установами може прискорити процес впровадження інноваційних рішень.

Незважаючи на значний потенціал розвитку водневої енергетики в Україні, треба відмітити існування ряду значних викликів. По-перше, необхідним є створення сприятливого регуляторного середовища для стимулювання інвестицій у водневу енергетику. По-друге, важливо налагодити співпрацю між державними установами, науковими інститутами та бізнесом для ефективної реалізації відповідних проєктів. Складним завданням є розвиток інфраструктури для зберігання та транспортування водню.

В Україні вже існують проєкти, що мають на меті розвиток водневої енергетики. Зокрема, реалізація проєктів у сфері виробництва водню з використанням сонячної енергії. Для досягнення успіху необхідним є якнайшвидше затвердження та імплементація національної стратегії розвитку водневої енергетики, яка передбачатиме конкретні кроки та цілі.

**Висновок.** Зелена воднева енергетика має великі перспективи розвитку в Україні. Вона здатна стати важливим елементом енергетичної безпеки країни, сприяти економічному зростанню та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Розкриття потенціалу водневої енергетики потребує значних зусиль з боку держави, бізнесу, науки та суспільства. Успішна реалізація водневих проєктів в Україні відкриває нові можливості для створення більш стійкої та більш зеленої енергетичної системи.

#### **Список використаних джерел:**

1. Відновлювані джерела енергії: монографія / [С. О. Кудря, Н. М. Мхітарян, Резцов В. Ф. та ін.]; за ред. С. О. Кудрі. – ІВЕ НАН України. – К.: ТОВ «НВТ «Інтерсервіс», 2020. – 392 с. (Ум. друк. арк. 22,78; Обл.-вид. арк. 21,1). – 300 пр. – ISBN 978-966-999-077-8.
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії : монографія / [С. О. Кудря, Н. М. Мхітарян, Резцов В. Ф. та ін.]; за ред. С. О. Кудря. – [2-ге вид.]; ІВЕ НАН України. – К. : ТОВ «НВТ «Інтерсервіс», 2020. – 82 с. (Ум. друк. арк. 10,25; Обл.-вид. арк. 9,54). – 300 пр. – ISBN 978-966-999-034-1.
3. Кудря С.О., Мхітарян Н.М., Тучинський Б.Г., Репкін О.О., Іванченко І.В., Петренко К.В. Причини і результати перегляду оцінки потенціалу вітрових електростанцій України // Відновлювана енергетика. — 2020. — № 1 (60). — С. 6-16. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1\(60\).6-16](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1(60).6-16)
4. Каталітичний вплив перовскітів  $\text{rTO}_3$  на властивості гідриду магнію зі зберігання та гідролізного одержання водню О.П. Кононюк, І.Ю. Завалій, В.В. Березовець, А.Р. Киця, І.В. Луцюк, Л.О. Василечко, М.В. Чекайло, Ю.М.Солонін (2023) Порошкова металургія, #05/06, Київ: ІПМ ім.І.М.Францевича НАН України, С.136-147

5. Композити  $MgH_2-ZrN$  для генерування водню методом гідролізу І.Ю.Завалій, В.В.Березовець, А.Р.Киця, Ю.М.Солонін, В.М.Кордан (2021) Порошкова металургія, #11/12, Київ: ПІМ ім.І.М.Францевича НАН України, С.56-65

6. Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій : монографія / [С. О. Кудря, Ю. П. Морозов, М. П.Кузнєцов та ін.] ; за ред. Ю. М. Солоніна ; НАН України. – К. : «Вид-во КІМ»,2018. – 260 с. (Ум. друк. арк. 28,7; Обл.-вид. арк. 6,5). – 300 пр. – ISBN 978-617-628-070-5. URL : [http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen/Book\\_printVer.pdf](http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen/Book_printVer.pdf)

7. Морозов Ю. П., Барило А. А. Оцінка можливості підземного зберігання водню в покладах кам'яної солі. Відновлювана енергетика. 2023. № 1(72). С. 61-68. <https://doi.org/10.36296/1819-8058.2023.1>

8. Проект Водневої стратегії України на період до 2050 року. Режим доступу: <https://www.mev.gov.ua/sites/default/files/field/file/vodneva-strategiya17.05.2024.pdf>

9. Vorrath S. BNEF: Renewable hydrogen can replace gas in power generation. URL: <https://ieefa.org/bnef-renewable-hydrogen-can-replace-gas-in-power-generation/>

## ТЕХНОЛОГІЯ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ТА ФОТОЗНІМКІВ: РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ НА ДІЛЯНЦІ БУРІННЯ ПОШУКОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ НА ВОДЕНЬ В США

*Якимчук М.А.<sup>1</sup>, д. ф.-м. н., проф., yakymchuk@gmail.com;*

*Корчагін І.М.<sup>2</sup>, д. ф.-м. н., проф., korchagin.i.n@gmail.com;*

*1 – Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ, Україна;*

*2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна*

Наведено результати додаткових досліджень на ділянці буріння свердловини на природний водень у штаті Небраска (США). Оперативно проведені експериментальні дослідження на ділянці зі свердловиною Hoarty NE3 з виконанням невеликої кількості інструментальних вимірювань в цілому підтверджують сформульовані у 2019 році висновки – вірогідність виявлення скупчень (покладів) природного водню в промислових обсягах на ділянці буріння близька до нуля! У прискореному режимі інструментальних вимірювань відгуки на частотах водню в газовому полум'ї не реєструвалися. На локальній і великій ділянках з газовим полум'ям реєструвалися сигнали на частотах метану і фосфору (жовтий), що свідчить про наявність покладів нафти і газу в розрізі в межах ділянки зі свердловиною. Додатковим доказом на користь цього можна вважати факт реєстрації відгуків на частотах метаноокислюючих бактерій на більшій території з газовим полум'ям.

## TECHNOLOGY OF SATELLITE AND PHOTO IMAGES FREQUENCY-RESONANCE PROCESSING: RESULTS OF APPROBATION AT A SITE OF SEARCH WELL DRILLING FOR NATURAL HYDROGEN IN USA

*Yakymchuk M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., yakymchuk@gmail.com;*

*Korchagin I.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., korchagin.i.n@gmail.com;*

*1 – Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv, Ukraine;*

*2 – Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine*

The results of additional studies at a site of well drilling for natural hydrogen in the state of Nebraska (USA) are presented. Promptly conducted experimental studies at the site with the Hoarty NE3 well with the implementation of a small number of instrumental measurement procedures generally confirm the conclusions, formulated in 2019 – the probability of detecting accumulations (deposits) of natural hydrogen in commercial volumes at the drilling site is close to zero! In the accelerated mode of instrumental measurements, responses at hydrogen frequencies in the gas flame were not recorded. In local and large areas with a gas flame, signals were recorded at the frequencies of methane and phosphorus (yellow), which indicates the presence of oil and gas deposits in the cross-section within the area with the well. Additional evidence in favor of this can be considered the fact of recording responses at the frequencies of methane-oxidizing bacteria within a larger area with a gas flame.

**Вступ.** В 2019-2023 рр. проведено значну кількість експериментальних досліджень у різних регіонах земної кулі з метою апробації частотно-резонансних методів обробки та декодування супутникових знімків і фотографій [1], а також розробки та вдосконалення методики їх практичного застосування під час вирішення геолого-геофізичних пошукових задач різного характеру [2-9].

Під час апробації прямопошукових методів проведено значні обсяги експериментальних досліджень в зонах видимої водневої дегазації. В 2019 р. проведені дослідження на ділянці буріння першої розвідувальної свердловини Hoarty NE3 на природний водень в штаті Небраска (США) компанією Natural Hydrogen Energy LLC [10]. В даному повідомленні представлені результати додаткових інструментальних вимірювань (експериментальних робіт) на ділянці буріння пошукової свердловини на водень.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження рекогносцирувального та детального характеру проводяться з використанням мало-витратної прямопошукової технології, яка включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків та фотознімків, вертикального електрорезонансного зондування (сканування) розрізу та методу інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності великих пошукових блоків та локальних ділянок [1]. Окремі компоненти використовуваної технології розроблені на принципах «речовинної» парадигми геофізичних досліджень, сутність якої



полягає в пошуку конкретної (шуканої в кожному конкретному випадку) речовини. В основі розроблених методів лежать виявлені Ніколою Тесла у 1899 р. стоячі електричні хвилі в глибинних горизонтах Землі. В модифікованих версіях методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотографій, а також вертикального зондування (сканування) розрізу використовуються існуючі бази (набори, колекції) осадових, метаморфічних і магматичних порід (<https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/sprav/petro/petro-mobil.pdf>), мінералів та хімічних елементів. Особливості методів, а також методика проведення інструментальних вимірювань описані в [2-8].

