

УДК 553.632:550.8(477.8)

DOI <https://doi.org/10.30970/vgl.40.15>

ПІДЗЕМНА ДОРОВІДКА РОДОВИЩ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Володимир Петришин <https://orcid.org/0009-0005-4380-5786>

*Державна комісія України по запасах корисних копалин,
вул. Генерала Алмазова, 18/7, Київ, Україна, 01133
Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
e-mail: geology1982@ukr.net*

У межах Передкарпатського прогину західного регіону України попередньо розвідані понад 20 родовищ калійних солей, які характеризуються тектонічно порушеною геологічною будовою, у тому числі із проявами соляної тектоніки, специфічним та строкатим мінеральним складом руд, складними гірничо-геологічними та гідрогеологічними умовами. Тут понад 100 років експлуатувались Стебницьке та Калуш-Голинське родовища, розробка яких виявила низку специфічних характеристик, які обов'язково треба враховувати ще до початку видобутку, а саме на етапах проведення геолого-розвідувальних робіт та геолого-економічної оцінки. Особливості геологічної будови, мінерального складу, морфології рудних тіл сформованих у умовах потужного впливу геотектонічних процесів на залягання покладів, водорозчинність руд та вмісних порід, ризики активізації соляного карсту та інших небезпечних геологічних процесів, суттєво обмежують традиційні підходи до оцінки запасів родовищ калійних солей в межах Передкарпатського прогину, особливо їх достовірність у порівнянні із іншими – нерозчинними у воді видами мінеральної сировини.

У зв'язку із цим для їх геолого-економічної оцінки, дорозвідки та експлуатаційної розвідки, пропонується найбільш ефективні та достовірні підходи, з урахуванням мінімізації ризиків порушення гідрогеологічних умов, ініціювання водопритоків, активізації соляного карсту та інших небезпечних геологічних процесів. Суть пропонованого підходу для гідрогеологічно-безпечної дорозвідки та експлуатаційної розвідки калійних родовищ, полягає у проходженні розвідувальних стовбурів шахт, горизонтальних квершлагів, штреків, підземного буріння та опробування рудних тіл в межах виділених блоків, встановлення точної потужності покладів, мінерального та хімічного складу.

При негативному результаті геолого-економічної оцінки на яку будуть витрачені значні кошти, пов'язані насамперед із витратами на гірничо-прохідницькі та підземні бурові роботи, потенційний надкористувач може використати підземний простір геологічного середовища в якості ресурсу для спелеолікування.

Ключові слова: родовища калійних солей, Передкарпатський прогин, геологічна будова, мінеральний склад, геолого-економічна оцінка, дорозвідка, експлуатаційна розвідка, спелеолікування.

Вступ. Особливості геологічної будови, потужний вплив тектонічних процесів, у тому числі галокінезу (соляної тектоніки) на залягання покладів, складні гідрогеологічні умови, водорозчинність руд та вмісних порід, ризики активізації соляного карсту суттєво обмежують традиційні підходи до оцінки запасів родовищ калійних солей в межах

Передкарпатського прогину, особливо їх достовірність [1, 2, 3, 4, 6, 10, 12]. Саме тому досить часто важко забезпечити достовірну геологічну розвідку таких родовищ, не порушивши водотривкі поклади над соленосною товщею, а також майбутню водозахисну стелю водорозчинних відкладів та мінімізуючи втрати запасів, які будуть включені до складу водозахисних ціликів.

Щоб провести достовірну геологічну розвідку калійних родовищ і при цьому не порушити водотривкі поклади над соленосною товщею та власне водорозчинні калійні руди, традиційно застосовують поєднання малоруйнівних методів, спеціальних технологій буріння та суворого контролю гідрогеологічного режиму, із контролем стану геологічного середовища геофізичними методами (без порушення масиву): сейсморозвідкою (2D/3D) для визначення прогнозної геометрії соляних тіл та морфології перекриваючих шарів, електророзвідкою, яка добре виділяє соленосні масиви, особливо їх кривлю через високу електропровідність високомінералізованих вод соляного дзеркала та ін. Це дозволяє мінімізувати кількість свердловин і не порушувати водотривкі горизонти без потреби, раціонально розміщувати свердловини в межах ділянок надр, бурити тільки оптимально необхідну кількість свердловин, уникати їх закладення у зонах тектонічних порушень, тріщинуватості, підвищеної водоносності.

На практиці досить важко дотриматись усіх цих застережень, а іноді – практично неможливо. Як наслідок, після початку розробки таких розвіданих родовищ, у копальнях з часом з'являються водопритоки, у тому числі катастрофічні, як унеможливають подальшу експлуатацію, аж до аварійного стану та затоплення і таких прикладів у світі є чимало, у тому числі і в Україні. Дуже ймовірно, що першопричиною водопритоків у копальні Стебницького родовища, були зумовлені саме через невдало пробурені розвідувальні свердловини і такі проблеми можуть мати місце на інших розвіданих родовищах, які не експлуатуються.

Постановка проблеми. Специфічна геологічна будова, тектонічна порушеність, складні гідрогеологічні умови, особливості мінерального складу калійних руд, різна розчинність соляних мінералів, ризики активізації соляного карсту, водопритоків та виведення з ладу із втратою запасів родовищ калійних руд Передкарпатського прогину, потребують впровадження радикально нових підходів на етапах розвідки, дорозвідки та геолого-економічної оцінки. Усі ці проблеми, комплексно розглянуті у даній роботі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Даній проблемі присвячена низка публікацій П.М. Білоніжки, В.О. Ващенко, Л.С. Герасімова, В.І. Кітика, В.І. Ловинюкова, О.П. Міщенко, Д.П. Хрушова, [1-4, 7, 8, 10, 14]. У цих роботах розглянуті особливості мінерального складу, екологічні та геохімічні наслідки експлуатації калійних родовищ. У працях В.О. Дяківа, А.А. Іванова, Г.І. Рудька та Методичних рекомендаціях ДКЗ України розглянуті питання геолого-економічної оцінки та методів розвідки родовищ калійних солей [5, 6, 9, 11, 12, 13].

У той же час нами не зустрінуті публікації, де висвітлено комплексні підходи до питання достовірної дорозвідки родовищ калійних руд Передкарпатського прогину.

