

DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2024.322359>

УДК (552.53:551.247.1):004.4

КОНЦЕПТУАЛЬНА ГЕОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ КАЛУШЬКОЇ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОЇ ГЕОСИСТЕМИ КАЛУШ-ГОЛИНСЬКОГО РОДОВИЩА. ЗАГАЛЬНА ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БУДОВИ НАДСОЛЬОВОЇ ТОВЩІ ДІЛЯНКИ «ПІЙЛО»

CONCEPTUAL GEOLOGICAL MODEL OF THE KALUSH MINING GEOSYSTEM OF THE KALUSH-GOLYNSKE DEPOSIT. «PIYLO» SITE GENERAL GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SUPRASALT STRATA

E-mail:

siumar@meta.ua

<https://orcid.org/0000-0001-5950-7576>

stadnichenkosm@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1038-6878>

**Н. П. Сюмар, С. М. Стадніченко
Nataliia P. Siumar, Svitlana M. Stadnichenko**

Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, 55-b O. Honchara Str.,
Kyiv, Ukraine, 01601

Ключові слова: калійні солі, Калуш-Голинське родовище, ділянка «Пійло», Самбірський покрив, балицька світа, концептуальна геологічна модель.

Keywords: potassium salts, Kalush-Golynske deposit, "Piyllo" site, Sambir cover, Balitskaya Siute, conceptual geological model.

В умовах воєнного стану та активних бойових дій в Україні постає проблематика власної сировинної бази калійно-магнієвих солей. Калуш-Голинське родовище калійної солі до недавнього часу було одним з найбільших в Україні. Проте починаючи з 2007 р. наявні запаси не розробляються у зв'язку із застарілою технологією видобування, значними водоприпливами та катастрофічною активізацією карстових процесів. З метою попереднього переоцінювання освоєння перспективних родовищ калійних солей, зокрема Калуш-Голинського, розроблено концептуальну геологічну модель калушської гірничопромислової геосистеми. У статті висвітлено результати аналізу даних геологорозвідувальних робіт, що супроводжували освоєння ресурсів калійної солі Калуш-Голинського родовища: зібрано, структуровано та оцифровано багаторівневу різномасштабну геологічну інформацію та створено ієрархічну базу даних, інтегровану в ГІС. Проаналізовано вплив тектоніки на поверхню, оскільки розломи є зонами фільтрації та міграції, а їх просторове розміщення зумовлює необхідність залишати непорушені цілики більшої товщини при підземній розробці родовища. Оцінено загальну сприятливість геологічних і гідрогеологічних умов щодо розробки калійних покладів ділянки «Пійло». На підставі аналізу підтверджено встановлену на ділянці попередніми дослідженнями слабку водопроникність надсольових порід, що перекривають продуктивну (калієносну) товщу і практичну відсутність гідравлічного зв'язку із вищезалягаючим водоносним горизонтом.

Given the martial law and active hostilities, Ukraine is facing the problem of securing its own raw mineral resources for potassium and magnesium salts. Until recently, the Kalush-Golynske potassium salt deposit was one of the largest in Ukraine. However, since 2007, the existing reserves have not been developed due to outdated mining technology, significant water inflows and karst processes catastrophic intensification. In order to carry out a preliminary reassessment of the development of promising potash deposits,

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

© Publisher Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2024. This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Цитування: Сюмар Н. П., Стадніченко С. М. Концептуальна геологічна модель калушської гірничопромислової геосистеми Калуш-Голинського родовища. Загальна геологічна характеристика будови надсольової товщі ділянки «Пійло». Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. 2024. Том 17, вип. 2. С. 127–140. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2024.322359>.

Citation: Siumar N. P., Stadnichenko S. M., 2024. Conceptual geological model of the Kalush mining geosystem of the Kalush-Golynske deposit. «Piyllo» site general geological characteristics of the suprasalt strata. Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine. Vol. 17. Iss. 2. Pp. 127–140. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2024.322359>.

in particular, Kalush-Golynske, a conceptual geological model of the Kalush mining geosystem was developed. In particular, the study highlights the results of analysis of geological exploration data that accompanied the development of potassium salt resources at the Kalush-Golynske deposit: multiple levels of multi-scale geological information were compiled, structured and digitized, and a hierarchical database integrated into GIS was created. Impact of tectonics on the surface was analyzed, since faults are zones of filtration and migration, and their spatial disposition determines the requirement to leave undisturbed larger pillars during underground development of the deposit. An assessment of the overall favourable geological and hydrogeological conditions for the development of potash deposits at the "Piyllo" site was carried out. Based on the analysis, the weak permeability of the suprasalt rocks overlying the productive (potassium-bearing) stratum and the practical absence of hydraulic connection with the overlying aquifer, which was established by previous studies, were confirmed.

ВСТУП

Україна володіє великими запасами калійно-магнієвих солей, основним споживачем якої є хімічна промисловість. На сьогодні Україна імпортує сировину, яку ще донедавна видобувала і частково експортувала, що сприяла валютному наповненню бюджету (калійні солі, сірка, германій та інші корисні копалини), хоча знаходиться на 3-му місці в Європі за запасами калійних солей (Шехунова, 2020). За даними J. K. Warren, у 2007 р. налічувалось 14 країн-виробників калійних добрив, зокрема Україна та Чилі, загальний світовий ресурс становить 254 млрд т (Warren,

2016). За сучасних умов рішенням Ради національної безпеки і оборони України калійні руди віднесено до стратегічної сировини, а визначення її запасів і перспектив освоєння є одним із пріоритетів розвитку економіки (Шехунова, 2023).

На цей час Державним балансом корисних копалин обліковано 14 родовищ калійних, калійно-магнієвих (Бориславське, Гірне, Доброгостицьке, Довголука, Домброво, Кадобна, Моршинське, Нинів, Пійло, Помярки, Стебницьке, Тростянецьке, Тура Велика, Улично) та 2 родовища магнієвих (бішофіт) солей (Новоподільське, Затуринське) (рис. 1). Розвідані запаси калійних солей на

