

**КАРСТОВА ГІДРОГЕОЛОГІЧНА СИСТЕМА
СОЛОТВИНСЬКОГО РОДОВИЩА,
ЕФЕКТ САМОТАМПУНУВАННЯ КАРСТОВОГО КАНАЛУ ТА
ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ СПЕЛЕОЛІКАРНІ У ШАХТІ № 9**

Василь Дяків¹, Анатолій Гайдін²

*¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
e-mail: dyakivw@yahoo.com;*

*²ТзОВ Інститут «ГІРХІМПРОМ»,
вул. Стрийська, 98, Львів, Україна, 79026
e-mail: anatoliy.haydin@gmail.com*

Подано характеристику геологічної будови, сучасного геоecологічного стану, гідрогеологічних та гірничо-геологічних умов Солотвинського родовища кам'яної солі (Закарпатська область). Розглянуто особливості розвитку соляного карсту та проведено ретроспективний аналіз його розвитку в межах шахти № 9: від катастрофічного водопритоку, активного розвитку техногенно-активізованого карсту та аварійного затоплення. Виявлено ефект самотампонування карстового каналу в районі Чорного Мочара, що дає можливість передбачати осушення шахти № 9 та відновлення підземного відділення алергологічної лікарні.

Ключові слова: карстова гідрогеологічна система, Солотвинське родовище кам'яної солі, шахта № 9, соляний карст, техногенна активізація, ефект самотампонування, спелеолікарня, видобування, оцінка, аналіз, прогноз.

Вступ. Солотвинське родовище кам'яної солі розроблялось із давньоримських часів до початку ХХІ ст. і за цей час тут було побудовано 9 шахт. Через високі ризики розвитку соляного карста та складні гірничо-гідрогеологічні умови усі шахти припинили видобуток, хоча розвідані балансові запаси солі тут становлять 30 млн тонн, а загальний об'єм соляного купола становить близько 2 млрд тонн. Крім видобутку солі, шахти в межах Солотвинського родовища мали важливе наукове та лікувальне значення: в шахті № 9 знаходились Солотвинська підземна низкофонова лабораторія Інституту ядерних досліджень НАН України та підземне відділення Республіканської алергологічної лікарні, а в шахті № 8 – підземне відділення Закарпатської обласної алергологічної лікарні.

Видобуток солі, наукові дослідження, особливо лікування алергологічних хворих, починаючи з 2005–2007 рр. різко обмежені через різкі зростання водоприпливів. У

2006–2008 рр. ситуація на шахтах суттєво змінилась: якщо на шахті № 8 водопріплив стабілізувався на рівні 100 м³/годину, то на шахті № 9 наприкінці 2008 р. досяг катастрофічних значень 500–600 м³/год. З таким водопріпливом не змогли справитись дві потужні помпи з видатністю по 200 м³/год, а отже, урядова комісія у жовтні 2008 р. прийняла рішення про затоплення шахти № 9. У 2010 р. провалу поблизу вентиляційного стовбура, припинено експлуатацію та почали затоплення шахти № 8. Сьогодні шахту № 9, як і шахту № 8, повністю затоплено.

Постановка проблеми. Суттєве погіршення гірничо-гідрогеологічних умов, пов'язане з розвитком соляного карсту та просіданням денної поверхні над виробленим простором, різко обмежує використання території. У зв'язку з тим надзвичайно актуальним є з'ясування причинно-наслідкових зв'язків між особливостями геологічної будови, гідрогеологічних та гірничо-гідрогеологічних умов, з одного боку, та розвитком техногенно-активізованого соляного карсту і сучасним геоекологічним станом – з іншого, для визначення чинників, які варто взяти до уваги під час ймовірного відновлення роботи шахти № 9 із розробкою покладів кам'яної солі та відновленням спелеолікування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Першим усестороннім дослідженням геології і карсту соляних родовищ є монографія Г. В. Короткевича [1], де висвітлено гідрогеологічні умови Солотвинського родовища, прояв соляного карсту, зокрема ніш вилугування на схилах соляного куполу та ділянки відсутності палагу – елювіальних глин, що захищають солі від розчинення.