Доцільно також акцентувати увагу на те, що на відміну від класичних геофізичних, використовуваних прямопошукові частотно-резонансні методи надають можливість у кожному конкретному випадку наповнювати розріз присутніми в ньому комплексами осадових, метаморфічних і магматичних порід, а також визначати в першому наближенні (і уточнювати на етапах деталізації) глибини інтервалів розрізу, перспективних на виявлення горючих і рудних корисних копалин, під час проведення вимірювань (реєстрації сигналів) розробленими апаратурно-вимірювальними пристроями (тобто без додаткових етапів моделювання та геологічної інтерпретації результатів інструментальних вимірювань).

**Про тестування свердловини Hoarty NE3 на приплив водню у 2023 р.** Наступна інформація заслуговує на увагу.

Проведені компанією НуТерра [10] дослідження на свердловині Hoarty NE3 в Женеві (штат Небраска, США) з тестування перспективних інтервалів на водень не завершилися публікацією інформації про виявлення скупчень водню в промислових обсягах. Скоріш за все НуТерра не буде продовжувати подальші роботи на свердловині.

До цього додамо, що у 2019 р. проведено частотно-резонансну обробку фотографії з ділянки буріння свердловини. За результатами частотно-резонансної обробки фрагмента фотографії (прямокутний контур на рис. 1) зроблено висновок, що скупчень водню в промислових обсягах у пробуреній свердловині виявлено не буде. Район буріння є перспективним для пошуків покладів вуглеводнів. Результати обробки оприлюднено в 2019 році [9]. Тепер можна констатувати, що ці результати підтверджені бурінням. Також бажано звернути увагу на часовий проміжок: 2019 – 2023 роки!

Через відсутність офіційної інформації про результати випробувань свердловини Hoarty NE3 у березні 2024 р. проведено додаткову обробку кількох фотознімків з ділянки її розташування. Основна мета додаткових експериментальних робіт – підтвердити висновки, сформульовані у 2019 році про відсутність скупчень водню в промислових обсягах на ділянці буріння.

**Результати обробки фотографій з ділянки випробування свердловин.** На самому початку зазначимо наступне. Наведена на рис. 1 фотографія з ділянки буріння була передана авторам експериментів у 2019 р. академіком НАН України В.М. Шестоपालовим, автором публікацій по проблемах пошуків природного водню та водневої дегазації Землі ([11] в тому числі).



**Рис. 1. Фотозображення ділянки буріння свердловини в штаті Небраска (США)**



**Рис. 2. Постійно палаючий газ просочується в Chimaera, Туреччина**

Під час експериментів були використані фотографії ділянки з газовими факелами (рис. 3 і 4) і фотографії зразків водню, жовтого фосфору, метаноокислюючих бактерій, метану (рис. 5), а також ділянки просочування газу з воднем в Chimaera (Туреччина) (рис. 2),

на якій газ горить понад 2500 років. Зазначимо також, що на ділянці випробування свердловин проведено обмежену кількість інструментальних вимірювань.

Під час частотно-резонансної обробки фотозображень на рис. 3 разом із фотографіями фосфору (рис. 5б), метаноокислюючих бактерій (рис. 5в) та метану (рис. 5г) окремо реєструвалися спільні сигнали. А при обробці фотозображень на рис. 3 разом із фотографією на рис. 2 спільні сигнали не реєструвалися протягом 60 с інструментальних вимірювань.

Під час частотно-резонансної обробки фотозображень на рис. 4 разом із фотографіями фосфору (рис. 5б) і метану (рис. 5г) окремо також реєструвалися спільні сигнали. А в процесі обробки фотографічних зображень на рис. 4 разом із фотографією на рис. 2 спільні сигнали знову не реєструвалися протягом 60 с інструментальних вимірювань.

Спільні сигнали були зареєстровані під час обробки фотографії на рис. 2 разом із фотографією зразка водню (рис. 5а).

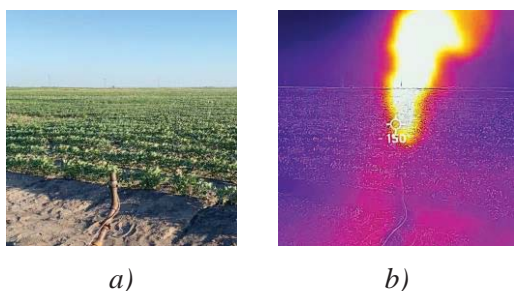


Рис. 3. Фотозображення А прозорого полум'я при денному освітленні (а) та полум'я в інфрачервоній камері (б) [10]

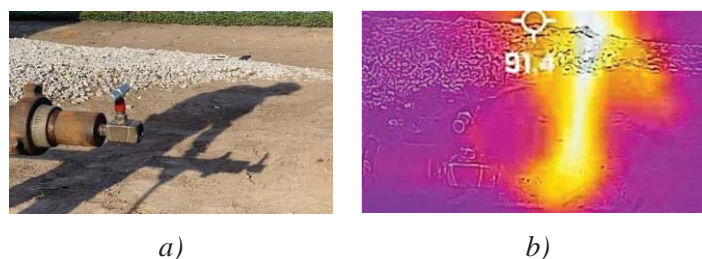


Рис. 4. Фотозображення Б прозорого полум'я при денному освітленні (а) та полум'я в інфрачервоній камері (б) [10]

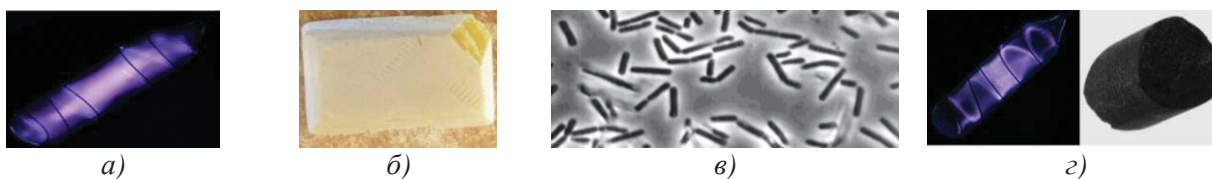


Рис. 5. Фотографії зразків водню (а), жовтого фосфору (б), метаноокислюючих бактерій (в), метану (г), частотні спектри яких використовували під час інструментальних вимірювань

**Основні результати.** Оперативно проведені експериментальні дослідження на ділянці зі свердловиною Noarty NE3 з виконанням невеликої кількості інструментальних вимірювань в цілому підтверджують сформульовані у 2019 році висновки – вірогідність виявлення скупчень (покладів) природного водню в промислових обсягах на ділянці буріння близька до нуля! У прискореному режимі інструментальних вимірювань відгуки на частотах водню в газовому полум'ї не реєструвалися.

На локальній і великій ділянках з газовим полум'ям реєструвалися сигнали на частотах метану і фосфору (жовтий), що свідчить про наявність покладів нафти і газу в розрізі в межах ділянки зі свердловиною. Додатковим доказом на користь цього можна вважати факт реєстрації відгуків на частотах метаноокислюючих бактерій на більшій території з газовим полум'ям.

**Короткі коментарі та висновок.** Результати експериментальних досліджень ще раз продемонстрували ефективність та інформативність супер-мобільної прямопошукової технології частотно-резонансної обробки та декодування супутникових і фотознімків, а також доцільність її використання в комплексі з традиційними геофізичними методами при проведенні пошукових геологорозвідувальних робіт на нафту, газ, природний водень, рудні корисні копалини і воду.

Під час інструментальних вимірювань за фотографіями з факелами полум'я сигнали на водневих частотах не реєструвалися протягом 60 с. Збільшивши час вимірювання, можна зафіксувати відгуки на частотах водню. Однак затримка в фіксації відгуків від різних

речовин (в даному випадку водню) пов'язана з малим вмістом шуканої речовини в розрізі ділянки (в палаючому факелі в тому числі). Це ще один доказ того, що в районі розташування свердловини поклади природного водню в промислових обсягах відсутні!