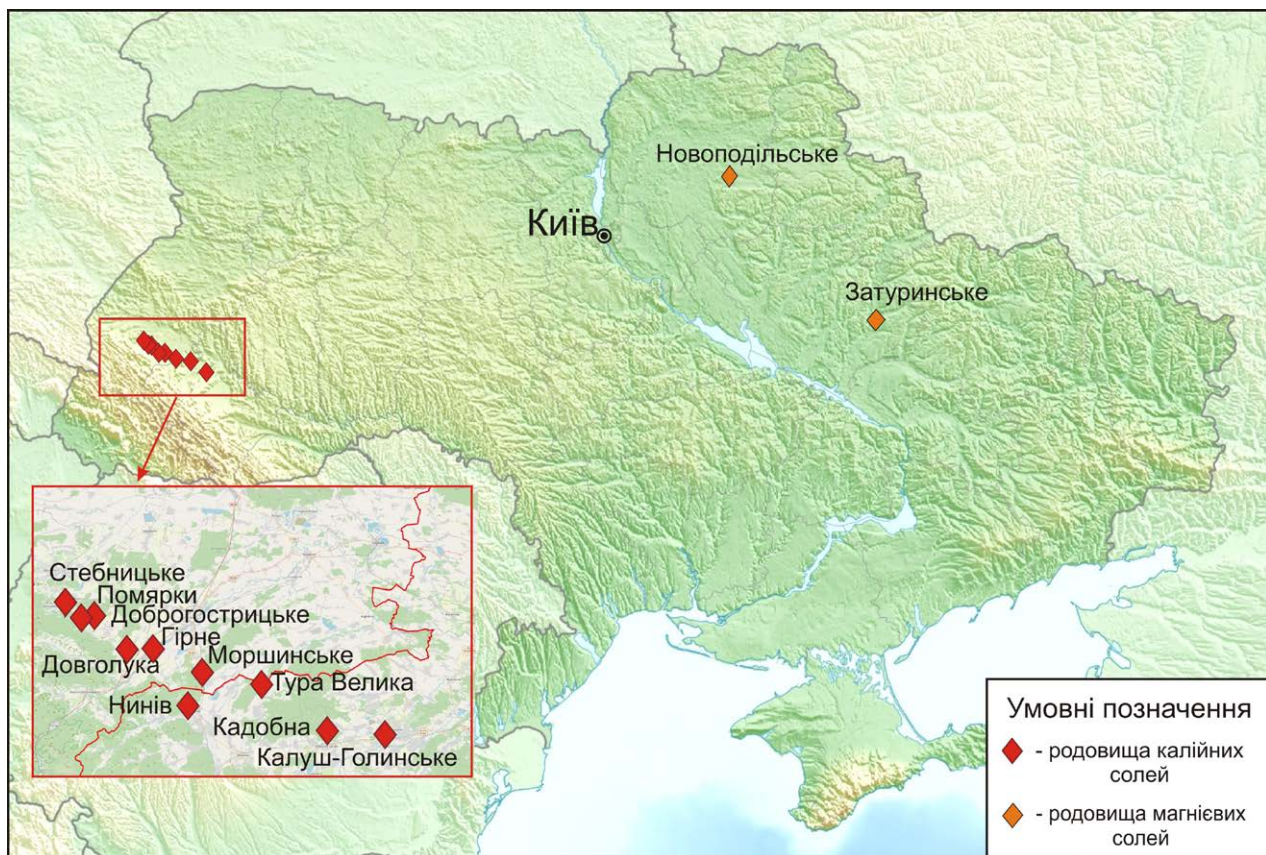


Рис. 1. Оглядова карта родовищ калійно-магнієвих солей України.

Fig. 1. Overview map of potassium-magnesium salt deposits in Ukraine.

01.01.2024 р. за категоріями А + В + С₁ становлять 2 349 989 тис. т сирої руди або 250 199 К₂О; за категорією С₂ – 1 252 280 та 133 688 тис. т; за балансові – 255 132 та 27 143 тис. т відповідно (Державний баланс..., Сіль калійна, 2024). Стан запасів калійних солей та їх видобутку узагальнено в табл. 1.

Запаси калійних солей на території України встановлені у відкладах міоцену Передкарпатського прогину та нижньої пермі Дніпровсько-Донецької западини. Проте частина з них – це родовища, що мають складні гірничо-геологічні умови, обтяжені екологічними наслідками попередніх гірничовидобувних робіт. На Передкарпатті інтенсивне техногенне втручання в геологічне середовище в межах поширення соленосних відкладів розпочалось у другій половині ХХ ст., коли масово почали видобувати калійні поклади Стебницького та Калуш-Голинського родовищ. Загальний об'єм пройдених підземних виробок становив у Стебницькому родовищі: 1-й рудник – 12, 2-й – 15,8 млн м³; у Калуш-Голинському, на чотирьох рудниках, – більш як 20 млн м³; об'єм вибраної породи з Калуського кар'єру перевищив 52,5 млн м³ (Павлюк, 2011). Це призвело до порушення геологічних, гідрогеологічних і геоморфологічних умов на територіях поширення сольових відкладів з активізацією карстових процесів на окремих ділянках. На даний час родовища калійних і калійно-магнієвих солей не розробляється. Ліцензії на видобуток мають лише родовища магнієвих солей: Новоподольське Чернігівської області та Затуринське Полтавської області (Примушко, 2021).

Зараз лише Калуш-Голинське розглядається як таке, що може мати промислове значення.

Постановою № 132 Кабінету Міністрів України від 14 лютого 2023 р. Калуш-Голинське родовище калійних солей внесено до переліку ділянок стратегічних надр (родовищ корисних копалин) для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави. З огляду на це, передбачається розробка концептуальної геологічної моделі калуської гірничопромислової геосистеми з метою попереднього переоцінювання освоєння перспективних родовищ калійних солей.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

На підставі аналізу попередніх геологорозвідувальних робіт нагромаджено, структуровано та оцифровано багаторівневу різномасштабну геологічну інформацію та створено ієрархічну базу даних, інтегровану в геоінформаційну систему (ГІС).

База даних Калуш-Голинського родовища має декілька електронних каталогів фактичних матеріалів (рис. 2). Перший каталог містить свердловинну інформацію щодо соленосних відкладів балицької світа нижнього тортону і складається з даних майже 200 свердловин з повними або частковими розрізами калієносною товщі. На ділянках з недостатньою інформацією дані параметричних свердловин були доповнені відмітками глибин залягання калійної товщі з геологічних розрізів.

Другий каталог містить інформацію про розміщення розривних порушень, інтегрованих в ГІС середовище. Для структурно-тектонічного аналізу Калуш-Голинського родовища використано карти тектонічних побудов Т. М. Йосипенко (Йосипенко, 2013), С. С. Корінь, Я. М. Семчук (Корінь, Семчук, 1997; Корінь, 2006) та В. І. Гірного (Гирный, 2007).

Таблиця 1. Запаси калійних солей, тис. т

Table 1. Potash reserves, thousand tonnes

Категорія	01.01.1991 р.		01.01.2024 р.	
	Сира руда, тис. т	К ₂ О, м ³ /добу	Сира руда, тис. т	К ₂ О, м ³ /добу
А + В + С ₁	2 761 795	294 061	2 349 989	250 199
С ₂	792 246	83 385	1 252 280	133 688
Забалансові	237 335	27 341	255 132	27 143
Видобуто	2 173	223	0	0

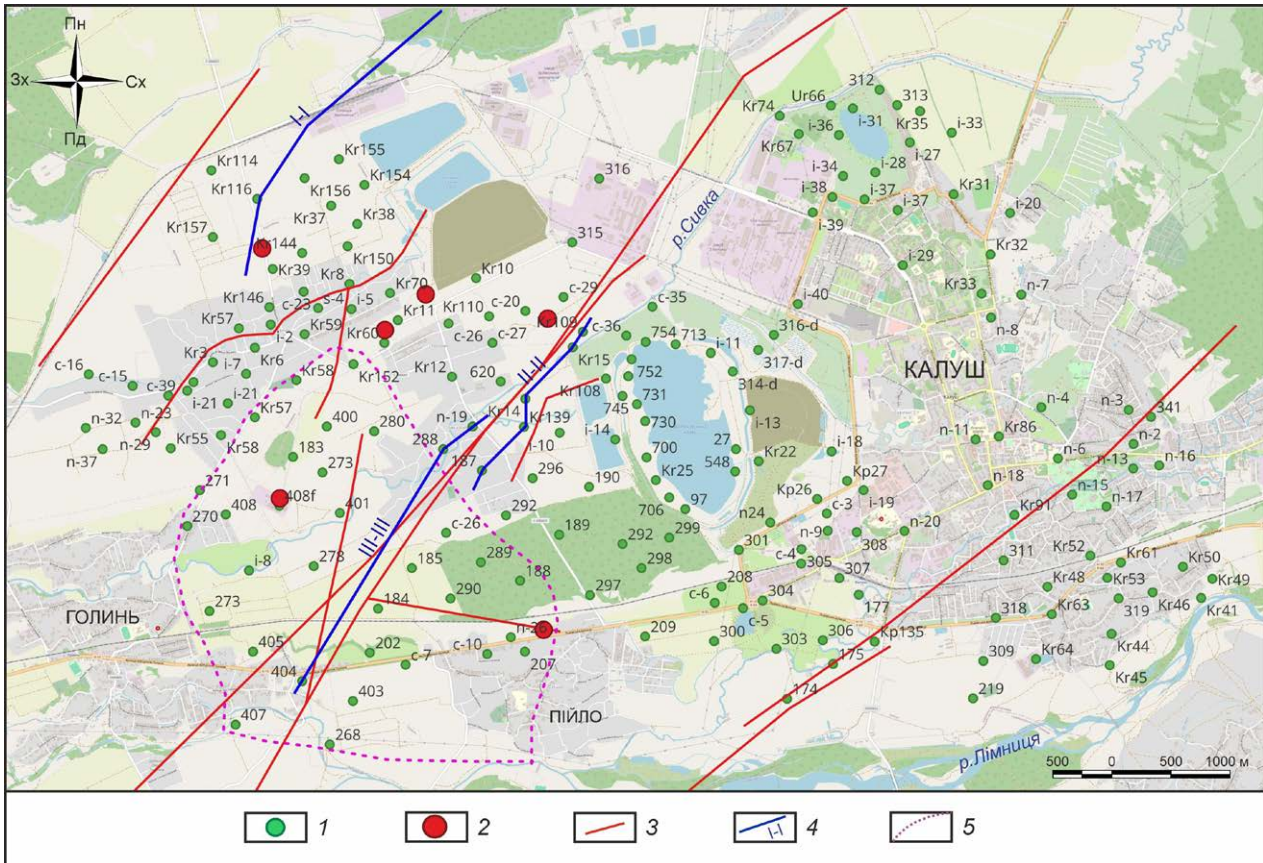


Рис. 2. Елемент концептуальної геологічної моделі калушської гірничопромислової геосистеми. Ситуативний план території Калуш-Голинського родовища: 1 – свердловина та її номер; 2 – буровий стовбур; 3 – розривне порушення; 4 – геологічний розріз; 5 – контур ділянки «Пійло».