Мета статті – Аналіз методів розвідки та геолого-економічної родовищ калійних солей в межах Передкарпатського прогину для виявлення найбільш ефективних та достовірних підходів, з урахуванням мінімізації ризиків порушення гідрогеологічних умов, ініціювання водопритоків, активізації соляного карсту.

Методика досліджень – вивчення особливостей мінерального складу калійних руд, залягання рудних тіл, гідрогеологічних умов, ретроспективний аналіз методів та результатів розвідки родовищ калійних солей, їх геолого-економічної оцінки.

Виклад основного матеріалу. У межах Передкарпатського прогину, що простягається по території України смугою довжиною 230 км і шириною

25-60 км понад 20 родовищ калійних солей, з яких найбільшими є Стебницьке та Калуш-Голинське (група Калуш-Голинських родовищ: Сивка-Калуське, Домбровське, Пійло, Голинське) (рис. 1).

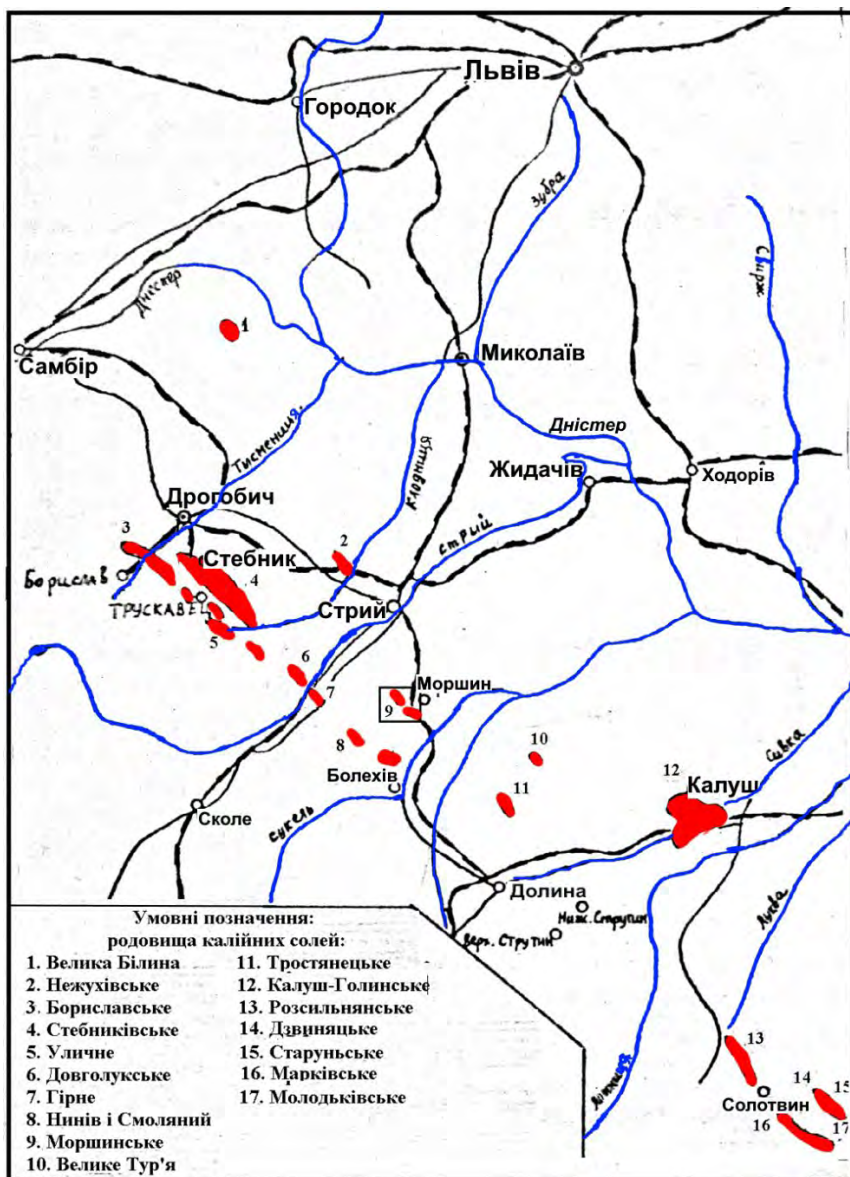


Рис. 1. Просторова локалізація родовищ калійних солей, розвіданих в межах Передкарпатського прогину: 1 – Велико-Білинське, 2 – Нежухівське, 3 – Бориславське, 4 – Стебницьке, 5 – Уличинське, 6 – Довголуцьке, 7 – Гірне, 8 – Нинів-Смолянське, 9 – Моршинське, 10 – Велика Тур'я, 11 – Тростянецьке, 12 – Калуш-Голинська група родовищ (Домброво, Кадобна, Пійло), 13 – Розсільнянське, 14 – Дзвиняцьке, 15 – Старунське, 16 – Марківське, 17 – Молодьківське

Згідно з додатком № 3 постанови КМУ від 14.07.2025 № 845 затверджено перелік ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення, що надаватимуться у користування шляхом проведення аукціону (електронних торгів) з продажу спеціального дозволу на користування надрами: Пійло, Кадобна, Тростянецьке, Тура Велика, Бориславське, Гірне, Доброгостівське, Довголука, Моршинське, Нинів і Смоляний, Помярки, Улично [10].

Родовища кам'яної і калійних солей та природних розсолів утворюють Передкарпатський соленосний басейн, який займає територію Бориславсько-Покутської і Самбірської зон однойменного прогину.

Особливості мінерального складу родовищ калійних солей Передкарпатсько-го прогину. Родовища калійних солей басейну є унікальними за мінеральним складом. Вони представлені, в основному, полімінеральними (хлористо-сульфатними) калійно-магнієвими солями переважно каїніт-лангбейнітового складу, досить часто породотворюючими є також полігаліт, кізерит, сильвін. Калійні руди родовищ Передкарпаття характеризуються багатоманітністю і непостійністю мінерального складу, до якого входить понад 20 хлоридних, сульфатних і хлоридно-сульфатних мінералів.