Інструментальні вимірювання також підтвердили перспективи виявлення покладів нафти і газу в районі розміщення свердловини – зафіксовано відгуки на частотах метану. Про це також свідчать факти реєстрації відгуків на частотах метаноокислюючих бактерій при обробці фотознімка більшої площі. Беручи до уваги те, що метаноокислюючі бактерії створюють свої колонії у верхніх горизонтах розрізу, в зонах міграції газу (метану) в атмосферу, можна також стверджувати, що процес міграції метану в атмосферу в межах території досліджень триває. Факти міграції можуть бути підтверджені проведенням додаткових процедур інструментальних вимірювань.

В межах ліцензійної ділянки зі свердловиною з використанням мобільних прямопошукових методів доцільно оперативно провести детальні пошукові роботи з метою оцінки перспектив буріння свердловин для видобутку нафти і газу. А якщо в розрізі ділянки будуть закартовані нафтогазоносні пласти значної потужності, то ліцензійна ділянка може бути запропонована нафтогазовим компаніям для організації видобутку нафти і газу.

В цілому є підстави стверджувати, що буріння свердловини Hoarty NE3 на розвідувальній площі (компанією Natural Hydrogen Energy LLC [12]) та її випробування (компанією НуТerra [10]) підтвердили припущення академіка В.М. Шестопалова про низьку вірогідність виявлення скупчень природного водню в промислових (комерційних) обсягах на ділянках абіогенного синтезу вуглеводнів [11]. Це припущення також підтверджується результатами численних інструментальних вимірювань з використанням прямопошукових методів [2-8]. І завершений проект буріння слід вважати важливою віхою в розвитку, налагодженні та вдосконаленні процесу геолого-геофізичних досліджень на природний водень.

Важливе значення для подальшого вдосконалення процесу пошуків природного водню можуть мати проекти буріння свердловин в межах розташування базальтових вулканічних комплексів. За допомогою прямопошукових методів в контурах таких структур інтенсивні сигнали на водневих частотах фіксуються майже повсюдно (в тому числі і на невеликих глибинах у відкладах, що перекривають базальти). І якщо в кількох свердловинах будуть виявлені скупчення водню в промислових обсягах, процеси пошуку та видобутку природного водню істотно інтенсифікуються.

На завершення ще раз зазначимо, що для попередньої оцінки перспектив нафтогазоносності малорозвіданих і нерозвіданих геологорозвідувальних блоків і локальних ділянок в різних регіонах доцільно використовувати прямопошукову технологію в цілому, а також її окремі методи. Застосування даної технології може дати значний ефект при пошуках промислових скупчень вуглеводнів в нетрадиційних колекторах (зокрема в зонах поширення сланців, вугленосних пластів, кристалічних порід). Своєчасне проведення додаткових досліджень прямопошуковими методами на локальних ділянках з пошуковими і розвідувальними свердловинами сприятиме підвищенню успішності буріння (збільшенню кількості свердловин з промисловими припливами вуглеводнів). Закладка свердловин на ділянках, де розташовані канали вертикальної міграції флюїдів, може призвести до збільшення припливів вуглеводнів. Мобільні технології також можна успішно використовувати під час розвідки маловивчених ділянок і блоків у межах відомих родовищ нафти і газу.

#### **Список використаних джерел:**

1. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоинформатика. 2019. № 1. С. 5-27.

2. Якимчук М.А., Корчагін І.М. Нові свідчення на користь абіогенного генезису вуглеводнів за результатами апробації прямопошукових методів в різних регіонах світу. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2020. № 9. С. 55—62. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.09.055>
3. Якимчук М.А., Корчагін І.М. Результати застосування прямопошукових геофізичних методів для виявлення і локалізації зон скупчення та міграції водню в розрізах Землі і Місяця. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2021. № 1. С. 65—76. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2021.01.065>
4. Якимчук М.А., Корчагін І.М. Результати рекогносцирувального обстеження великих зон водневої дегазації в різних регіонах земної кулі. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2022. № 1. С. 79—91. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.01.079>
5. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Апробация прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков на известных месторождениях углеводородов в различных регионах. Геоинформатика. 2020. № 2. С. 3-38.
6. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Особенности глубинного строения крупных зон водородной дегазации в различных регионах земного шара по результатам частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков. Геоинформатика. 2021. № 1-2. С. 3-42.
7. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. О перспективах использования технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ при проведении профильных геоэлектрических и сейсмических исследований. Геоинформатика. 2021. № 3-4. С. 18-50.
8. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоинформатика. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. Геоинформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоинформатика. 2020. № 1. С. 19-41, Часть IV. Геоинформатика. 2020. № 3. С. 29-62, Часть V. Геоинформатика. 2021. № 3-4. С. 51-88.
9. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N. Application of technology of frequency-resonant processing of satellite images and photographs on area of hydrogen production and hydrogen degasation of the Earth. Conference Proceedings, 18th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, May 2019, Volume 2019, p.1-5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902022>  
<https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.201902022>
10. HyTerra (ASX:HYT) <https://hyterra.com/>
11. Шестопалов В.М. О геологическом водороде. Геофизический журнал, 2020. 42(6), 3-35. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i6.2020>.
12. Natural Hydrogen Energy LLC. <https://www.nh2e.com/>



## ОСОБЛИВОСТІ ГЛИБИННОЇ БУДОВИ ЛОКАЛЬНИХ ДІЛЯНОК НА ШЕЛЬФІ АВСТРАЛІЇ ТА АНТАРКТИКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ

*Якимчук М.А.<sup>1</sup>, д. ф.-м. н., проф., yakymchuk@gmail.com;*

*Соловійов В.Д.<sup>2</sup>, к. геол.-мін. н., solvalera@ukr.net;*

*Корчагін І.М.<sup>2</sup>, д. ф.-м. н., проф., korchagin.i.n@gmail.com;*

*1 – Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ, Україна;*

*2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна*

Наведено результати рекогносцирувального обстеження локальних ділянок на шельфі Австралії та Антарктики. Експериментальні дослідження оперативно проведені з використанням мобільної прямопошукової технології частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків. В процесі проведення інструментальних вимірювань на 5-ох локальних ділянках зафіксовано відгуки на частотах водню, червоного фосфору і водневих бактерій та встановлено факти міграції водню і фосфору в атмосферу. На 4-ох ділянках водень зареєстровано в базальтових вулканах з коренями на глибинах 99 км, 470 км, 723 км, 99 км, а на 5-ій – із нашльопки базальтів до глибини 4.3 км. Відгуки від ВВ та жовтого фосфору зафіксовані із нашльопок з карбонатами та 1-6-ою групами осадових порід. На одній ділянці зареєстровано сигнали на частотах газу і чорного фосфору із вулкана з коренем на глибині 470 км, заповненого 7-ою групою магматичних (ультрамафічних) порід. В цілому, результати проведених експериментальних досліджень свідчать на користь глибинного (абіогенного) синтезу нафти, конденсату і газу в процесі водневої дегазації Землі, міграції водню, газу (метану) і фосфору в атмосферу Землі та “вулканічної” моделі формування структурних елементів Землі і покладів вуглеводнів в вулканічних комплексах певного типу.

## FEATURES OF THE DEEP STRUCTURE OF LOCAL AREAS IN AUSTRALIA AND ANTARCTIC OFFSHORE ACCORDING TO RESULTS OF SATELLITE IMAGES FREQUENCY-RESONANCE PROCESSING

*Yakymchuk M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., yakymchuk@gmail.com;*

*Solovyov V.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.-Min.), solvalera@ukr.net;*

*Korchagin I.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., korchagin.i.n@gmail.com;*

*1 – Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv, Ukraine;*

*2 – Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine*

The results of the reconnaissance survey within local areas on the Australia and Antarctica offshore are given. Experimental studies were quickly carried out using the mobile-prospecting search technology of satellite images and photographs frequency-resonance processing. In the process of instrumental measurements conducting at 5 local sites, responses were recorded at the frequencies of hydrogen, red phosphorus, hydrogen bacteria, and the facts of the migration of hydrogen and phosphorus into the atmosphere were established. At 4 sites, hydrogen was recorded in basalt volcanoes with roots at depths of 99 km, 470 km, 723 km, 99 km, and at the 5th site – from the basalt layer to a depth of 4.3 km. Responses from hydrocarbons and yellow phosphorus were recorded from carbonate rocks and the 1st-6th groups of sedimentary rocks. In one area, signals were registered at the frequencies of gas and black phosphorus from a volcano with a root at a depth of 470 km, filled with the 7th group of igneous (ultramafic) rocks. In general, the results of the conducted experimental studies testify in favor of the deep (abiogenic) synthesis of oil, condensate and gas in the process of hydrogen degassing of the Earth, the migration of hydrogen, gas (methane) and phosphorus into the Earth's atmosphere and the "volcanic" model of the formation of the Earth's structural elements and hydrocarbon deposits in volcanic complexes of a certain type.