Fig. 2. Element of the conceptual geological model of the Kalush mining geosystem. Situational plan of the Kalush-Golynske deposit area: 1 – well; 2 – drill borehole; 3 – faulting; 4 – lines of geological section; 5 – contour of the «Piylo» area.

Третій каталог складається з даних бурових стовбурів в межах родовища. Всього пройдено шість стовбурів.

Для подальшого великомасштабного моделювання перспективної ділянки (на прикладі ділянки «Пійло») було створено базу даних свердловинної інформації стосовно перекривних і калієносних порід. У каталозі наведено таке: номер свердловини та рік буріння, географічна прив'язка, абсолютні відмітки кожного з літологічних різновидів, глибина залягання гідрогеологічних горизонтів, джерела інформації та ін. Даний каталог включає інформацію щодо 67 свердловин і буде використаний для побудови карт гіпсометрії покрівлі, підшви та потужності перекривних відкладів, а також 3Д моделі калійних порід ділянки «Пійло».

Окремою складовою частиною бази даних є інформація стосовно попереднього видобутку

калійних солей на території родовища та сучасного геоекологічного стану досліджених ділянок.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Калуш-Голинське родовище приурочене до центральної зони Передкарпатського прогину, а саме до Самбірського покриву і характеризується не лише складною геологією, а й складною тектонікою. Отже, розробку концептуальної геологічної моделі калушської гірничопромислової геосистеми потрібно виконувати з урахуванням розломних (розривних) зон.

Самбірський покрив займає проміжне (серединне) положення між Більче-Волицькою і більш внутрішньою зоною – Бориславсько-Покутською. Багато геологів все ще включають цей покрив у Внутрішню зону прогину (Круглов, Арсірій, Великанов, 2007). Простягається від державного

кордону з Польщею в районі р. Вирва смугою завширшки 15–20 км до р. Лючі (Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька обл.) і вузькою (до 2 км) смугою до кордону з Румунією в районі р. Сучава. Складений дислокованими, соленосними моласовими утвореннями, на які насунутий Бориславсько-Покутський покрив, і які, у свою чергу, насунуті на зовнішню автохтонну частину Передкарпатського прогину — Більче-Волицьку зону (Буров, Вишняков, Глушко, 1986). Ця зона на поверхні виражена доволі широкою смугою поширення порід міоцену (6–20 км).

Самбірський покрив ускладнений системою насувів другого порядку, які формують витягнуті в субкарпатському напрямку тектонічні складки. Морфологія їх характеризується крутими кутами падіння крил — від 45° до 70–80°. Найбільший (Годинський) насув виявлений у районі Калуш-Голинського родовища калійних солей як дислокація, що відокремлює Радичько-Моршинську складку від крайньої північно-східної Калуської.

Відклади Самбірської зони дуже погано відслонені, вони виходять на поверхню тільки в руслах великих водотоків, хоча розкриті великою кількістю свердловин. У межах покриву з південного заходу на північний схід виділяють такі структури нижчого порядку — луски Тростянецько-Петранківську, Великотур'янську та Калусько-Голинську.

В геологічному розрізі міоценових відкладів центральної зони виділяють такі світи (знизу вверх): стебницька, нижньобалицька, верхньобалицька, богородчанська, тираська, косівська і дашавська (Квальвасер, 1953; Корінь, Семчук, 1997; Йосипенко, 2013) (рис. 3, 4).

Стебницька світа складена різнобарвними породами (сірими, темно-сірими, червоно-бурими). Серед літологічних різновидів переважають глини, часто розсланцьовані, з прошарками пісковиків та алевролітів і рідкими прошарками гіпсу й ангідриду. Вище за розрізом залягають відклади нижньобалицької світи, які складені сірими соленосними глинами, глинистими і піщано-глинистими брекчіями, кам'яною сіллю та пластами і лінзами калійних солей. Потужність соленосної товщі змінюється від перших десятків метрів до 400 м. Калійні пласти залягають пошарово, часто перекривають один одний (Квальвасер, 1953; Кузьменко, Шамотко, 1997; Корінь, Семчук, 1997; Йосипенко, 2013).

Верхньобалицька світа складена строкатоколірними (сірими, зеленувато-сірими, червонувато-бурими) карбонатними глинами, алевролітами,

дрібнозернистими пісковиками з прожилками гіпсу та ангідриду. Серед цих порід трапляються прошарки засолених глин і брекчій.

В зоні вивітрювання порід соленосної товщі утворилась гіпсо-глиниста «шапка», яка характеризується сірими, зеленувато-сірими пластичними глинами з гніздами та окремими вкрапленнями гіпсів. Її потужність не є постійною і залежить від літології порід, над якими вона формується. В місцях виходу теригенних порід верхньобалицької світи під четвертинні відклади гіпсо-глиниста «шапка» відсутня. Загальна потужність цих відкладів у межах родовища змінюється від 0,5–1,0 до 21 м (Корінь, 2006; Йосипенко, 2013).

Породи гіпсо-глинистої «шапки» перекриті четвертинними гравійно-гальковими відкладами та суглинками. Потужність перших становить 3–20, а — других 2–8 м. Гравійно-галькові відклади мають площинне поширення і є основним водоносним горизонтом району. Рух підземних вод у водоносному горизонті зумовлений регіональним нахилом Калуської рівнини із заходу на схід. Потужні водонапірні глини сарматського і баденського ярусів з прошарками водоносних пісків, пісковиків вміщують солоні, високомінералізовані, типу розсолів, хлоридно-магнієві і хлоридно-кальцієві води. Горизонт живиться переважно атмосферними опадами. Прісні води гравійно-галькових відкладів використовують для питного водопостачання навколишніх сіл. Широке використання цих вод у системі водопостачання потребує відповідного захисту водоносного горизонту від забруднення. Нижчезалягаючі соленосні та теригенні відклади практично безводні, за винятком окремих розсолоняючих, приурочених до прошарків і лінз тріщинуватих пісковиків (Йосипенко, 2013). За генезисом ці розсоли належать до седиментогенних маточних.