За хімічним складом поклади ралійних руд Передкарпатського прогину відносяться до солей сульфатного типу. Вони характеризуються дуже складним і своєрідним комплексом соляних мінералів і винятково великим вмістом глинистого матеріалу (10-15%, іноді до 25%). Головними породами калійних солей є каїнітова, лангбейнітова, каїніт-лангбейнітова і полімінеральна. У них найбільше поширені каїніт – $KMg[Cl, SO_4] \cdot 3H_2O$ лангбейніт – $K_2Mg_2(SO_4)_3$, в меншій мірі полігаліт – $K_2MgCa_2[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$, кізерит – $MgSO_4 \cdot H_2O$, сильвін, карналіт – $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$, шеніт – $K_2Mg[SO_4]_2 \cdot 6H_2O$, леоніт – $K_2Mg[SO_4] \cdot 4H_2O$, астраханіт $Na_2Mg[SO_4]_2 \cdot 4H_2O$, ангідрит, рідко трапляються вантгофіт – $Na_6Mg[SO_4]_4$, левейт $Na_2Mg[SO_4]_2 \cdot 2,5H_2O$. Невід'ємною складовою частиною є галіт. У зонах гіпергенезу соляних відкладів утворюються гіпс, калушит (сингеніт) $K_2Ca[SO_4]_2 \cdot H_2O$, мірабіліт та ін.

Важливу роль у складі калійних порід відіграє глинистий і алевритно-піщаний теригенний матеріал, який також треба зачислити до основних породотворних компонентів і який часто описується під загальним терміном «нерозчинний залишок». З мінералогічної точки зору, в «нерозчинному залишку» домінують кварц, хлорит та гідрослюда, з підпорядкованим значенням польового шпату, кальциту і доломіту.

Відмінною рисою руд Прикарпаття, порівняно з аналогічними закордонними родовищами (Румунія), є строкатість мінералогічного складу (навіть у межах однієї ділянки видобутку) і надзвичайно високий вміст глинисто-мулисто-піскової фракції, тобто нерозчиненого залишку, що досягає 20% і вище.

Ці мінерали формують найбільш поширені і каїніто-лангбейнітові руди, вміст каїніту у яких коливається від 12 до 25%, лангбейніту від 10 до 20%, галіту – від 30 до 40%, нерозчинного залишку (глинисто-мулисто-піщаного компоненту) від 10 до 30%, що у вигляді тонких прошарків та крапель міститься також полігаліт від 4 до 10%, а також лангбейніт-каїнітові (припереважанні каїніту), рідше переважно каїнітові та переважно лангбейнітові руди, а також, значно рідше каїніт-кізеритові, сильвінітові руди [1]. Крім Калуш-Голинського та Стебницького родовищ, добре розвіданими і перспективними для видобутку є Бориславське (каїніто-лангбейнітова руда), Марково-Розсильнянське (лангбейніто-каїнітова руда), Нежуховське (каїніто-кізеритова руда) і Тростянецьке (лангбейнітова руда). Середній мінералогічний склад руди основних Прикарпатських родовищ наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Мінералогічний склад полімінеральних руд з родовищ Західного регіону України

Мінерал	Родовища					
	Калуш-Голинська група				Стебницьке	Бориславське
	Голинь	Сівка Калуська	Домброво	Пійло		
Каїніт	26,17	23,18	17,07	13,41	15,98	21,99
Лангбейніт	3,20	2,45	16,04	5,53	10,95	11,86
Сильвін	8,80	9,01	4,36	9,76	4,44	2,18
Полігаліт	4,40	4,86	7,24	5,67	6,33	10,82
Галіт	38,60	39,45	27,67	35,31	35,78	22,76
Шеніт	0,80	0,52	2,39	0,85	0,30	0,67
Леоніт	-	-	-	-	-	1,23
Кізерит	3,10	2,84	6,82	7,08	4,00	3,34
Епсоміт	0,20	0,02	0,42	-	3,50	1,36
Карналіт	1,59	0,76	0,17	0,43	0,20	0,07
Глазерит	-	-	0,21	-	-	0,42
Астраханіт	-	-	0,42	-	-	0,14
Тенардит	-	-	0,54	-	-	-
Мірабіліт	-	-	0,10	-	-	-
Ангідрит	1,20	1,73	0,34	2,14	-	0,87
Гіпс	0,02	-	0,09	-	-	0,02
Левеїт	-	-	-	-	-	0,02
Н.з. (глина, мул, пісок)	10,60	13,09	14,84	17,34	16,84	18,97

Найпоширенішим калійним та магнієвим мінералом полімінеральних руд Передкарпатського прогину є каїніт. Каїніт – перший калійний мінерал, виявлений у Прикарпатті. У 1868 р. О. Хінгенау (O.Hingenau) повідомив, що власне каїнітові порода в Калуші була відкрита Бенедиктом Маргулісом, який встановив, що каїніт у родовищі переважає над сильвіном. Каїнітова порода є найбільш поширеною серед калійних порід Прикарпаття, є досить однотипною, переважно дрібнозернистою і має сірувато-жовтий, голубувато-жовтий, рідше червонувато-жовтий кольори. До її складу входять здебільшого галіт і каїніт з незначною домішкою полігаліту (3-10 %) та глинисто-мулисто-піщаного матеріалу (6-25 %). У залежності від кількісного співвідношення основних компонентів галіту і каїніту виділяються дві основні групи каїнітових порід: власне каїнітові (вміст галіту 20-40 %, каїніту 35-60 %) і каїніт-галітова (вміст галіту 40-50 %, каїніту 20-35 %). Але макроструктурно ці дві породи за текстурними і структурними особливостями суттєво не відрізняються одна від одної.

Другим поширеним калійним мінералом є лангбейніт як продукт осадження залишкових згущених калійно-магнієвих високомінералізованих розчинів. Підвищення температури і тиску в період пізнього діагенезу також може сприяти утворенню лангбейніту з іншими нестабільними мінералами соляних покладів. Саме тому вміст лангбейніту у різних родовищах Передкарпатського прогину суттєво змінюється від менше 2,5 % до понад 24 %.

Особливості залягання рудних тіл. Рудні тіла калійних руд в межах детально розвіданих родовищ Передкарпатського прогину залягають у вигляді пластів, лінз, часто зім'яті у складки (рис. 2).