**Вступ.** Мобільна прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків і фотознімків, що розробляється [1], надає можливість в стислі терміни проводити в лабораторних умовах обстеження локальних ділянок і крупних блоків у будь-якій точці (районі) земної кулі, а також на планетах та супутниках Сонячної системи. У 2019-2022 роках мобільні методи проходили апробацію на ділянках пошукових робіт на вуглеводні та рудні корисні копалини, буріння свердловин на суші та шельфі, вивчення глибинної будови структурних елементів Землі [1, 2]. У даному повідомленні представлені результати рекогносцирувального обстеження 8-ми локальних (невеликих) ділянок на шельфі Австралії та Антарктики.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження рекогносцирувального та детального характеру проводяться з використанням мало-витратної прямопошукової

технології, що включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків та фотознімків, вертикального електрорезонансного зондування (сканування) розрізу та методики інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності (рудноносності) крупних пошукових блоків та локальних ділянок [1]. Окремі компоненти мобільної технології розроблені на принципах «речовинної» парадигми геофізичних досліджень, сутність якої полягає в пошуку конкретної (шуканої в кожному окремому випадку) речовини. В основі розроблених методів лежать виявлені Ніколою Тесла в 1899 р. стоячі електричні хвилі в глибинних горизонтах Землі. В модифікованих версіях методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків, а також вертикального зондування (сканування) розрізу використовуються існуючі бази (набори, колекції) осадових, метаморфічних та магматичних порід (<https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/sprav/petro/petro-mobil.pdf>), мінералів та хімічних елементів. Особливості та потенційні можливості використаних методів, а також методика проведення вимірювань описані детальніше в [1, 2].

Зазначимо також, що на відміну від класичних геофізичних, прямопошукові частотно-резонансні методи, що використовуються, надають можливість у кожному конкретному випадку наповнювати розріз на ділянках досліджень присутніми в ньому комплексами осадових, метаморфічних і магматичних порід, а також визначати в першому наближенні (та уточнювати на етапах деталізації) інтервали розрізу, перспективні на виявлення горючих і рудних корисних копалин, відразу, в процесі проведення вимірювань (реєстрації сигналів) розробленими апаратурно-вимірювальними пристроями (тобто. без додаткових етапів моделювання та геологічної інтерпретації результатів інструментальних вимірювань). Нижче, а також в інших опублікованих матеріалах акцентується увага в основному на подання результатів інструментальних вимірювань.

У процесі виконання експериментальних досліджень рекогносцирувального або детального характеру (проведення інструментальних вимірювань) в межах блоків і ділянок обстеження використовується наступна послідовність процедур (графів) обробки окремого супутникового знімка (або його локального фрагмента).

1. Процедура фіксації відгуків (сигналів) з поверхні на частотах наступного набору речовин: нафта, конденсат, газ, бурштин, метаноокислюючі бактерії, горючі сланці, газогідрати, лід, вугілля, антрацит, водень, жива (глибинна) вода, мертва вода, алмази, калійно-магнієва сіль, натрій-хлориста сіль.

2. Процедура реєстрації відгуків від груп осадових, метаморфічних і магматичних порід, що складають розріз.

3. Процедура визначення наявності в районі обстеження глибинних каналів (вулканів), заповнених різними групами порід; оцінка глибин залягання коренів вулканів.

5. Процедура для визначення груп порід (або окремих зразків з груп), з яких фіксуються сигнали на частотах нафти, конденсату, газу та води (глибинної, живої).

6. Процедура реєстрації сигналів від нафти, конденсату, газу і фосфору на поверхні (глибині) 57 км - межі синтезу вуглеводнів і бурштину в глибинних каналах (вулканах), заповнених певними групами порід.

7. Граф реєстрації сигналів від води (глибинної, живої) на поверхнях 11, 46, 57, 68, 69 км - прогнозовані межі синтезу води в вулканах певного типу.

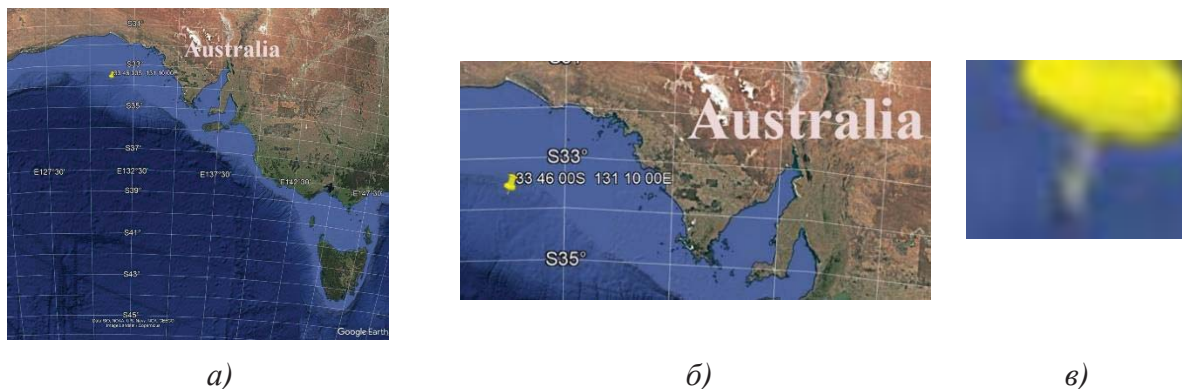
8. Процедура сканування розрізу з різними кроками від поверхні до 15 км для визначення інтервалів глибин, в межах яких реєструються відгуки на резонансних частотах нафти, конденсату та газу. Уточнення глибин залягання найбільш перспективних на вуглеводні інтервалів розрізу при додатковому скануванні з дрібнішим кроком.

9. Граф оцінки глибини верхньої межі (краю) базальтів, а також глибин початку фіксації відгуків на резонансних частотах водню та живої (цілющої) води з базальтів. Здійснюється у разі фіксації на площі обстеження відгуків від 6-ої групи магматичних порід (базальтів).

10. Процедура визначення глибин залягання верхньої кромки кімберлітів, а також інтервалу глибин, в межах якого реєструються відгуки на частотах алмазів. Реалізується при встановленні наявності сигналів від 11-ої групи магматичних порід (кімберлітів) на території обстеження.

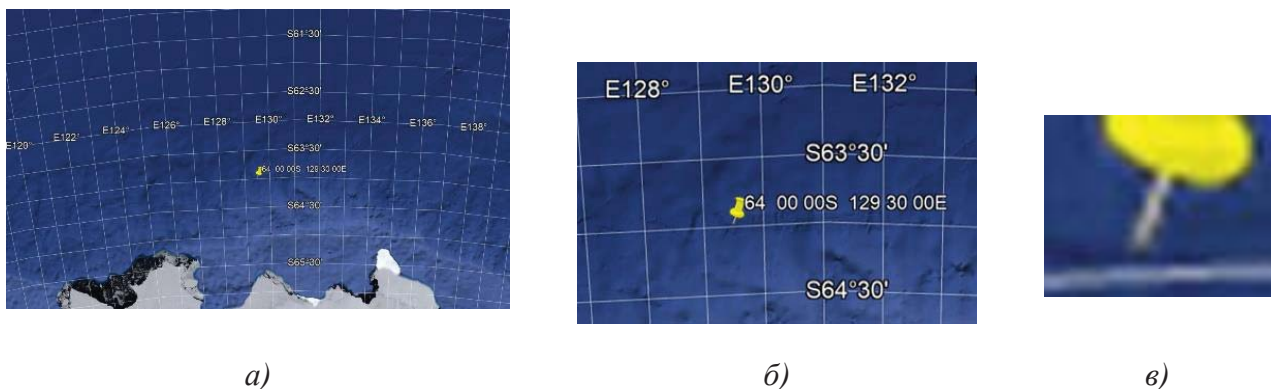
**Результати експериментальних досліджень.** На супутникових знімках (рис. 1-8) показано положення локальних ділянок обстеження на шельфі Австралії та в Антарктичному регіоні. В процесі проведення експериментальних робіт проводилась частотно-резонансна обробка невеликих фрагментів знімків на рис. 1в-8в.