Для міоценових відкладів родовища характерною є складна геологічна будова, зумовлена тектонічними процесами, що відбувались під час формування Центральної зони прогину. Ці процеси відбулись як на формуванні геологічних структур в цілому, так і на текстурних особливостях порід. Тому теригенні відклади роздроблені на окремі уламки і блоки з численними дзеркалами ковзання. Соленосні породи набули брекчієподібної текстури, тріщинуватості. Для калійних пластів характерною є складна тектоніка, широкий розвиток ізоклінальних складок. Це зумовило утворення складних за конфігурацією покладів калійних солей, роздувів, пережимів, розривів

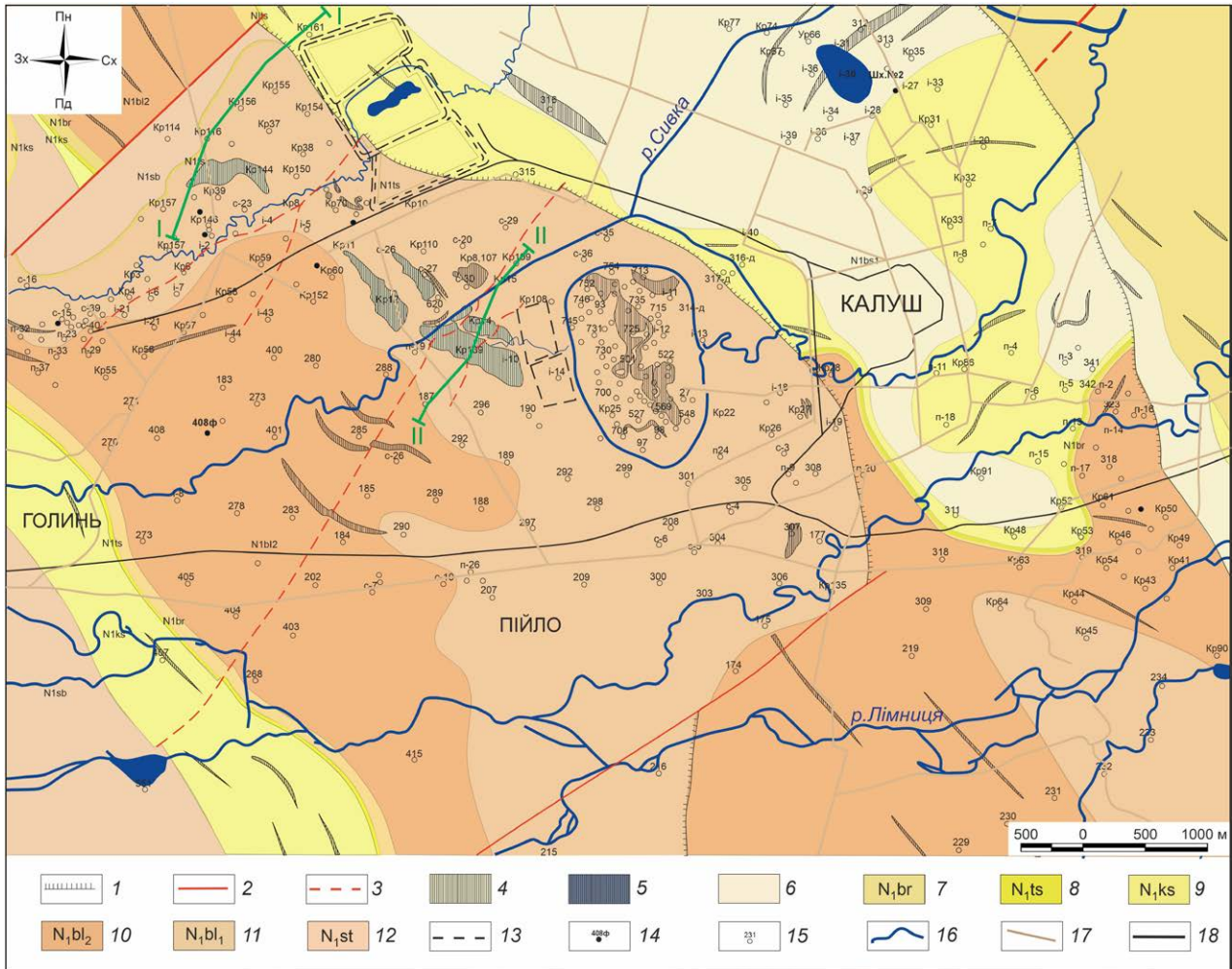


Рис. 3. Елемент концептуальної геологічної моделі калушської гірничопромислової геосистеми. Геологічна карта Калуш-Голинського родовища (за даними Т. М. Йосипенко) (Йосипенко, 2013): 1 — лінія насувів; 2 — встановлені лінії поперечних тектонічних порушень; 3 — прогнозовані тектонічні порушення; 4 — карбонатна несолонсна глина; 5 — поклади калійних солей; 6 — нижньосарматський підповерх, нижньодашавська світа (прошарки пісковиків); 7 — нижньотортонський підповерх, богородчанська світа (пісковики, глини, туфіти); 8 — верхньотортонський підповерх, тираська світа (гіпси, ангідрити); 9 — верхньотортонський підповерх, косівська світа (глини з рідкими прошарками пісковиків, туфи); 10 — нижньотортонський підповерх, верхньобалицька підсвіта (рідко гравеліти, кам'яна сіль); 11 — нижньотортонський підповерх, нижньобалицька підсвіта (глини, алевроліти); 12 — гельветський поверх, стебницька світа (аргіліти строкаті з прошарками пісковиків); 13 — штучний відстійник для розміщення пульпи та розсолів; 14 — шахтний стовбур; 15 — свердловина; 16 — водойма; 17 — дорога; 18 — залізнична коля.

Fig. 3. Element of the conceptual geological model of the Kalush mining geosystem. Geological map of the Kalush-Golynske deposit (according to T. M. Yosypenko) (Yosypenko, 2013): 1 — line of strike-slips; 2 — established lines of transverse tectonic faults; 3 — predicted tectonic faults; 4 — carbonate non-saline clay; 5 — potassium salt deposits; 6 — Lower Sarmatian sub-sequence. Lower Dashavska Suite (sandstone layers); 7 — Lower Tortonian sub-sequence. Bohorodchany Formation (sandstones, clays, tuffs); 8 — Upper Tortonian sub-sequence. Tyraska Suite (gypsum, anhydrite); 9 — Upper Tortonian sub-sequence. Kosivska Suite (clays with rare sandstone interbeds, tuffs); 10 — Lower Tortonian sub-sequence. Vekhnobalytska Suite (rarely gravels, rock salt); 11 — Lower Tortonian sub-sequence. Nyzhnyobalytska Suite (clays, siltstones); 12 — Helvetian sequence. Stebnytsia Suite (mottled mudstones with sandstone layers); 13 — artificial settling tanks for pulp and brine; 14 — mine shaft; 15 — well; 16 — water body; 17 — road; 18 — railway.

та ін. Інтенсивна складчастість призвела до різноманітного мінерального складу калійних порід (Корінь, Семчук, 1997; Корінь, 2006). Основними породотворювальними мінералами на родовищі є каїніт, сильвін, лангбейніт. Крім основних мінералів наявні кізерит, ангідрит, полігаліт, карналіт, рідше гіпс, леоніт і епсоміт (Корінь, 2006) (рис. 5).

Короткий огляд розвитку екзогенних геологічних процесів на Калуш-Голинському родовищі калійної солі

Літологічний склад перекривних відкладів, а також складна тектоніка родовища обумовили безпосередній вплив на фізичний стан порід, що залягають саме над відпрацьованим простором рудників, а відтак і на стійкість денної поверхні. Нижче наведено загальну характеристику ліквідованих рудників родовища.

Характеристика рудника «Калуш»

Розробка калійних солей на руднику розпочалась з 1867 р., а припинилась у 1978 р. Каїнітові і сильвінітові руди видобувались за камерною системою на відокремлених один від одного виїмкових ділянках: Північній сильвінітовій, Північній і Центральній каїнітовій та Хотинській полях. На цей час рудні поля шахти «Калуш» характеризуються нестабільним станом унаслідок процесу зрушення земної поверхні, ускладненого карстово-провальними проявами.