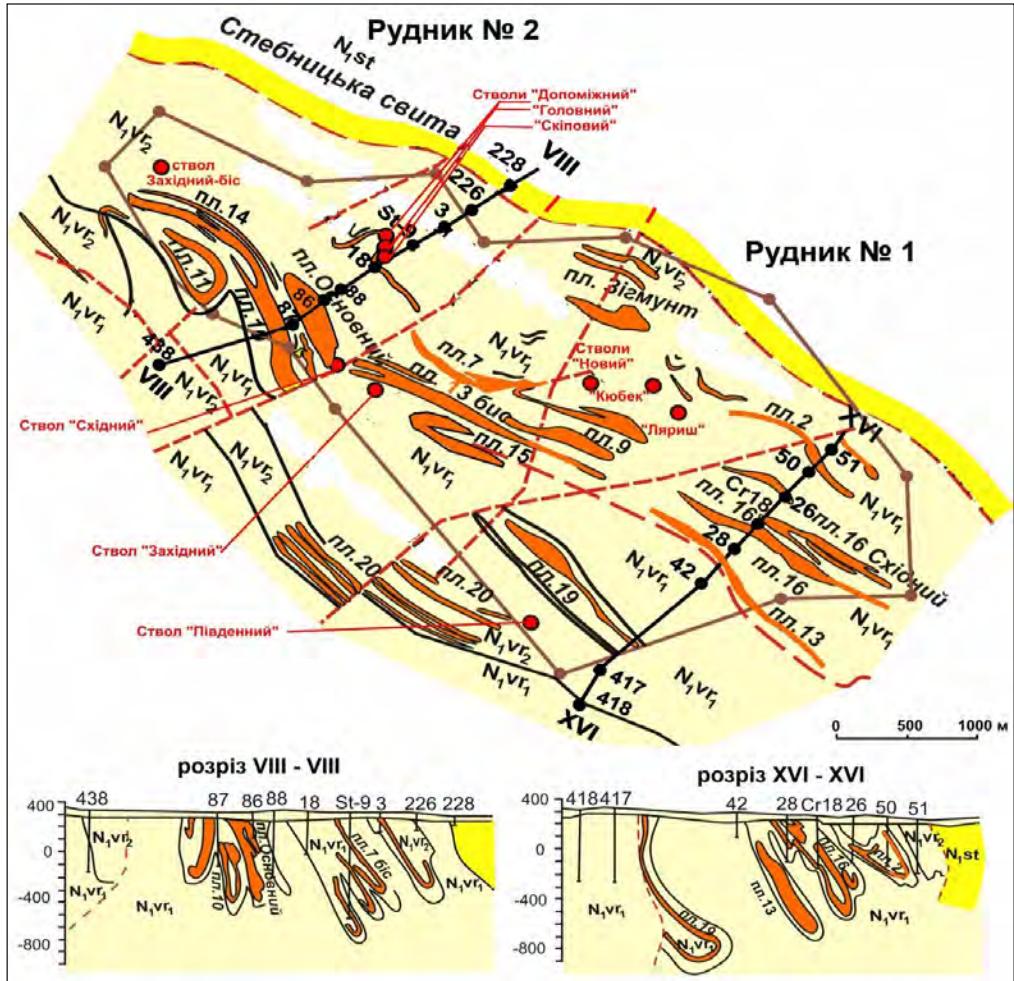


Рис. 2. Геологічна карта та розрізи Стебницького родовища калійних солей із просторовим розташуванням калійних пластів та стовбурів рудника № 1 (південно-східна частина) та рудника № 2 (північно-західна частина) – за даними Кудрявцев Ю.Е., 1985 (фондові матеріали)

Особливості гідрогеологічних умов. Усі попередньо розвідані Передкарпатського прогину характеризуються досить складними гідрогеологічними умовами пов'язаними із неоднорідностями літологічного складу – перешаруванням та різними типами контактів, найрізноманітнішими проявами тектонічної порушеності – від класичних розломів, зон брекчіювання та проявів соляної тектоніки, контактами із водонасиченими товщами, неоднорідністю водозахисної елювіальної товщі.

Головною умовою забезпечення безпечного підземного видобутку калійних родовищ є збереження повної водонепроникності порід водозахисної товщі гіпсово-глинистого капелюха, адже навколо кожної розвідувальної свердловини, яка «підрізала» продуктивний поклад, при проектуванні експлуатації – відробки камерним способом, передбачається охоронні цілики (рис. 3).

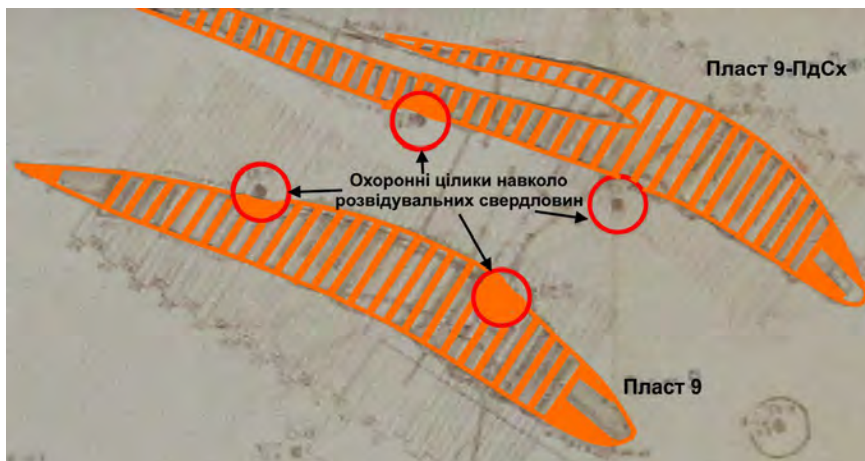


Рис. 3. Охоронні цілики, навколо кожної розвідувальної свердловини, які «підрізали» пласти № 9 та 9-ПдСх Стебницького родовища, в межах яких відробка запасів заборонена

Кожна пробурена з поверхні розвідувальна свердловина, створює ризик прущення водозахисного цілика потужністю 50-60 м у соляних породах. Оскільки порушення цілісності Стебницькому та Калуш-Голинському родовищах призвело до того, що підземні виробки стали ділянками розвантаження агресивних вод.