*Локальна ділянка 1:  $33^{\circ}46'00''S; 131^{\circ}10'00''E$  (рис. 1).* В процесі обробки фрагмента знімка (рис. 1в) з поверхні зафіксовані сигнали на частотах (спектрах частот) водню, червоного фосфору і водневих бактерій та встановлено факт міграції водню і червоного фосфору в атмосферу. При сканування розрізу до глибини 99 км фіксувались відгуки на частотах 6-ої групи магматичних порід (базальтовий вулкан), а із інтервалу 99-470 км отримано відгуки від 8-ої групи осадових порід (доломіти). На поверхні 470 км із нижньої частини розрізу отримано сигнали від гранітів (старих) – 1-а група магматичних порід.



**Рис. 1. Супутникові знімки з локальною ділянкою обстеження 1**

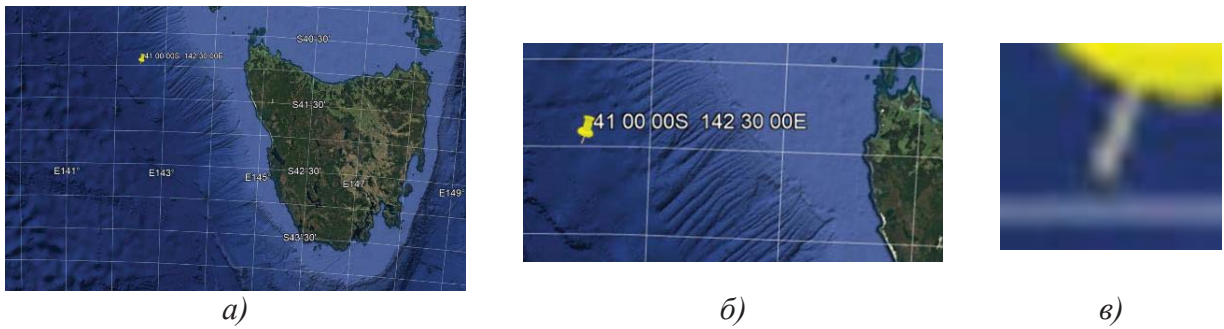
*Локальна ділянка 2:  $64^{\circ}00'00''S; 129^{\circ}00'00''E$  (рис. 2).* В процесі обробки фрагмента знімка (рис. 2в) зафіксовані сигнали на частотах водню, червоного фосфору та водневих бактерій і встановлено факт міграції водню і червоного фосфору в атмосферу. При сканування розрізу до глибини 470 км фіксувались відгуки на частотах базальтів (базальтовий вулкан), а на поверхні 470 км із нижньої частини розрізу отримано сигнали від гранітів (старих).



**Рис. 2. Супутникові знімки з локальною ділянкою обстеження 2**

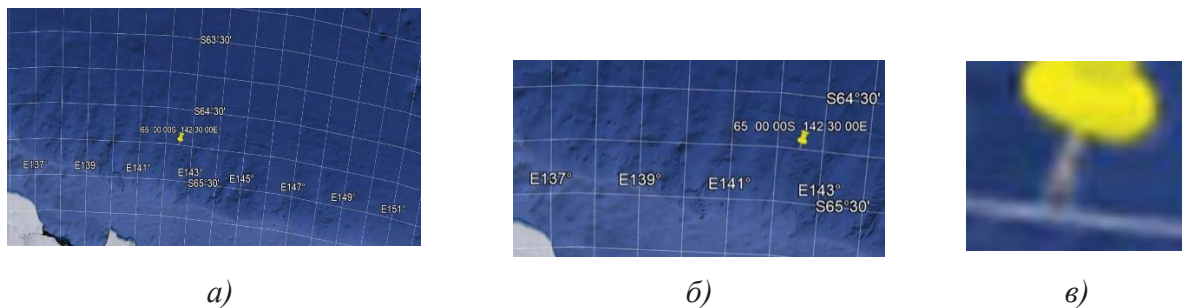
*Локальна ділянка 3:  $41^{\circ}00'00''S; 142^{\circ}30'00''E$  (рис. 3).* Під час обробки фрагмента знімка (рис. 3в) зафіксовані сигнали на частотах (спектрі частот) вуглеводнів і жовтого фосфору та встановлено факт міграції газу і жовтого фосфору в атмосферу. До глибини 4.5 км фіксувались відгуки від 7-ої групи осадових (карбонатних) порід (нашльопка), а із інтервалу 4.5-57-470 км – 10-ої групи осадових (кременистих) порід (вулкан).





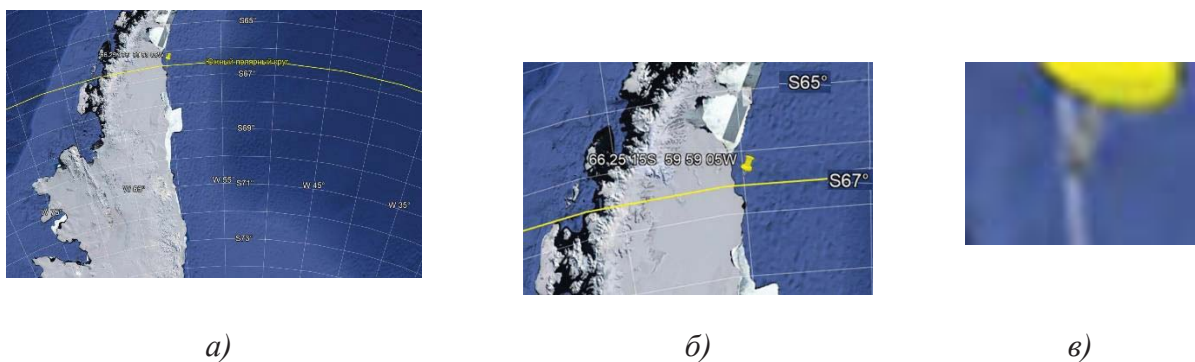
**Рис. 3. Супутникові знімки з локальною ділянкою обстеження 3**

Локальна ділянка 4:  $65^{\circ}00'00''S; 142^{\circ}30'00''E$  (рис. 4). В процесі обробки фрагмента знімка (рис. 4в) зафіксовані сигнали на частотах (спектрі частот) вуглеводнів, жовтого фосфору, бурштину, вуглекислого газу та встановлено факт міграції газу і жовтого фосфору в атмосферу. До глибини 6.0 км фіксувались відгуки від 1-6-ої груп осадових порід (нашльопка), із інтервалу 6-99 км – 8-ої групи осадових порід (доломіти), а на глибинах 99-470 км – 7-ої групи магматичних (ультрамафічних) порід. На поверхні 470 км із нижньої частини розрізу отримано сигнали від гранітів (старих).



**Рис. 4. Супутникові знімки з локальною ділянкою обстеження 4**

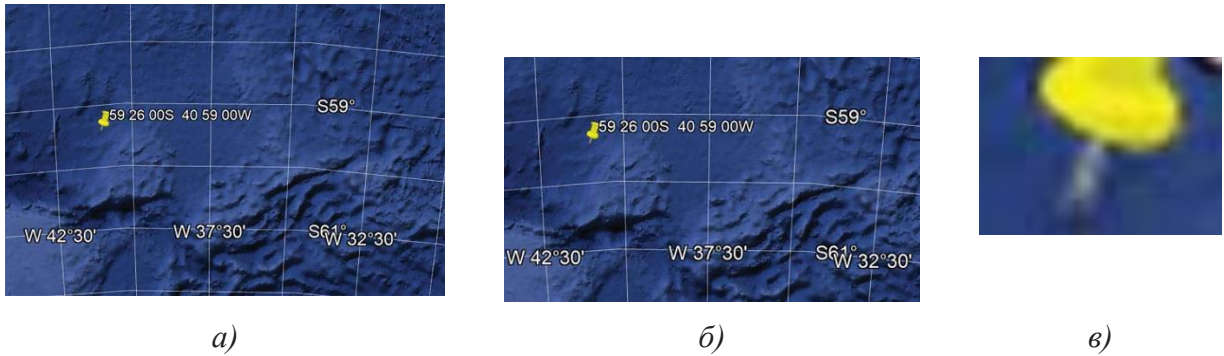
Локальна ділянка 5:  $66^{\circ}25'15''S; 59^{\circ}59'05''W$  (рис. 5). В процесі обробки фрагмента знімка (рис. 5в) зафіксовані сигнали на частотах водню, червоного фосфору і водневих бактерій та встановлено факт міграції водню і червоного фосфору в атмосферу. При сканування розрізу до глибини 4.3 км фіксувались відгуки на частотах 6-ої групи магматичних порід (нашльопка базальтів), а із інтервалу 4.3-723 км отримано відгуки від 10-ої групи осадових (кременистих) порід.