Північне сильвінітове поле розробляли в період з 1943 по 1962 р. на глибині 160–440 м. Вище VI горизонту відпрацьовані камери закладені «сухою» закладкою, нижче — відходами збагачувальної фабрики. Гідрозакладка, в об’ємі 780 тис. м³, проводилась у 1954–1958 та у 1962–1966 рр. На час ліквідації рудника було утворено 1890 тис. м³ пустот, з яких не закладено близько 30 тис. м³. Починаючи з 1957 р. на ділянці відбувалось

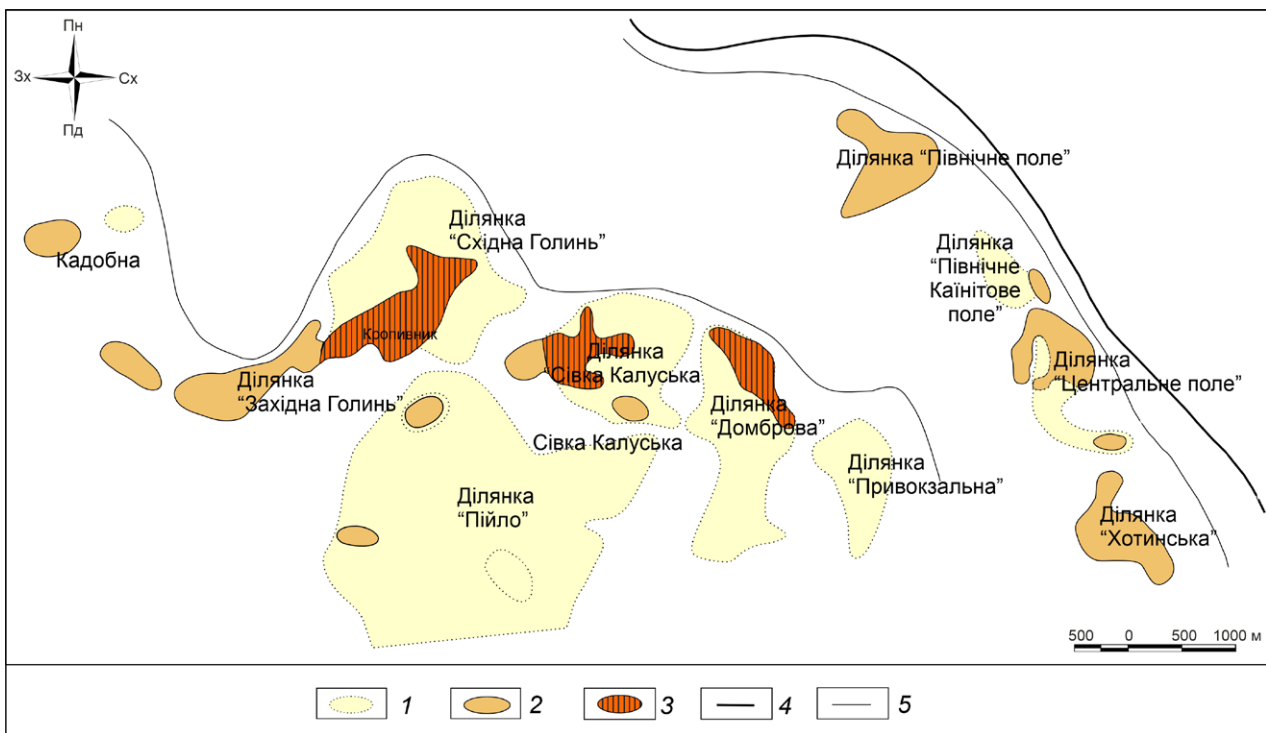


Рис. 5. Елемент концептуальної геологічної моделі калуської гірничопромислової геосистеми. Ділянки поширення калійних солей різних типів у межах Калуш-Голинського родовища (за даними І. А. Квальвасер) (Квальвасер, 1954): 1 — поклади сірчаноокислих солей; 2 — поклади хлористих солей; 3 — поклади змішаних солей; 4 — лінія насуву; 5 — межа виходу соленосних порід.

Fig. 5. Element of the conceptual geological model of the Kalush mining geosystem. Distribution area of different types of potassium salts within the Kalush-Golynske deposit (compiled by I. A. Kvalvaser) (Kvalvaser, 1954): 1 — sulfurous salt layers; 2 — chloride salt layers; 3 — mixed salt layers; 4 — line of inclination; 5 — boundary of saline rocks appearance.

інтенсивне осідання земної поверхні, внаслідок чого утворилося озеро площею 30 га. На сьогодні процес зсуву над полем характеризується стадією затухання.

Північне каїнітове поле розроблялось з 1940 по 1943 р. і з 1956 по 1975 р. на глибині 100–260 м. Вище VI горизонту було проведено гідрозакладку, але через прорив розсолів на нижні горизонти закладку припинили. З лютого 1989 р. по червень 1990 р. проводилось кероване заповнення виробок поля недонасиченими розсолами хвостосховища Домбровського кар'єру. Над полем у результаті карстово-суфозійних процесів утворилися провали діаметром до 30 м і завглибшки до 25 м. На цей час розсоли шахтних виробок з концентрацією до 400 г/дм³ продовжують розвантажуватися у ґрунтові та поверхневі води.

На *Центральному полі* видобуток почався більше як 100 років тому на глибині 60–250 м і відбувався до 1979 р. Він охоплював 10 камер вилуговування і 11 ліنز. Після експлуатації відпрацьовані камери були закладені гідрозакладкою. В наслідок цього, над Центральним полем міжкамерні цілики деформувались. На ділянці досі спостерігаються карстово-суфозійні явища.

Хотинське сильвінітове поле розроблялось протягом 1961–1975 рр., глибина розробки 140–270 м, потужність у центрі досягала 22 м. Відпрацьовані пустоти частково (25% від усього відпрацьованого простору) було закладено породами від проходки гірничих виробок. Починаючи з 1963 р. зафіксовано осідання поверхні зі швидкістю 15 мм/рік, яка постійно зростала за всіма реперами, і максимального значення досягла в 1972 р. — 211 мм/рік, а потім почалось поступове зменшення швидкості осідання до цього часу. В результаті у просадовій мульдї сформувалось озеро субмеридіонального простягання площею 2 га. Процес зсуву над полем перебуває на стадії затухання.

Характеристика рудника «Ново-Голинь»

Рудник «Ново-Голинь» розташований на сході від м. Калуш і складений двома рудними полями, що відпрацьовані у 1966–1995 рр. Перше поле — «Східна Голинь» розміщена на північно-західній околиці с. Кропивник, об'єм пустот в ньому дорівнює 6 863,1 тис. м³. Друге поле — «Сівка-Калуська» займає північно-східну околицю однойменного села, об'єм пустот дорівнює 5 294,5 тис. м³. Система розробки — камерна із залишенням стрічкових ціликів. Залежно від кута падіння і по-

тужності пласта довжина камер становила від 10 до 100 м, ширина — від 10 до 13 м, висота — від 2 до 40 м, ширина міжкамерних ціликів — від 10 до 12 м. Просідання земної поверхні на ділянці «Східна Голинь» почали фіксувати з 1979 р. Досі утворюються локальні мульди зі швидкістю до 10–11 мм/рік і максимальним просіданням до 1 м. На ділянці «Сівка-Калуська» просідання фіксують з 1989 р. зі швидкістю до 11 мм/рік з формуванням двох локальних мульд. Максимальне просідання досягло 19,5 м. Гідрозакладка відпрацьованих камер майже не виконана.

Домбровський кар'єр

Домбровський кар'єр експлуатувався з 1967 р. Роботи у ньому велись за транспортною системою розробки з транспортуванням розкривних порід на зовнішні і внутрішні відвали, а руд — до гірничо-дробарного цеху. Розпушення руди і скельних розкривних порід відбувалось буровибуховим способом. Пухки розкривні породи розроблялись чотирма уступами заввишки до 10 м з організацією селективного виймання: ґрунтового-рослинного шару, суглинків, галечників і гіпсо-глинистої товщі; скельні розкривні породи та рудний поклад — уступами заввишки до 15 м. За весь період експлуатації з Домбровського кар'єру видобуто 35,4 млн м³ розкривних порід і 14,7 млн м³ калійної руди, разом 50,1 млн м³ гірничої маси. Експлуатацію припинено в 2007 р. На даний час кар'єр затоплюється природним способом.

Загальна геологічна характеристика будови товщі ділянки «Пійло»

В адміністративному відношенні родовище розміщується на території Калузької міської ОТГ Калузького району Івано-Франківської області. Відповідно до рішення Державної комісії України по запасах корисних копалин (протокол від 26.09.2023 № 5617), зокрема, родовища «Домброво» та «Пійло» є окремими родовищами Калуш-Голинської групи родовищ калійних солей. Отже, запаси категорії А + В + С₁ ділянки «Пійло» становлять 414809 тис. т; а ділянки «Домброво» (комплексне) категорії А + В + С₁ — 32295 тис. т.