Найбільш складні гідрогеологічні умови, що можуть становити потенційну загрозу вдобуванню, притаманна для верхніх, приповерхневих горизонтів, де може мати місце гідравлічний зв'язок з карстовим водоносним горизонтом, а також із прісними водами зони активного водообміну, які в свою чергу можуть бути зв'язані з поверхневими водами річок, озер, боліт, із основним джерелом живлення від атмосферних опадів. В зв'язку з низькою мінералізацією, надсолеві води зони активного водообміну зазвичай є агресивними до соленосних відкладів.

Саме тому порушення водозахисної товщі при розвідувальних роботах для калійних родовищ є критично важливим та має бути мінімальним. Захист калійних покладів від потенційних водопритоків, враховуючи практику експлуатації Стебницького та Калуш-Голинського родовищ, повинен здійснюватися шляхом залишення водозахисних ціликів потужністю не менше 50-60 м.

Специфіка розвідувальних робіт та дорозвідки родовищ калійних солей Передкарпатського прогину. Безпечна розвідка соляного родовища базується на принципі: «Максимум інформації за мінімуму втручання в геологічне середовище».

Саме тому, детальна дорозвідка родовищ калійних солей Передкарпатського прогину, можлива лише підземним способом, при проходці гірничих виробок із розбурюванням пластів, без виходу стовбурів свердловин на поверхню. Саме так проводилась дорозвідка Стебницького та Калуш-Голинської групи родовищ, що дозволило суттєво приростити первинно-розвідані запаси та підвищити їхню достовірність.

Детально розвідати поклади калійних солей Передкарпатських родовищ способами, які зазвичай використовують для інших корисних копалин, практично неможливо через ризики збільшення ймовірності водопритоків і як наслідок активізації соляного карсту через кожну розвідувальну свердловину.

Розвідка родовищ калійних солей проводиться свердловинами колонкового буріння, зазвичай з обмеженим обсягом підземних гірничих виробок. Зрозуміло, що така

розріджена мережа розвідувальних свердловин, не дозволяє достовірно оцінити запаси, особливо враховуючи неоднорідність та строкатість мінерального складу покладів.

Крім розрідженої мережі розвідувальних свердловин, застосовувались способи герметизації, цементування, тампонування та надійної ліквідації розвідувальних свердловин, технології буріння з ізоляцією водоносних горизонтів зони активного водообміну та соляного дзеркала, в інтервалах яких облаштовується кондуктор, а в межах безводних (водотривких соленосних відкладів – технічна колона).

При цьому при бурінні використовувались спеціальні високомінералізовані бурові розчини – неагресивні до соляних порід, натомість категорично заборонялось буріння із застосуванням у якості основи бурового розчину прісної води, оскільки це може бути додатковим чинником активізації соляного карсту.

Такі прийняті заходи виключали розчинення солей при геолого-розвідувальних роботах, розущільнення покрівлі та мінімізації ризиків розвитку соляного карсту, а також дозволяють оцінити потужність калійних пластів та їх просторової локалізації в межах соляної товщі, якість калійних руд стан водотривких шарів.

У той же час ризик будівництва капітальних копалень створюю ризики погіршення гідрогеологічних умов при додаткових геолого-розвідувальних роботах з поверхні. Одним із можливих виходів із даної ситуації є проектування розвідувальних шахт, квершлагів, штреків, підземних свердловин при дорозвідці чи експлуатаційній розвідці попередньо виявлених рудних тіл (рис. 4).

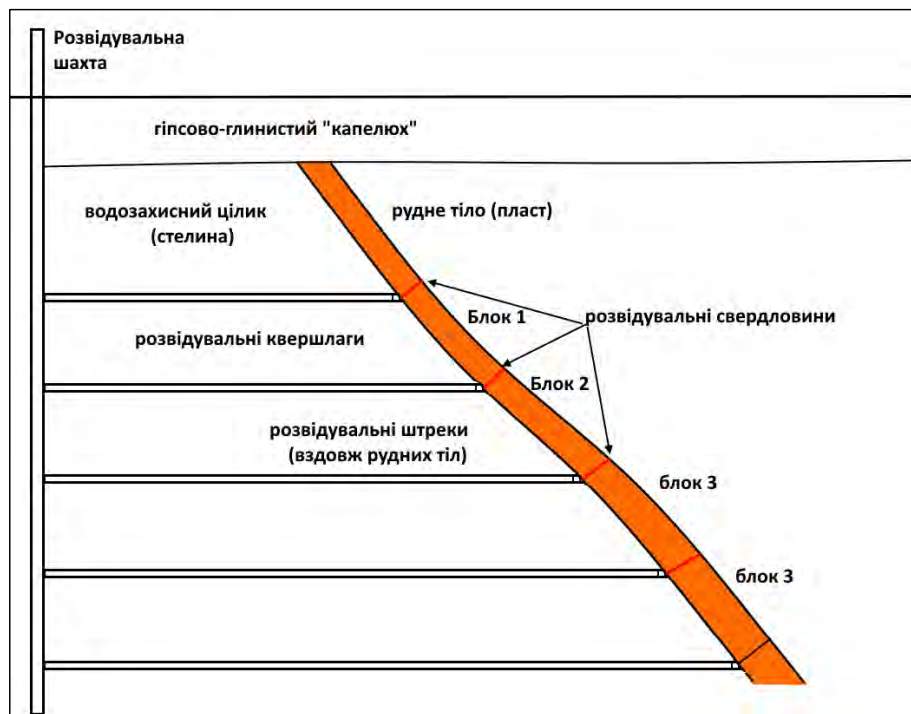


Рис. 4. Принципова схема пропонованого підходу до геолого-економічної оцінки, дорозвідки та експлуатаційної розвідки раніше розвіданих родовищ, із виділенням блоків для підрахунку з метою уточнення загальних, балансових та експлуатаційних запасів без порушення гідрогеологічних умов та ризиків активізації соляного карсту

Суть пропонованого підходу полягає у проходженні:

1) розвідувального стовбура розвідувальної копальні, мінімального січення, із належною гідроізоляцією, який при позитивних наслідках розвідувальних робіт, може стати вентиляційним;

2) розвідувальних горизонтальних квершлагів від шахтного стовбура до рудного тіла на різних проєктованих горизонтах;

3) розвідувальних штреків від локацій перетину квершлагами рудних тіл у протилежних напрямках вздовж їх простягання – це дозволяє прослідкувати особливості морфології по простягання, із виявленням порушень залягання, виклинювань, заміщень;

4) підземне буріння та опробування рудних тіл в межах виділених блоків, при цьому підземні бурові роботи можуть відбуватися як у висячому, так і лежачому боках рудних тіл, але в кожному випадку, треба встановити точну потужність покладу, його усереднений мінеральний та хімічний склад, а також вміст K_2O , MgO , $NaCl$ та нерозчинного залишку.