Надалі до вирішення проблем діяльності соляних шахт залучалися науковці інституту ВІОГЕМ (м. Белгород), Українського науково-дослідного інституту соляної промисловості (УкрНДІСІЛЬ, м. Бахмут) та Українського науково-дослідного і проектно-конструкторського інституту гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи (УкрНДМІ, м. Донецьк), Інституту Геології НАН України. Результати досліджень використано в проектних пропозиціях з утримання та закриття шахт.

З 2006 р. у зв'язку з виникненням надзвичайної ситуації розпочали дослідження і проектні розробки працівники Інституту ГРХІМПРОМ. В основу методики досліджень техногенного соляного карсту покладено вчення А. М. Овчиннікова [2] про гідродинамічні системи, що складаються з областей живлення, транзиту та розвантаження підземних вод. На основі натурних обстежень проявлень соляного карсту, гідрохімічного опробування та використання методу геологічної подібності було встановлено основні складові гідродинамічної системи. Закономірності розвитку техногенного соляного карсту опубліковано в монографіях та статтях А. М. Гайдіна та В. О. Дяківа зі співавторами [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

Мета статті – показати, що карстова гідрогеологічна система Солотвинського родовища кам'яної солі тісно пов'язана із розвитком соляного карсту, характеризується динамічним розвитком загалом та ефектом самотампонування карстового каналу зокрема, що дає можливість прогнозувати відновлення спелеолікарні у шахті № 9.

Виклад основного матеріалу. Солотвинське родовище кам'яної солі розташоване у південно-східній частині Закарпатської області в Солотвинській западині Закарпатського прогину. Тут із найдавніших часів, від II тис. до н. е., видобували особливо чисту сіль. Спочатку сіль видобували із конусоподібних ям завглибшки до 20 м, а з часом їх глибина сягала 150 м. Систематичний видобуток солі

почався, коли на ділянці Затон з'явилася перша соляна шахта під назвою Кунігунда. З 1774 р. у східній частині Солотвинського купола почалося будівництво інших шахт: Ніколай, Альберт, Христина, Йосиф, на яких працювало 1 740 шахтарів. Зараз усі ці шахти затоплені, а над ними утворилися озера.

У 1808 р. було закладено шахту № 7, яка працювала до 1952 р. До останнього часу у Солотвиному діяло дві шахти: № 8 і № 9. Шахту № 8 побудовано 1886 р., а найновішу шахту № 9 – 1975. Вони працювали до 2008–2010 рр. У повоєнні роки, північно-західну частину Солотвинського соляного купола використовували для потреб підземного зберігання стратегічних запасів палива та для потреб військових з країн–учасників Варшавського договору – так званий Об'єкт 630.

Щорічний видобуток солі у 80-х роках минулого століття становив понад 500 тис. тонн (близько 10 % загального видобутку солі в Україні). Крім видобутку солі, соляні шахти Солотвиного мали важливе лікувальне та наукове значення, адже вони були відомі за особливою ефективністю лікування у підземних відділеннях двох алергологічних лікарень: республіканської у шахті № 9 та обласної у шахті № 8. За три десятиліття у нихвилікувалось понад 100 тис. хворих. У шахті № 9 було розміщено також підземну низькофонову лабораторію Інституту ядерних досліджень НАН України. Дренажні розсоли, що відкачували із шахт, використовували у численних рекреаційно-розважальних установах на західній частині соляного купола. Усі об'єкти – старі та відносно нові соляні копальні, а також об'єкт 630 та головні дренажні виробки – показано на рис. 1.