Породи перекривної товщі ділянки «Пійло» перебудурені більше як 65 свердловинами і мають різні літологічні властивості. Надсольові породи представлені строкатосіримими та сірими глинами і алевролітами з прошарками соленосної брекчії, гравелітів і пісковиків, приурочених

до Берлогівської структурно-фаціальній зони, яка відділена від соленосної товщі поверхнею Берлогівського насуву.

Літологічно надсоленосні породи складені глинами, аргілітами, алевролітами, пісковиками та гравелітами. Найбільш поширеними у вивчених розрізах є глини, аргілітоподібні глини та аргіліти коричневого, бурого кольору. Пелітові породи сірих кольорів менш поширені у розрізі. Ступінь цементації також різна — у верхній частині розрізу це щільні глини, а з глибиною спостерігається поступовий перехід до аргілітів середньої цементації, роздроблених тектонічними процесами до дресви. Текстура глини шарувата, нечітко шарувата, строката, лінзоподібна-строката, брекчієподібна (Корінь, Семчук, 1997).

Алевроліти поширені майже повсюдно. Породи переважно коричневого кольору різних відтінків: сіро-бурого, рідше буро-сірого, жовтувато-зеленувато-сірого, сірого. Текстура паралельношарувата, нечітко шарувата, масивна, брекчіювана. У розрізі алевроліти перешаровуються з пелітами з утворенням поступових переходів і флішоїдної циклічності. Тріщинуватість в алевролітах менш інтенсивна, ніж в глинах.

Пісковики світло-сірі, бурувато-сірі, зеленувато-сірі, сірі, сірувато-бурі, жовтувато-зеленувато-бурі, темно-сірі пилюваті, від дрібно- до крупнозернистих. Породи паралельно шаруваті, зрідка лінзоподібно шаруваті, кварцові поліміткові. Уламки складені кварцом, польовими шпатами, хлоритом, кременистими та аргілітоподібними породами. Цемент збагачений доломітом. Ступінь цементації різна, переважно середня. Пісковики більш монолітні у порівнянні з описаними вище породами, проте тріщини тут ліпше проявлені. Заповнені вони щіткоподібними агрегатами гіпсу та ангідрит-гіпсового складу з лімонітом у ізольованих частинах. Переходи між пісковиками і вмісними породами переважно поступові. Поширення псамітів у розрізі незначне.

Гравеліти пробурені свердловинами декілька разів і за складом вони ближчі до гравійних пісковиків. Потужність пластів — 20–30 см, в одиничному випадку — до 1 м. Гравій кутастий. За складом: кремені, вапняки, молочний кварц, філіти. Піщана фракція кварцова, поліміткова. Цементация різна. Тип цементу — базальний, карбонатний.

За даними С. С. Корінь (Корінь, Семчук, 1997; Корінь, 2006), виділено чотири основних типи і шість підтипів надсолевої частини розрізу.

До першого типу віднесено глини і алевроліти сірого кольору з рідкими прошарками строкатих порід, які залягають під галечниками на північному сході родовища. Цей тип розділений на два підтипи: Іа — без прошарків соленосних глин, Іб — з одним чи двома прошарками (рис. 6).

Другий тип порід складає центральну частину ділянки і охоплює породи строкатого кольору. Тут виділено чотири підтипи:

Ів — серед глин та алевролітів трапляються гравеліти;

Іг — поряд з гравелітами можуть бути прошарки соленосних порід;

Ід — відсутність у розрізі гравелітів, але більша кількість шарів соленосних порід;

Іе — наявні тільки глини, алевроліти і рідше — пісковики.

Третій тип порід підстиляє карпатські галечники у південній, південно-західній частинах території, на відміну від попередніх, складений піщано-глинистою соленосною брекчією і соленосними глинами.

Четвертий тип порід залягає у північно-східній частині ділянки. Він охоплює глини і алевроліти, а також потужну пачку соленосних відкладів (рис. 6).

Гідрогеологічна характеристика території досліджень.

Основний водоносний горизонт ділянки «Пійло» належить до гравійно-галькових четвертинних відкладів. Потужність його коливається в межах 3–20 м, за середньої 12,5 м. Фільтраційні властивості галечників невитримані і залежать від вмісту супіщано-глинистого наповнювача. Коефіцієнт фільтрації становить 1,1–10,6 м/добу, за середнього його значення 3,5 м/добу. Води галечникового горизонту є напірними, оскільки знаходяться між двома водотривкими пластами: зверху залягають суглинки та глини, а знизу — алювіальні глини або гіпсо-глиниста «шапка». Напір становить 1,20 та 0,59 м відповідно (Корінь, Семчук, 1997).

Мінералізація вод галечникового горизонту ділянки «Пійло» різна, її значення варіюють у межах від 0,1 до 2,3 г/л, рідко до 7 г/л. Прісні води залягають у верхній частині розрізу, з глибиною мінералізація дещо зростає. Слабомінералізовані води (5–7 г/л) поширені у галечникових відкладах східної частини ділянки. За хімічним складом води горизонту переважно хлоридно-гідрокарбонатні натрієво-кальцієві, прісні та слабомінералізо-