Підрахунок запасів калійних солей у блоках – це стандартний метод оцінки запасів для родовищ пластового або лінзоподібного типу Передкарпатського прогину. Суть методу полягає у розбитті однорідних ділянок пластів чи лінз на окремі геологічні блоки та виконати розрахунок запасів окремо для кожного з них.

У межах ділянок виділяють блоки за вибраною моделлю геологічної будови, сіткою пройдених гірничих виробок та пробурених розвідувальних свердловин, результатами опробування, якістю руди (вміст K_2O , MgO , $NaCl$, нерозчинний залишок), глибиною залягання, при цьому кожен блок вважається умовно-однорідним.

Для кожного блоку визначають:

1) площу – S ;

2) середню потужність – m ;

3) середній вміст – K_2O (у відсотках чи долях) – K ;

4) густину (об'ємну масу) – γ .

Запаси калійних солей визначаються за формулою: $Q=S \cdot m \cdot \gamma \cdot K$

де: Q – запаси руди (млн т) у блоці; S – площа блоку (m^2);

m – середня потужність пласта (м) у блоці; γ – об'ємна маса (t/m^3);

K – коефіцієнт якості (вміст корисного компонента, частка K_2O : при вмісті 12 % – частка становить 0,12).

На основі цих даних, а також планованого способу розробки – зазвичай камерного способу, розраховують:

1) загальні геологічні запаси (без урахування втрат);

2) балансові запаси (з урахуванням кондицій);

3) видобувні (експлуатаційні) запаси (з урахуванням втрат на залишені руди у між-камерних ціликах та розубоження).

Особливістю розвіданих калійних родовищ Передкарпатського прогину, є те, що для них може бути притаманний вкрай неоднорідний мінеральний склад, дуже складна морфологія рудних тіл, у тому числі їх виклинювання та заміщення на пусті породи, тектонічна порушеність, складні гідрогеологічні умови та низка інших геологічних особливостей, які варто виявити під час дорозвідки та експлуатаційної розвідки.

Позитивна та негативна геолого-економічна оцінка за результатами підземної дорозвідки. Природньо, що запропонований підхід є досить коштовним, і не жаль не завжди надрокористувач може отримати позитивний для себе результат: за позитивних результатів геолого-економічної оцінки, сприятливості гірничо-геологічних та гідрогеологічних умов, відсутності водопритоків, чи їх ефективному пригніченні, обмеженому поширенню тектонічних порушень, достатній кількості загально-геологічних, балансови

та експлуатаційних запасів, надрокористувач, отримавши усі необхідні дозвільні документи, насамперед протокол ДКЗ України, може проєктувати повноцінне видобування, збагачення та тримання готової продукції.

Але що робити надрокористувачу при негативних результатах геолого-економічної оцінки?

До прикладу коли гірничо-геологічні та гідрогеологічні умови досить складні, виявлені водопритоки, чий стан викликає занепокоєння та потребує застосування складних технічних рішень, щоб ефективно їх пригнічувати, поширені тектонічні порушення, а найважливіше – кількості розвіданих загально-геологічних, балансових та експлуатаційних запасів, чи їх якість (за рахунок малої потужності рудних тіл і їх значного розубожування, не дозволяє тривалий час проводити видобування чи ефективне збагачення, затративши при цьому значні інвестиції.

Негативний результат геолого-економічної оцінки у такому разі при значних витратах на гірничо-прохідницькі та підземні бурові роботи, частково чи навіть повністю може бути компенсований використанням надрокористувачем геологічного середовища в якості ресурсу для спелеолікування: пройдені розвідувальні шахтні стовбури, квершлагги, штреки, можуть бути використані як локації для лікування астми, алергії та інших хворіб при відповідному додатковому дослідженні, отриманні відповідного дозволу на користування надрами, проєктуванні та будівництві підземної спелеолікарні.

Висновки

За результатами проведених досліджень, можна зробити наступні висновки:

1. В межах Передкарпатського прогину, що простягається по території України смугою довжиною 230 км від Польщі до Румунії розвідано понад 20 родовищ калійних солей, особливістю яких є те, що для них може бути притаманний вкрай неоднорідний мінеральний склад, дуже складна морфологія рудних тіл, у тому числі їх виклинювання та заміщення на пусті породи, тектонічна порушеність, у тому числі прояви соляної тектоніки, складні гідрогеологічні умови із підвищеними ризиками водопритоків та низка інших геологічних особливостей.

2. Саме тому, детальна дорозвідка родовищ калійних солей Передкарпатського прогину, можлива лише підземним способом, при проходці гірничих виробок із розбурюванням пластів, без виходу стовбурів свердловин на поверхню. Саме так проводилась дорозвідка Стебницького та Калуш-Голинської групи родовищ, що дозволило суттєво приростити первинно-розвідані запаси та підвищити їхню достовірність.

3. Суть пропонованого підходу для гідрогеологічно безпечної дорозвідки та експлуатаційної розвідки калійних пополягає у проходженні:

а) розвідувального стовбура розвідувальної копальні, мінімального січення, із належною гідроізоляцією, який при позитивних наслідках розвідувальних робіт, може стати вентиляційним;

б) розвідувальних горизонтальних квершлагів від шахтного стовбура до рудного тіла на різних проєктованих горизонтах;

в) розвідувальних штреків від локацій перетину квершлагами рудних тіл у протилежних напрямках вздовж їх простягання – це дозволяє прослідкувати особливості морфології по простягання, із виявленням порушень залягання, виклинювань, заміщень;

г) підземне буріння та опробування рудних тіл в межах виділених блоків, при цьому підземні бурові роботи можуть відбуватися як у висячому, так і лежачому боках рудних тіл, але в кожному випадку, треба встановити точну потужність покладу, його усереднений мінеральний та хімічний склад, а також вміст K_2O , MgO , $NaCl$ та нерозчинного залишку.