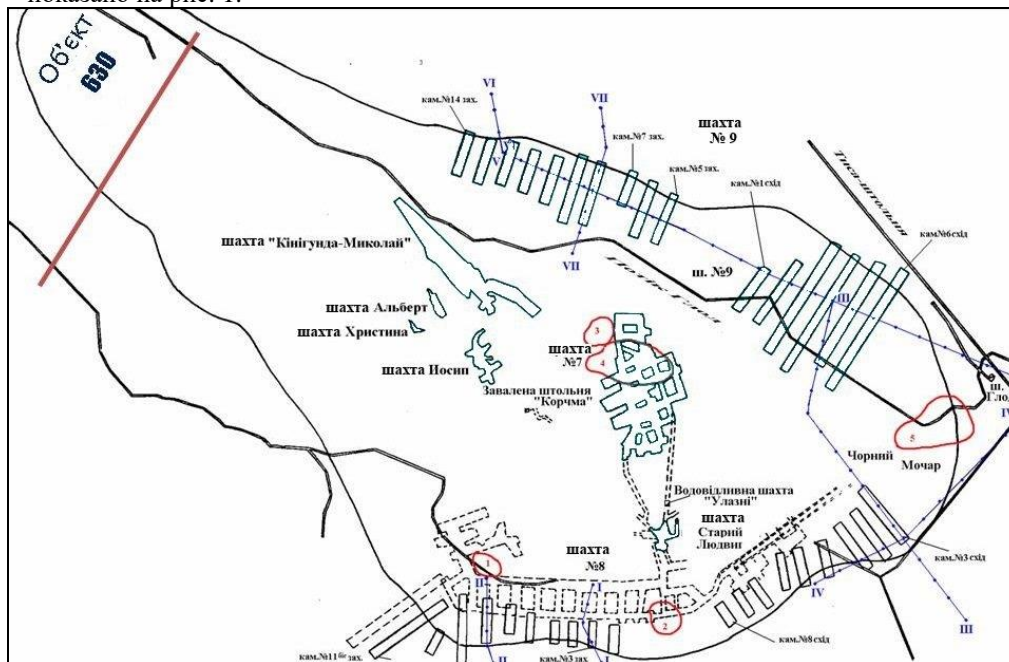


Рис. 1. Найбільші солевидобувні копальні, місце підземного зберігання нафтопродуктів – об'єкт 630 та головні дренажні виробки в межах Солотвинського родовища кам'яної солі

Обидві шахти затоплені внаслідок розвитку соляного карсту. У шахті № 9 до 2002 р. проявлень води майже не було. Приплив розсолів розпочався з капіжу на глибині 365 м і поступово збільшувався. 2006 р. приплив перевищив продуктивність насосної установки і видобувні камери почали затоплюватися. Розвиток соляного карсту призвів до зсувів та провалів земної поверхні. У жовтні 2008 р. урядова комісія прийняла рішення про припинення осушення шахти № 9. Експертна комісія МНС України визначила територію Солотвинського солерудника зоною надзвичайної ситуації державного рівня.

Між тим Солотвино має великий промисловий, рекреаційний та бальнеологічний потенціал. Інститут ГРХІМПРОМ опрацював концепцію реалізації зазначеного потенціалу, втім числі показано можливість відновлення підземного відділення алергологічної лікарні [1].

Короткевич Г. В. [1] 1970 р. пов'язав розвиток соляного карсту в межах Солотвинського родовища із ділянками відсутності палагу – елювіальних глин, що захищають солі від розчинення (рис. 2).



Рис. 2. Ділянки відсутності глинистого палагу, виділені Г. В. Короткевичем [1], у межах Солотвинського соляного купола

Будова шахти № 9. Шахта № 9 (рис. 3) діяла з 1975 р. Соляний поклад розкритий трьома центрально розташованими стовбурами: головним, допоміжним і скіповим. Головний стовбур діаметром 6 м проведено до глибини 430 м. До глибини 265 м стовбур проходить по вмісних породах, глибше – в солях.