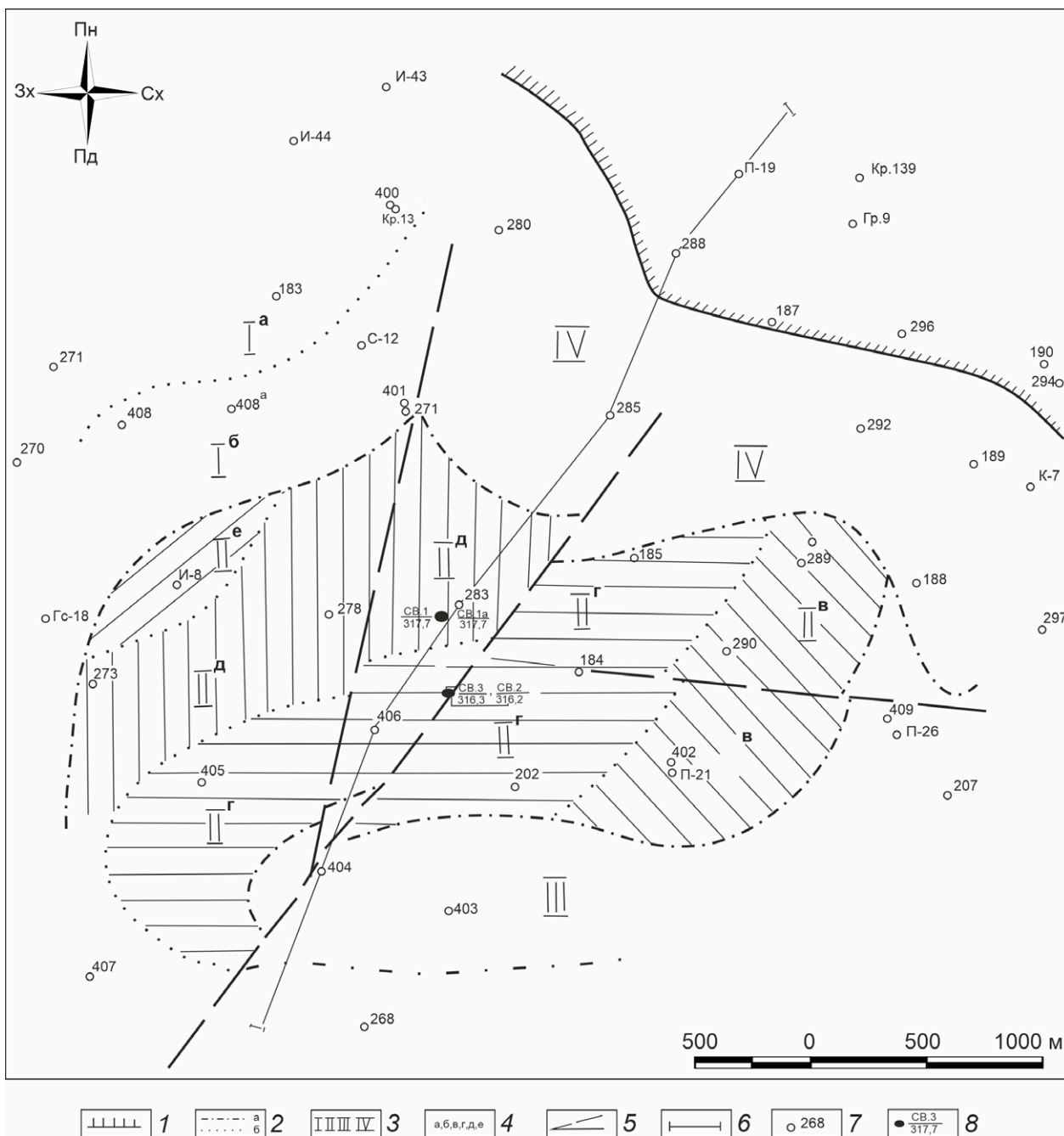


Рис. 6. Елемент концептуальної геологічної моделі калузької гірничопромислової геосистеми. Основні типи розрізів порід надсольової товщі ділянки «Пійло» Калуш-Голінського родовища (за даними С. Корінь) (Корінь, 1997): 1 – бар’єрний цілик між шахтними полями; 2 – основні границі типів (а) і підтипів (б) розрізів порід надсольової товщі; 3 – типи розрізів порід надсольової товщі; 4 – підтипи розрізів; 5 – лінії тектонічних порушень; 6 – лінія геологічного розрізу; 7 – розвідувальна свердловина та її номер; 8 – гідрогеологічна свердловина (зверху – її номер, знизу – абсолютна відмітка устя, м).

Fig. 6. Element of the conceptual geological model of the Kalush mining geosystem. Main types of rock sections in the suprasalt strata of the «Piylo» area of the Kalush-Golynske deposit (according to S. Korin) (Korin, 1997): 1 – barrier pillar between mine pits; 2 – main boundaries of types (a) and subtypes (b) of rock sections above the salt layer; 3 – types of rock sections above the salt layer; 4 – subtypes of sections; 5 – lines of tectonic faults; 6 – line of geological section; 7 – exploration well; 8 – hydrogeological well (top – well number, bottom – absolute elevation of the wellhead, m).

вані. За складом хлоридно-сульфатні і натрієво-кальцієві. Горизонт живиться в основному атмосферними опадами, частково — водами поверхневих водотоків. Стік вод у галечниках спрямований із заходу на схід згідно з напрямком течії річок.

За даними вивчення іонно-сольового комплексу засоленість підсольових порід коливається від 2,9 до 8,0 г/л і становить у середньому 4,5 г/л. У складі водно-розчинних солей переважають хлориди натрію, другорядна роль належить сульфатам кальцію і магнію. Для підсольових порід у цілому характерний сульфатний тип водних витяжок, рідше сульфатно-натрієвий та хлоридно-магнієвий підтип (Корінь, Семчук, 1997).

Засоленість теригенно-соленосних порід, які вміщують поклади калійних солей, змінюється від 5–10 до 130–140 г/л. У хімічному складі переважають хлориди натрію, другорядна роль належить сульфатам кальцію, хлоридам кальцію і магнію та сульфатам натрію. Для продуктивної (калієносною) товщі характерний хлоридний тип водних витяжок, рідше сульфатний.

Засоленість строкатої товщі, з прошарками соленосних глин і брекчій, коливається від 2–3 до 80–100 г/л, у середньому — 16 г/л. Максимальні її значення фіксуються за розрізом свердловин, де надсольовою породою є піщано-глиниста соленосна брекчія, найменші — фіксуються за розрізом свердловини, де надсольову товщу складають переважно глинисті породи. У складі водорозчинних солей переважають хлориди натрію, значна роль належить сульфатам кальцію і магнію, а також хлоридам кальцію і магнію.

Засоленість алювіальних порід кори вивітрювання змінюється від 1 до 7 г/л, становить у середньому 3,5 г/л. У складі водорозчинних солей переважають хлориди натрію і сульфати кальцію, важлива роль належить сульфатам магнію і натрію.

Таким чином, дані гідрохімічного складу водоносних горизонтів вказують на гідрохімічну однотипність розрізу надсольової і продуктивної (калієносною) товщі, що засвідчує формування надсольової товщі в умовах, подібних до осідання калієносних відкладів. Значне поширення в розрізі надсольових порід легкорозчинних сполук, таких як хлориди кальцію і магнію, вказує на відсутність руху підземних вод у породах, що перекривають калієносну товщу, тобто на практичну водонепроникність порід надсольового комплексу. На ділянці «Пійло» Калуш-Голинського родовища

поширений лише один водоносний горизонт, що належить до гравійно-галькових четвертинних відкладів. Розкриті окремими свердловинами висококонцентровані розсоли тяжіють до прошарків пісковиків, які залягають спорадично лише у верхній частині розрізу надсольової товщі, а саме у корі вивітрювання, що формується безпосередньо під гравійно-гальковими відкладами через дію гіпергенних чинників на засолені породи.

ВИСНОВКИ

В разі порушення природного залягання соленосних товщ у межах експлуатаційних родовищ відбуваються незворотні процеси, обумовлені вилуговуванням солей та деградацією земної поверхні. Тому з метою розробки концептуальної геологічної моделі калуської гірничо-промислової геосистеми для аналізу перспектив подальшого видобутку попередньо переоцінено Калуш-Голинське родовища калійних солей, зокрема, накопичено, структуровано та оцифровано багаторівневу різномасштабну геологічну інформацію та створено ієрархічну базу даних, інтегровану в ГІС.

Встановлена необхідність ув'язувати геоелекологію з тектонікою для оцінювання перспектив освоєння родовища, оскільки розломи є зонами фільтрації та міграції, а їх просторове розміщення обумовлює необхідність залишати непорушні цілики більшої товщини в разі підземної розробки родовища.

При оцінці загальних сприятливих геологічних, гідрогеологічних умов для розробки калійних покладів ділянки «Пійло» та ціликів навколо геологорозвідувальних свердловин попередніми дослідженнями підтверджена практична безводність надсольових порід, що перекривають продуктивну (калієносну) товщу. В межах родовища наявний лише один водоносний горизонт, який приурочений до гравійно-галькових відкладів.

Обґрунтування інвестиційної привабливості дослідно-промислової розробки ділянки «Пійло» потребує подальшої побудови комплексної моделі з урахуванням сучасної гідрогеологічної і геохімічної ситуації та гірничо-технічних умов. Ще одним вагомим аспектом оцінювання перспективності освоєння родовища є потреба у залученні нової технології видобутку, оскільки через низьку якість сировини розробка родовища за старою технологією є нерентабельною.

Дослідження виконано в рамках науково-дослідного проекту «Стратегічна мінеральна сировина для відновлення економіки України: аналіз ресурсів та запасів, розробка критеріїв пошуку для нарощування їх мінерально-сировинної

бази» (2023–2024 рр., № державної реєстрації 0123U100855) державної бюджетної програми КПКВК 6541230.

REFERENCES

Burov V. S., Vyshnyakov I. B., Glushko V. V. et al., 1986. Tectonics of the Ukrainian Carpathians (explanatory note to the tectonic map of the Ukrainian Carpathians on a scale of 1:200,000). Lviv: UkrNIGRY. 152 p. (In Russian).

State balance of mineral reserves of Ukraine as of January 1, 2024. Potassium salt (Electronic version). Kyiv: SRDE «Geoinform Ukraine». Vol. 1. 14 p. (In Ukrainian).

Girny V. I., 2007. Geological structure and mineral resources of the Central part of the Precarpathian sulphurous basin. Report on the geological survey of the scale 1:50,000, carried out in 1989–1997. Letters M-35–97-A, B, G; M-35–98-B in Ivano-Frankivsk and Lviv regions. Kyiv: SRDE «Geoinform Ukraine». Inv. No. 56741. Vol. 1–3. (In Russian).

Yosipenko T. M., 2013. Comprehensive geophysical studies to predict karst-failure processes and pollution of drinking groundwater in the Kalush district. Kyiv: SRDE «Geoinform Ukraine». Inv. No. 63750. Vol. 1. 214 p. (In Ukrainian).