**Рис. 5. Супутникові знімки з локальною ділянкою обстеження 5**

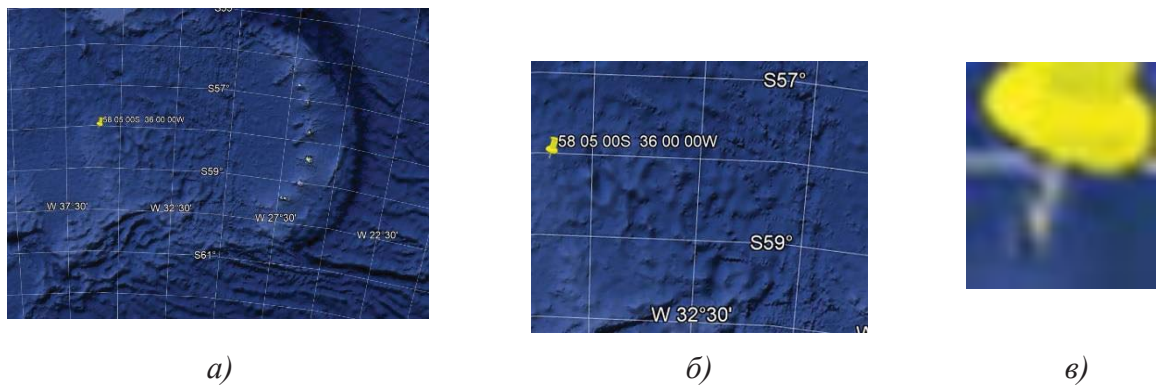
Локальна ділянка 6:  $59^{\circ}26'00''S; 40^{\circ}59'00''W$  (рис. 6). В процесі обробки фрагмента знімка (рис. 6в) зафіксовані сигнали на частотах водню, червоного фосфору і водневих бактерій та встановлено факт міграції водню і червоного фосфору в атмосферу. При сканування розрізу до глибини 723 км фіксувались відгуки на частотах 6-ої групи магматичних порід (базальтовий вулкан).





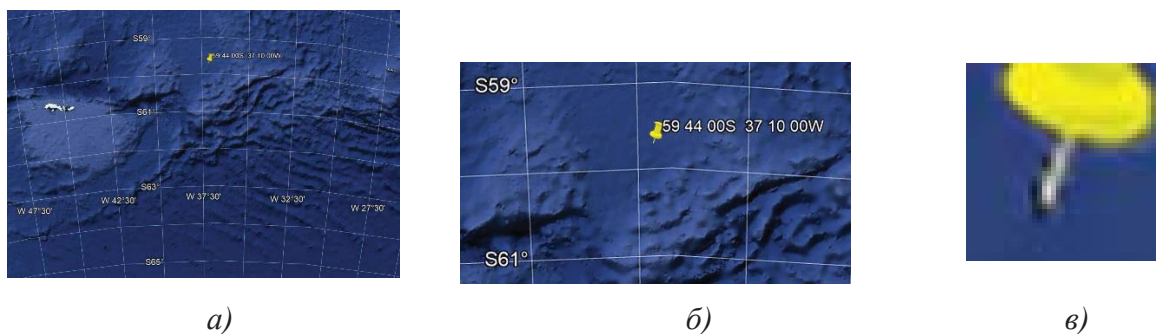
**Рис. 6. Супутникові знімки з локальною ділянкою обстеження 6**

Локальна ділянка 7:  $58^{\circ}05'00''S; 36^{\circ}00'00''W$  (рис. 7). В процесі обробки фрагмента знімка (рис. 7в) зафіксовані сигнали на частотах газу і чорного фосфору та встановлено факт міграції газу і чорного фосфору в атмосферу. При сканування розрізу до глибини 470 км фіксувались відгуки на частотах 7-ої групи магматичних (ультрамафічних) порід (вулкан). На поверхні 470 км із нижньої частини розрізу отримано сигнали від гранітів (старих).



**Рис. 7. Супутникові знімки з локальною ділянкою обстеження 7**

Локальна ділянка 8:  $59^{\circ}44'00''S; 37^{\circ}10'00''W$  (рис. 8). В процесі обробки фрагмента знімка (рис. 8в) зафіксовані сигнали на частотах водню, червоного фосфору і водневих бактерій та встановлено факт міграції водню і червоного фосфору в атмосферу. При сканування розрізу до глибини 99 км фіксувались відгуки на частотах 6-ої групи магматичних порід (базальтовий вулкан), а із інтервалу 99-723 км отримано відгуки від 9-ої групи осадових порід (мергелі).



**Рис. 8. Супутникові знімки з локальною ділянкою обстеження 8**

**Короткі коментарі.** В результаті оперативно проведених експериментальних досліджень отримано додаткові факти (докази) на користь глибинного (абіогенного) походження нафти, конденсату і газу в процесі водневої дегазації Землі, міграції водню, газу (метану) і фосфору в атмосферу Землі та “вулканічної” моделі формування структурних елементів Землі та покладів вуглеводнів.

Інструментальними вимірюваннями на двох ділянках зафіксовано міграцію в атмосферу газу та жовтого фосфору. Це може свідчити про активність вулканічних структур і синтез вуглеводнів в них в теперішній час.

У зв'язку з вищевикладеним, а також з урахуванням результатів попередніх обстежень районів міграції газу в атмосферу [3-4], можна констатувати, що в діючих вулканічних комплексах синтез вуглеводнів та інших газів в даний час здійснюється регулярно, а, отже, і їх міграція в атмосферу.

Представлені вище матеріали інструментальних вимірювань додатково свідчать користь наступного.

1. На площах та ділянках розташування базальтових вулканів із коренями на різних глибинах практично завжди реєструються з поверхні сигнали на частотах водню, живої води, фосфору (червоного). Досить часто фіксуються також відгуки від водневих бактерій, які створюють свої колонії в приповерхневій частині розрізу на ділянках міграції водню в атмосферу. Водневі бактерії не виробляють водень, а використовують його для підтримки життєздатності своїх популяцій.

2. Відгуки на частотах водню фіксуються при скануванні розрізу з великим кроком від верхніх кромок базальтових вулканів до їх коренів. Ця особливість дозволяє висловити припущення, що базальтові вулкани є свого роду каналами, якими здійснюється активна міграція водню у верхні горизонти розрізу і далі в атмосферу.

3. Сформовані поряд з базальтовими вулканами, а також над базальтами поклади водню в колекторах різного типу можуть бути оперативно виявлені та локалізовані під час проведення площинних пошукових робіт з використанням прямопошукових методів (технології частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків, у тому числі).

**Висновки.** Представлені в тезах, а також опубліковані в [1-4] матеріали експериментальних досліджень рекогносцирувального характеру наочно демонструють працездатність, інформативність і оперативність прямопошукових методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотознімків при інтегральній оцінці перспектив виявлення скупчень водню на площах обстеження, а також у інтервалах розрізу локальних ділянок. Результати експериментальних робіт у різних регіонах земної кулі свідчать про доцільність застосування прямопошукових методів частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків та фотознімків для виявлення та локалізації зон скупчення водню в районах розташування базальтових вулканів, а також на ділянках водневої дегазації. Застосування супер-оперативної та мало-витратної прямопошукової технології дозволить істотно прискорити геологорозвідувальний процес на природний водень, а також знизити фінансові витрати на його проведення.

#### **Список використаних джерел:**

1. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. [2019] Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты // Геоинформатика. № 1. С. 5-27.

2. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. [2019] Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоинформатика. № 3. С. 29-51. Часть II. Геоинформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоинформатика. 2020. № 1. С. 19-41, Часть IV. Геоинформатика. 2020. № 3. С. 29-62, Часть V. Геоинформатика. 2021. № 3-4. С. 51-88.