4. В межах ділянок виділяють блоки за вибраною моделлю геологічної будови, сіткою пройдених гірничих виробок та пробурених розвідувальних свердловин, результатами опробування, якістю руди (вміст K_2O , MgO , $NaCl$, нерозчинний залишок), глибиною залягання, при цьому кожен блок вважається умовно-однорідним.

5. Негативний результат геолого-економічної оцінки у такому разі при значних витратах на гірничо-прохідницькі та підземні бурові роботи, частково чи навіть повністю може бути компенсований використанням надрокористувачем геологічного середовища в якості ресурсу для спелеолікування: пройдені розвідувальні шахтні стовбури, квершлаги, штреки, можуть бути використані як локації для лікування астми, алергії та інших хворіб при відповідному додатковому дослідженні, отриманні відповідного дозволу на користування надрами, проєктуванні та будівництві підземної спелеолікарні

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білоніжка П. Стебницьке родовище калійних солей: розроблення, відходи збагачення руд, проблеми охорони довкілля / П. Білоніжка, В. Дяків. Праці наукового товариства ім. Шевченка. Т. XXX. Геологічний збірник. Львів., 2012. С. 199–209.
2. Ващенко В.О. та ін. Геологічна будова соленосної моласи Українського Передкарпаття (звіт по темі: «Довивчення соленосної моласи Передкарпатського прогину» за 1999–2001 рр.). Львів, 2001. Фонди ЛГРЕ.
3. Ващенко В.О. та ін. Геологічна будова і корисні копалини території аркуша М-35-XXV (Івано-Франківськ). Звіт з геологічного довивчення площі масштабу 1 : 200 000 за 1999–2005 рр. Львів, 2005. Фонди ЛГРЕ.
4. Герасімов Л.С. та ін. Державна геологічна карта України. Масштаб 1 : 200 000. Карпатська серія. Аркуші М-34-XXIII (Пшемисль), М-34-XXIV (Дгоробич). Пояснювальна записка. Київ, 2005. Фонди ЛГРЕ.
5. Дяків В.О. Геолого-економічна оцінка родовищ калійних солей Передкарпатського прогину: особливості мінерального складу, специфіка дорозвідки, проблеми видобування та збагачення, зміни підходу до класифікації/ В.О. Дяків, А.В. Панченко, В.Ю. Петришин, З.З. Хевпа. Матеріали Десятої міжнародної науково-практичної конференції: «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» (6-10 жовтня 2025 р., м. Львів). Львів: 2025. С. 357–363. URL: https://conf.dkz.gov.ua/files/2025_materials_net.pdf
6. Іванов А.А. Галогенні формації (мінеральний склад, типи та умови утворення, методи пошуків та розвідки родовищ мінеральних солей) / А.А. Іванов, М.Л. Воронова. М.: Надра. 1972. 328 с.
7. Кітик В.І. Солоносні освіти України, пов'язані з ними корисні копалини та перспективи використання їх у народному господарстві / В.І. Кітик, О.І. Петrenchенко. Геологія та поліз, копалин. соленосних товщ. Київ: «Наукова думка». 1974. С. 5–14.
8. Ловинюков В.І. Стебницьке родовище – головний об'єкт видобутку калійних солей в Україні. / В.І. Ловинюков, І.П. Пижук. Галогенні формації України. Матеріали соленосних формацій України. Київ: Наук. думка, 1977. с. 14–22.
9. Методичні вказівки щодо застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ викопних солей. Затверджено наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин від 3 березня 2016 № 74.
10. Міщенко О.П. та ін. Аналіз співставлення даних розвідки та розробки Калуського родовища калійних солей Івано-Франківської обл. Львів, 2006. Фонди ЛГРЕ.
11. Про затвердження переліків корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення і переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення // Постанова Кабінету Міністрів України від 14 липня 2025 р. N 845. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/845-2025-%D0%BF#Text>

12. Рудько Г.І. Соляні ресурси Передкарпаття та перспективи їх використання / Г.І. Рудько, В.Ю.Петришин. Київ – Чернівці : Букрек, 2017. 472 с.
13. Семчук Я.М. Наукові та методичні основи охорони геологічного середовища в районах розробки калійних родовищ (на прикладі Передкарпаття). Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Івано-Франківський технічний ун-т нафти і газу. Івано-Франківськ, 1995. 46 с.
14. Хрущов Д.П. Літологія та геохімія галогенних формацій Передкарпатського прогину. Київ: Наук. думка, 1980. 312 с.