Kvalvaser I. A., 1953. Recalculation of reserves of the Khotyn section of the Kalush-Golynskogo deposit of potassium salts. (Ivano-Frankivsk region). Kyiv: SRDE «Geoinform Ukraine». Inv. No. 12567. Vol. 1–2. (In Russian).

Korin S. S., 2006. Conducting comprehensive geological studies aimed at determining changes in the natural state of the geological environment in places of development of potash deposits in order to prevent their negative impact on people's lives and the state of economic and industrial facilities. Kyiv: SRDE «Geoinform Ukraine». Inv. No. 60092. Vol. 1–3. (In Ukrainian).

Korin S. S., Semchuk Ya. M., 1997. Geological and hydrogeological study of the suprasalt complex near the «Piylo» section of the Kalush-Golynsky deposit of potash salts. Kyiv: SRDE «Geoinform Ukraine». Inv. No. 56359. Vol. 1. 46 p. (In Ukrainian).

Kruglov S. S., Arsiy Yu. O., Velikanov V. Ya. et al., 2007. Tectonic map of Ukraine. Scale 1:1 000 000. Explanatory note. Kyiv: UkrDGRI. 132 p. (In Ukrainian).

Kuzmenko E. D., Shamotko V. I., 1997. Complex of geophysical research within the fake mine fields of the «Novo-Holyn» mine. Kyiv: SRDE «Geoinform Ukraine». Inv. No 56360. Vol. 1–2. (In Ukrainian).

Pavlyuk V. I., 2011. Salt deposits of the Precarpathian and World and features of the development and activation of karst in the areas of their extraction. *Construction and technogenic safety*. Vol. 37. Pp. 97–108. (In Ukrainian).

Prymushko S. M., 2021. Mineral resources of Ukraine. Kyiv: SRDE «Geoinform Ukraine». 270 p. (In Ukrainian).

Буров В. С., Вишняков І. Б., Глушко В. В. і др. Тектоника Українських Карпат (об'яснительная записка к тектонической карте Украинских Карпат масштаба 1: 200 000). Львов: УкрНИГРИ, 1986. 152 с.

Державний баланс запасів корисних копалин України на 01.01.2024 р. Сіль калійна (Електронний варіант). Київ: ДНВП «Геоінформ України», 2024. Кн. 1. 14 с.

Гирний В. І. Геологическое строение и полезные ископаемые Центральной части Предкарпатского сероносного бассейна. Отчет о геологическом доизучении масштаба 1:50000, проведенном в 1989–1997 гг. Листы М-35–97-А, Б, Г; М-35–98-В в Ивано-Франковской и Львовской обл. Київ: ДНВП «Геоінформ України», 2007. Інв. № 56741. Кн. 1–3.

Йосипенко Т. М. Комплексні геофізичні дослідження з метою прогнозування карстово-провальних процесів і забруднення питних підземних вод району м. Калуш. Київ: ДНВП «Геоінформ України», 2013. Інв. № 63750. Кн. 1. 214 с.

Квальвасер І. А. Пересчет запасов Хотинского участка Калуш-Гольинского месторождения калийных солей (Ивано-Франковская обл.). Київ: «Геоінформ України», 1953. Інв. № 12567. Кн. 1–2.

Корінь С. С. Проведення комплексних геологічних досліджень, спрямованих на визначення змін природного стану геологічного середовища в місцях розробки калійних родовищ з метою запобігання їх негативного впливу на життєдіяльність людей та стан господарських і промислових об'єктів. Київ: ДНВП «Геоінформ України», 2006. Інв. № 60092. Кн. 1–3.

Корінь С. С., Семчук Я. М. Геолого-гідрогеологічне вивчення надсолевого комплексу порід дільниці «Пійло» Калуш-Гольинського родовища калійних солей. Київ: ДНВП «Геоінформ України», 1997. Інв. № 56359. Кн. 1. 46 с.

Круглов С. С., Арсірій Ю. О., Великанов В. Я. та ін. Тектонічна карта України. Масштаб 1:1 000 000. Пояснювальна записка. Київ: УкрДГРІ, 2007: 132 ср.

Кузьменко Е. Д., Шамотко В. І. Комплекс геофізичних досліджень в межах підроблених шахтних полів рудника «Ново-Голин». Київ: ДНВП «Геоінформ України», 1997. Інв. № 56360. Кн. 1–2.

Павлюк В. І. Соляні родовища Передкарпаття і Світу та особливості розвитку і активізації карсту на ділянках їхнього видобування. Будівництво і техногенна безпека, 2011. Вип. 37. С. 97–108.

Примушко С. М. Мінеральні ресурси України. Київ: ДНВП «Геоінформ України», 2021. 270 с.

Unkovsky A. A., 1948. Salt deposits of Western Ukraine. Lviv: LGRE Funds. (In Russian).

Shekhunova S. B., 2023. Critical and strategic mineral raw materials for the economic security and post-war development of Ukraine. Transcript of speech at the session of the General Meeting of the NAS of Ukraine, April 27, 2023. *Visnik Nacionalnoi Akademii Nauk Ukraini*, No 5,. Pp. 25–30. <https://doi.org/10.15407/visn2023.05.025> (In Ukrainian).

Shekhunova S. B., 2020. Saliferous formations: patterns of lithogenesis and problems of usage. «Scientific Book» Project. 333 p. ISBN 978–966–00–1778–8. (In Ukrainian).

Shekhunova S. B., Stadnichenko S. M., Siumar N. P., 2023. Assessment of Environmental Risks and Economic Losses to Geological Environment and Mineral Resources Caused by Russian's Military Aggression Against Ukraine. Updated data. *Collection of Scientific Works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine*, Vol. 16. Iss. 1. Pp. 3–23. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2023.294230>. (In Ukrainian).

Shekhunova S. B., Siumar N. P., Stadnichenko S. M., 2023. Analysis of the depositional conditions of the Miocene saliferous formation of the Transcarpathian Trough. *Collection of Scientific Works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine*, Vol. 16. Iss. 2. Pp. 87–98. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2023.294237>. (In Ukrainian).

Warren J. K., 2010. Evaporites through time: Tectonic, climatic and eustatic controls in marine and nonmarine deposits. *Earth-Science Reviews*. Vol. 98. Iss. 3–4. P. 217–268. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.11.004>.

Zhyrnov P., Tomchenko O., Pidlisetska I., Mykolaienko O., 2021. Analysis of the geoecological situation in Kalush: current situation and ways of solving the problem. *Geodesy and Cartography*. No 47 (4). Pp. 170–180. <https://doi.org/10.3846/gac.2021.13256>.

Унковский А. А. Соляные месторождения Западной Украины. Львів: Фонди ЛГРЕ, 1948.

Шехунова С. Б. Критична та стратегічна мінеральна сировина для економічної безпеки та повоєнного розвитку України. *Вісник НАН України*. 2023. № 5. С. 25–30. <https://doi.org/10.15407/visn2023.05.025>.

Шехунова С. Б. Соленосні формації: закономірності літогенезу та проблеми використання. Київ: «Наукова думка», 2020. 333 с.

Шехунова С. Б., Стадніченко С. М., Сюмар Н. П. Оцінка екологічних ризиків та економічних збитків для геологічного середовища та корисних копалин внаслідок збройної агресії росії проти України. Оновлені дані. *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*. 2023. Т. 16, вип. 1. С. 3–23. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2023.294230>.

Шехунова С. Б., Сюмар Н. П., Стадніченко С. М. Аналіз умов залягання міоценової соленосної формації Закарпатського прогину. *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*. 2023. Т. 16, вип. 2. С. 87–98. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2023.294237>.

Warren J. K. Evaporites through time: Tectonic, climatic and eustatic controls in marine and nonmarine deposits. *Earth-Science Reviews*. 2010. Vol. 98. Iss. 3–4. P. 217–268. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.11.004>.

Zhyrnov P., Tomchenko O., Pidlisetska I., Mykolaienko O. Analysis of the geoecological situation in Kalush: current situation and ways of solving the problem. *Geodesy and Cartography*. 2021. 47(4). P. 170–180. DOI: <https://doi.org/10.3846/gac.2021.13256>.

Manuscript received October 22, 2024;
revision accepted December 18, 2024.

Інститут геологічних наук НАН України,
Київ, Україна