3. Mykola Yakymchuk, Ignat Korchagin, Sergiy Levashov, Valery Solovyov. Volcanism and degassing processes in the structures of the Earth's polar regions (review based on the results of frequency-resonance studies). Dodo Books Indian Ocean Ltd. And OmniScriptum S.R.L Publishing group. 2022. 276 p. (in Ukrainian). ISBN: 978-620-0-63606-5 <https://morebooks.de/shop-ui/shop/search?q=978-620-0-63606-5&page=1>

4. Valery Soloviev, Nikolay Yakymchuk, Ignat Korchagin. Pockmarks, seep sources, and degassing processes in the polar region structures. New Concepts in Global Tectonics Journal. Volume 11, Number 1, March 2023. P. 35-47 ISSN 2202-0039. <http://www.ncgtjournal.com/journals.html>

## НОВА ПАРАДИГМА КАРТУВАННЯ КОМЕРЦІЙНИХ ПОКЛАДІВ СОЛІ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ ТА ВИДОБУТКУ СОЛІ

*Петровський О.П., д. фіз.-мат. н., професор, oleksandr.petrovskyy@deproil.com,*

*Петровська Т.О., к. фіз.-мат. н., tetyana.fedchenko@gmail.com,*

*Штурмак І.Т., к. геол.-мін. н., iruna.shturmak@gmail.com,*

*Ціховська О.М., kasyanas@gmail.com,*

*НТК «ДЕПРОІЛ ЛТД.», м. Івано-Франківськ, Україна*

Україна взяла на себе зобов'язання щодо підтримки курсу на кліматичну нейтральності енергетичної сфери. Один із шляхів досягнення цієї мети полягає у відмові від використання викопного палива і заміна його на водень. При переході промисловості на водень виникає питання його накопичення і зберігання у великих об'ємах. Проведені дослідження вказують, що найкращим способом є зберігання водню у соляних формаціях. Для того, щоби подібні проекти стали економічно привабливими, необхідно мати можливість до їх початку розуміти особливості будови і якість соленосних відкладів. Щоб вирішити цю проблему, пропонується нова парадигма картування комерційних покладів солі, для якої наданий детальний покроковий алгоритм підготовки нових комерційних покладів.

## A NEW PARADIGM OF COMMERCIAL SALT DEPOSIT MAPPING FOR HYDROGEN STORAGE AND SALT PRODUCTION

*Petrovskyy O., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., oleksandr.petrovskyy@deproil.com,*

*Petrovska T., Cand. Sci. (Phys.-Math.), tetyana.fedchenko@gmail.com,*

*Sturmak I., Cand. Sci. (Geol.-Min.), iruna.shturmak@gmail.com,*

*Tsikhovska O.M., kasyanas@gmail.com,*

*STC "DEPROIL LTD", Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Ukraine has committed to supporting the transition towards climate neutrality in the energy sector. One of the methods to achieve this is by phasing out fossil fuels and replacing them with hydrogen. However, the industry will face the challenge of storing hydrogen in large volumes. Research suggests that storing hydrogen in salt formations is the most effective approach. To make such projects economically viable, it's crucial to understand the structure and quality of saline deposits beforehand. To address this, a new method for mapping commercial salt deposits is proposed, along with a detailed step-by-step algorithm for new commercial deposits mapping.

**Вступ.** Паливно-енергетичні ресурси є основою сталого розвитку любой країни, в тому числі і України, як країни яка має власні запаси вуглеводнів та власний видобуток. Приймаючи до уваги, що використання викопного палива створює навантаження на оточуюче середовище, ще до початку повномасштабної війни Україна взяла на себе зобов'язання щодо підтримку курсу на кліматичну нейтральності енергетичної сфери [1], а саме, реалізації проектів у секторі відновлювальної енергетики, зменшення викидів парникових газів та поступової відмови від викопних видів палива. Тут можна виділити три напрямки дій, які допоможуть Україні реалізувати завдання по досягненню кліматичної нейтральності:

1. Перехід від вуглецевої до водневої енергетики –  $H_2$ .
2. Утилізація діоксиду вуглецю  $CO_2$ .
3. Використання відновлюваного джерела енергії – геотермальної енергії.

На шляху реалізації кожного із напрямків, є локальні завдання, які необхідно вирішити:

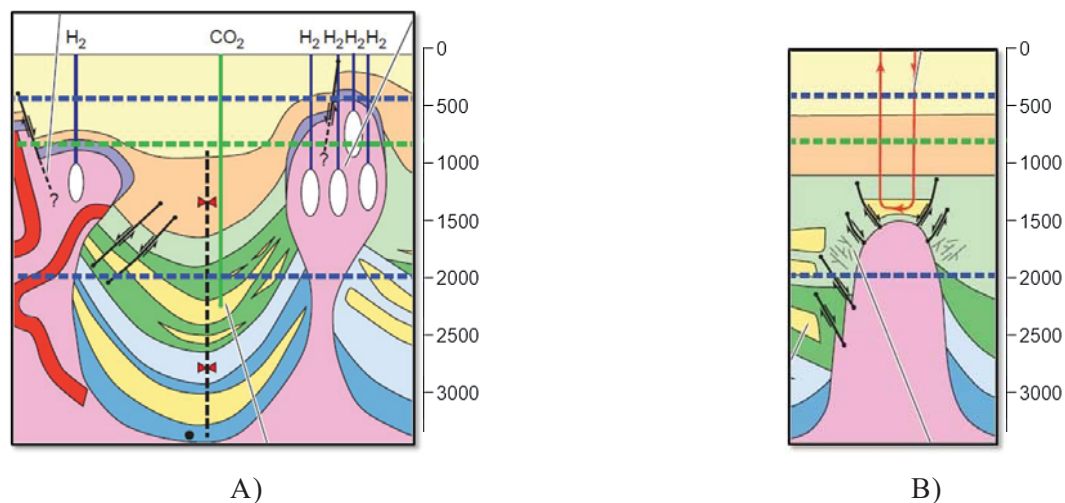
1. Де зберігати вироблений водень в період між виробництвом і використанням?
2. Де можна утилізувати значні об'єми діоксиду вуглецю без нанесення шкоди довкіллю?
3. Де найкращі геологічні умови для відбору поновлюваної теплової енергії?

У своїй роботі [2] група науковців із університету Техасу із Остіну у США Oliver B. Duffy дослідила геологічні чинники і показала, можливості використання соляних штоків Мексиканської затоки для вирішення цих питань, а саме (рис. 1):

1. Зберігати вироблений водень у підземних сховищах створених в штучних кавернах в центральній частині соляних штоків глибше 400 м від поверхні.



2. Закачувати діоксиду вуглецю в високопористі водонасичені колектори розташовані в глибоких частинах міжштокових мульд, глибше 800 м від поверхні.
3. Для відбору поновлюваної теплової енергії використовувати високопористі породи колектори, які залягають безпосередньо над куполом соляного штоку.



**Рис. 1. Схематичний геологічний розріз через купольну частину соляних штоків та міжштокову мульду осадових порід із нанесеними штучними кавернами (білий колір) для зберігання водню у чистій монолітній солі закачування діоксиду вуглецю і найглибші частини колекторів (жовтий колір) міжштокової мульди (зелена свердловина) А) та схематичний розріз через купол соляного штоку перекритий колектором (жовтий колір) та напрямок руху носія теплової енергій від денної поверхні до колектора і назад до денної поверхні (червоний колір) В)**

Ми маємо аналогічні соленокупальні структури в межах різних регіонів України (рис. 2) – центральної частини Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) у Передкарпатті та Закарпатті. Це дає нам можливість розглядати їх як засіб для реалізації завдань для кліматичної нейтральності енергетичної сфери України. Однак, для цього потрібно мати інструмент, який дозволяє надійно картувати форму соляних штоків і тіл, властивості міжштокових мульд та порід, які перекривають штоки, які не вийшли на денну поверхню, а також оконтурювати ділянки чистоти солі для створення в цих ділянках штучних герметичних каверн для підземного зберігання водню. Саме розгляду питання картування форми і властивостей соляних штоків та соляних тіл в межах яких можуть бути створені комерційно привабливі підземні сховища водню та які можуть бути стати комерційними покладами солі і присвячена дана доповідь.

**Методи, результати і новизна дослідження.** Розглянемо деякі визначення:

Комерційний поклад солі – замкнений об'єм соленосної породи, який має достатній вміст галіту, форму та об'єм для комерційно вигідного створення підземного сховища водню із одночасним видобутком солі.

Негативна аномальність густини породи комерційного покладу солі, яка обумовлена тим, що при виконанні наведених вище умов густина породи комерційно покладу завжди буде менша від густини вмичуючих порід, які характеризуються деякою граничною густиною. Негативна аномальність густини визначена тільки для порід комерційного покладу та розраховується, як різниця між граничною густиною вмичуючої породи та густиною породи комерційного покладу.

Контур комерційного покладу, це замкнена об'ємна фігура у 3D просторі, яка охоплює породи комерційного покладу із негативною аномальністю густини.

Гравітаційне поле, як єдине геофізичне поле, яке є чутливим до зміни густини породи, та гравіметричного методу, як єдиного, який дає можливість дистанційно вивчати зміни густини породи у 3D середовищі та в межах комерційних покладів вуглеводнів.