REFERENCES

1. Bilonizhka, P. (2012). Stebnyts'ke rodovyshche kaliynykh soley: rozroblennya, vidkhody zbahachennya rud, problemy okhorony dovkillya / P. Bilonizhka, V. Dyakiv. Pratsi naukovohto tovarystva im..Shevchenka. T. KHKHKH. Neolohichnyy zbirnyk L'viv., S. 199–209.
2. Vashchenko, V.O. ta in. (2001). Neolohichna budova solenosnoyi molasy Ukrayins'koho Peredkarpattya (zvit po temi: «Dovyvchennya solenosnoyi molasy Peredkarpat-s'koho prohynu» za 1999–2001 rr.). L'viv, Fondy LHRE.
3. Vashchenko, V.O. ta in. (2005). Neolohichna budova i korysni kopalyny terytoriyi arkusha M-35-XXV (Ivano-Frankivs'k). Zvit z heolohichnoho dovyvchennya ploshchi masshtabu 1 : 200 000 za 1999–2005 rr. L'viv, Fondy LHRE.
4. Herasimov, L.S. ta in. (2005). Derzhavna heolohichna karta Ukrayiny. Masshtab 1 : 200 000. Karpat-s'ka seriya. Arkushi M-34-XXIII (Pshemysl'), M-34-XXIV (Dhorobych). Poyasnyval'na zapyska. Kyiv, Fondy LHRE.
5. Dyakiv, V.O. (2025). Heoloho-ekonomichna otsinka rodovyshch kaliynykh soley Peredkarpat-s'koho prohynu: osoblyvosti mineral'noho skladu, spetsyfika dorozvidky, problemy vydobuvannya ta zbahachennya, zminy pidkhodu do klasyfikatsiyi/ V.O. Dyakiv, A.V. Panchenkr, V.YU. Petryshyn, Z.Z. Khevpa. Materialy Desyatoyi mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi: «Nadrokorystuvannya v Ukrayini. Perspektyvy investuvannya» (6-10 zhovtnya 2025 r., m. L'viv). L'viv: S. 357–363. Retrieved from: https://conf.dkz.gov.ua/files/2025_materials_net.pdf
6. Ivanov, A.A. (1972). Halohenni formatsiyi (mineral'nyy sklad, typy ta umovy utvorennya, metody poshukiv ta rozvidky rodovyshch mineral'nykh soley) / A.A. Ivanov, M.L. Voronova. M.: Nadra. 328 s.
7. Kityk, V.I. (1974). Solonosni osvity Ukrayiny, pov'yazani z nymy korysni kopalyny ta perspektyvy vykorystannya yikh u narodnomu hospodarstvi / V.I. Kityk, O.I. Petrechenko. Heolohiya ta poliz, kopalyn. solonosnykh tovshch. Kyiv: «Naukova dumka». S. 5–14.
8. Lovynyukov, V.I. (1977). Stebnyts'ke rodovyshche – holovnyy ob'yekt vydobutku kaliynykh soley v Ukrayini. / V.I. Lovynyukov, I.P. Pyzhuk. Halohenni formatsiyi Ukrayiny. Materialy solenosnykh formatsiyi Ukrayny. Kyev: Nauk. dumka, s. 14–22.
9. Metodichni vkazivky shchodo zastosuvannya Klasyfikatsiyi zapasiv i resursiv korysnykh kopalyn derzhavnogo fondu nadr do rodovyshch vykopnykh soley. Zatverdzheno nakazom Derzhavnoyi komisiyi Ukrayiny po zapasakh korysnykh kopalyn vid 3 bereznya 2016 № 74.
10. Mishchenko, O.P. ta in. (2006). Analiz spivstavlennya danykh rozvidky ta rozrobky Kalus'koho rodovyshcha kaliynykh soley Ivano-Frankivs'koyi obl. L'viv, Fondy LHRE.
11. Pro zatverdzhennya perelikiv korysnykh kopalyn ta komponentiv stratehichnoho ta krytychnoho znachennya i perelikiv dilyanak nadr (rodovyshch korysnykh kopalyn) stratehichnoho ta (abo) krytychnoho znachennya. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 14 lypnya 2025 r. N 845. Retrieved from: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/845-2025-%D0%BF#Text 13](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/845-2025-%D0%BF#Text%2013).
12. Rud'ko, H.I. (2017). Solyani resursy Peredkarpattya ta perspektyvy yikh vykorystannya / H.I. Rud'ko, V.YU.Petryshyn // Kyiv – Chernivtsi : Bukrek, 472 s.

13. Semchuk, YA.M. (1995). Naukovi ta metodychni osnovy okhorony heolohichnoho seredovyscha v rayonakh rozrobky kaliynykh rodovysch (na prykladi Peredkarpattya). Avtoref. dys. ... d-ra tekhn. nauk. Ivano-Frankivs'kyi tekhnichnyi un-t nafty i hazu. – Ivano-Frankivs'k, 46 s.
14. Khrushchov, D. P. (1980). Litolohiya ta heokhimiya halohennykh formatsiy Peredkarpat's'koho prohynu. Kyiv: Nauk. dumka, 312 s.

UNDERGROUND EXPLORATION OF POTASSIUM SALT DEPOSITS OF THE PRECARPATHIAN TREADMILL OF THE WESTERN REGION OF UKRAINE

Volodymyr Petryshyn

*State Commission of Ukraine on Mineral Resources, 18/7, Henerala Almazova Str.,
Kyiv, Ukraine, 01133*

*Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskoho Str., Lviv, Ukraine, 79005
e-mail: geology1982@ukr.net*

Within the Precarpathian depression of the western region of Ukraine, more than 20 deposits of potash salts have been previously explored, which are characterized by a tectonically disturbed geological structure, including manifestations of salt tectonics, a specific and variegated mineral composition of ores, and complex mining, geological, and hydrogeological conditions. The Stebnytske and Kalush-Holynske deposits have been exploited here for more than 100 years, the development of which revealed a number of specific characteristics that must be taken into account before the start of mining, namely at the stages of geological exploration and geological and economic assessment.

The peculiarities of the geological structure, mineral composition, morphology of ore bodies formed under conditions of strong influence of geotectonic processes on the occurrence of deposits, water solubility of ores and host rocks, risks of activation of salt karst and other dangerous geological processes, significantly limit traditional approaches to the assessment of reserves of potassium salt deposits within the Precarpathian depression, especially their reliability in comparison with other – insoluble in water types of mineral raw materials.

In this regard, for their geological and economic assessment, additional exploration and operational exploration, the most effective and reliable approaches are proposed, taking into account the minimization of risks of disruption of hydrogeological conditions, initiation of water inflows, activation of salt karst and other dangerous geological processes. The essence of the proposed approach for hydrogeologically safe additional exploration and operational exploration of potash deposits is the passage of exploration shafts of mines, horizontal cross-cuts, drifts, underground drilling and testing of ore bodies within the allocated blocks, establishing the exact thickness of deposits, mineral and chemical composition.

In the event of a negative result of the geological and economic assessment, which will require significant costs, primarily related to the costs of mining and tunneling and underground drilling, the potential subsoil user can use the underground space of the geological environment as a resource for speleotherapy.

Key words: potassium salt deposits, Precarpathian depression, geological structure, mineral composition, geological and economic assessment, additional exploration, operational exploration, speleotherapy.

Дата першого надходження статті до видання: 16.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026