Гравітаційної аномалії, яку створюють негативні аномалії густини комерційних



покладів солі, які є більшими по амплітуді за похибку польових спостережень гравітаційного поля із використанням сучасних цифрових гравіметрів.



Рис. 2. Розташування соленосних басейнів та комерційні запаси хлориду натрію та калійної солі

Мінімальні комерційні запаси солі доступні для дистанційного картування гравітаційним методом, які обмежені похибкою польових спостережень гравітаційного поля.

Геологічно-змістовної 3D моделі густини породи, яка є відображенням просторового положення, форми і внутрішніх властивостей комерційних покладів солі та є результатом 3D-геогустинної інверсії гравітаційного поля разом із сейсмічними і свердловинними даними, яка кількісно відповідає даним поверхневої та регіональної геології, тектоніки, сейсморозвідки, геофізичних і промислових досліджень у свердловинах та спостереженому на денній поверхні, а при наявності і в свердловині, гравітаційному полю.

Послідовність кроків по застосуванню нової парадигму картування комерційних покладів солі для підготовки свердловин до глибокого буріння:

1. Автоматизоване просторове картування форми та параметрів комерційних покладів солі шляхом створення 3D моделі ліцензійної ділянки із горизонтальним розрешенням 100 x 100 м та вертикальним розрешенням до 1 м:

1.1. Геологічно змістовної 3D моделі реальної густини породи всієї ліцензійної ділянки від денної поверхні до утворень фундаменту.

1.2. 3D моделі вмісту солі в породі.

1.3. 3D моделі щільності запасів солі для всіх закартованих комерційних покладів. Щільність запасів солі це кількість комерційної солі, яка знаходяться в одиниці об'єму породи комерційного покладу, наприклад, тон солі на один кубічний метр породи.

1.4. 3D модель видобувних запасів вуглеводнів для всіх запропонованих свердловин. Видобувні запаси солі це кількість солі, які може бути видобута новою пробуреною свердловиною.

1.5. Вимірювання гравітаційного поля у центрах комірок майбутньої 3D моделі реальної густини породи, із кроком 100x100 м, та отримання високоточних гравіметричних і магнітометричних даних із використанням наявних у нас сучасних цифрових гравіметрів компанії Scintrex (Канада), цифрових квантових магнітометрів компанії Geometrics (США) та розроблених нами комп'ютерних програми оперативного контролю якості польових спостережень GravityDrift та обробки результатів польових вимірів – Observer.

1.6. Розрахунок значень реальної густини породи (рис. 3), як результат однозначного і стійкого розв'язку оберненої 3D задачі кількісної комплексної інтерпретації

гравіметричних, сейсмічних та свердловинних даних із використанням розробленої нами автоматизованої комп'ютерної системи кількісної комплексної інтерпретації геофізичних даних GCIS (Geophysical Complex Interpretation System). Автоматизована система GCIS базується на розроблених нами:

1.6.1. Математичній теорії «Критеріальний підхід до виразу апріорної інформації при розв'язуванні обернених задач геофізики» для коректного розв'язання некоректних обернених задач [12].

1.6.2. Чисельних методів, алгоритмів та комп'ютерних програмах розв'язку некоректної оберненої задачі кількісної комплексної інтерпретації гравіметричних, сейсмічних та свердловинних даних для реальних – геологічно-змістовних, складнопобудованих, багато-параметричних детальних 3D моделей геологічного розрізу із горизонтальним розрішенням 100 x 100 м та вертикальним до 1 м.

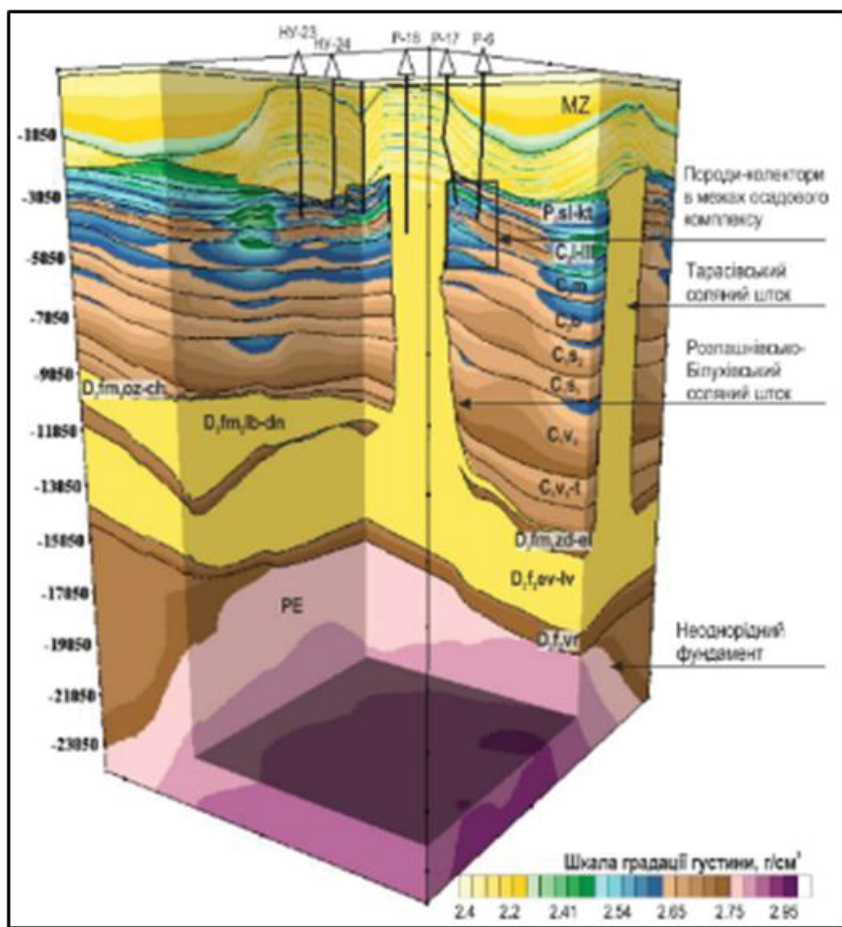


Рис. 3. 3D модель ділянки в центральній частині Дніпрово-Донецької западини із соляним штоком.

**Висновки.** Розроблена в Україні і, на протязі більше 20 років, запроваджена у практику пошуково-розвідувальних робіт нова парадигми дистанційного картування комерційних покладів вуглеводнів довільного морфології, походження та глибини дає можливість підвищити геологічний успіху створення детальних 3D моделей фактичної густини породи до 86%, в тому числі і картування соляних штоків та соляних тіл. Це є підтвердженням ефективності застосування цієї парадигми для картування комерційних покладів солі та створення в них комерційних підземних сховищ водню із одночасним комерційним видобутку солі.

**Подяка.** Автори висловлюють подяку керівникам компаній та їх геологічним службам, які сприяли впровадженню нової парадигми картування комерційних покладів вуглеводнів, що дало можливість розробити нову парадигму картування комерційних покладів солі.

### Список використаних джерел:

1. Гламаздін В.П., Мельник О. В., Тонкоголосюк В. М. Аналіз роботи паливно-енергетичного комплексу України в умовах військової агресії та визначення перспективних напрямів розвитку // Наука, технології, інновації. – 2023 р. - №2(26). С. 11-19.
2. Duffy, O., Hudc, M., Peel, F. ., Apps, G., Bump, A., Moscardelli, L., Dooley, T., Fernandez, N., Bhattacharya, S., Wisian, K., & Shuster, M. (2023). The Role of Salt Tectonics in the Energy Transition: An Overview and Future Challenges. *тектоника*, 1(1), 18–48. <https://doi.org/10.55575/tektonika2023.1.1.11> (Original work published February 20, 2023)
3. Паранько І. С. Географія мінеральних ресурсів України : монографія / Мирослав Сивий, Ігор Паранько, Євген Іванов. – Львів : Простір М, 2013. – 683 с.
4. Петровский А.П. Математическая модель интегральной интерпретации комплекса геолого–геофизических данных // Геофизический журнал. - 2005 г. - Т. 27. - С. 900-904.

## ГЕНЕРАЛЬНІ ПАРТНЕРИ



## ЗА ПІДТРИМКИ



## ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПАРТНЕР

NADRA  
i n f o



[conf.dkz.gov.ua](https://conf.dkz.gov.ua)

[conf@dkz.gov.ua](mailto:conf@dkz.gov.ua)