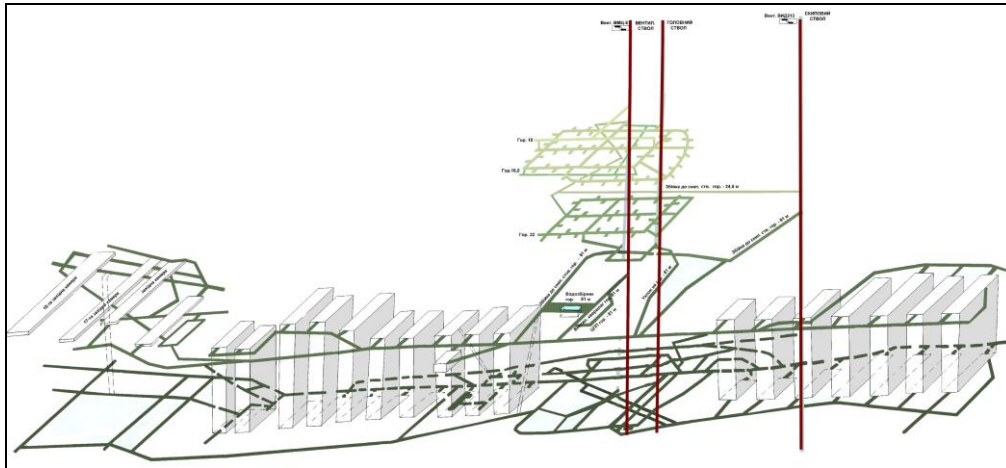


Рис. 3. Схема виробок шахти № 9

Стовбур сполучений з гірничими виробками лікарні на відмітках $-16,5$ і -61 м. Допоміжний (вентиляційний) стовбур глибиною 430 м та діаметром 6 м сполучений з горизонтальними виробками на відмітках $+4$, $-16,5$, -61 , -81 , -146 м. Скіповий стовбур глибший за інші на 153 м, глибиною 583,5 м, діаметром 7 м, сполучений з горизонтальними виробками на відмітках $+4$, $-24,5$, -61 , -81 , -146 м. На горизонтах -15 і $-24,4$ м спеціально пройдені виробки для розміщення пацієнтів республіканської алергологічної лікарні. Виробки закріплені залізобетоном, за винятком горизонту $-16,5$, закріпленого арочним податливим кріпленням з залізобетонними затяжками.

Шахта № 9 відробила лише один горизонт на глибині 360 м від поверхні землі. Підшва видобувних камер знаходиться на відмітці -146 м, а покрівля – на -81 м. Ширина камер 20 м; висота 68 м; довжина 90–165 м. Міжкамерні цілики мають ширину 30 м. Площа горизонтального перетину видобувних камер $28\,880\text{ м}^2$, об'єм – 2 млн м^3 .

Водовідливні установки було розміщено у руддворах на горизонтах -146 і -81 м. З нижнього горизонту розсіл перекачували у резервуар на горизонті -81 м, а звідти – на поверхню. В кінці 2004 р. у зв'язку зі збільшенням водоприпливу діяльність підземного відділення лікарні було припинено. 2008 р. приплив розсолу збільшився до $500\text{ м}^3/\text{год}$. У грудні 2008 р. насоси були затоплені.

Місце прориву води визначено безпосередньо в центрі болота “Чорний Мочар”, де стався провал. Геологічний розріз місця прориву показано на рис. 4.

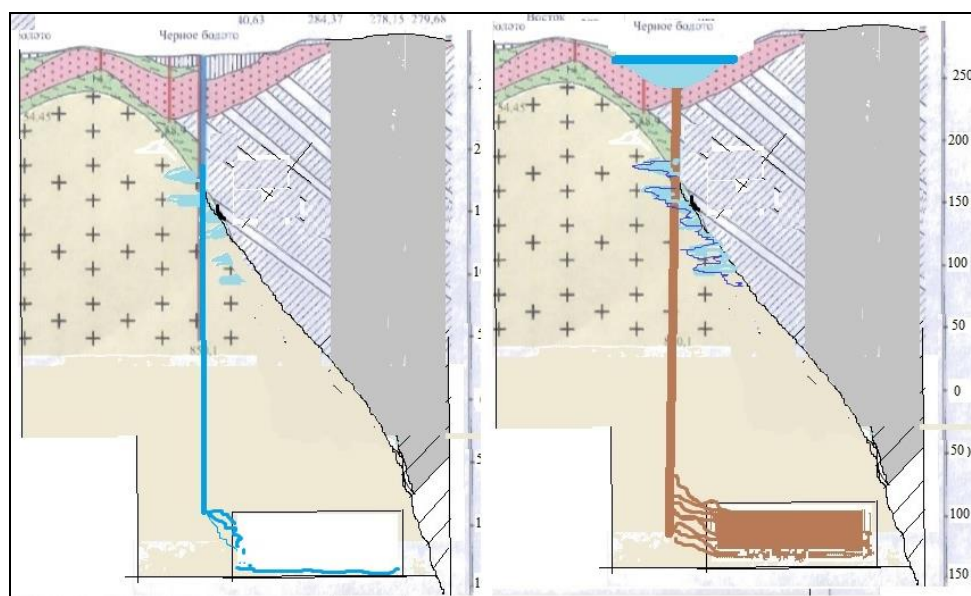


Рис. 4. Ліворуч – схема прориву води із зони бокового карсту через свердловину у видобувні камери; праворуч – провал і заповнення жерла і камер провальними масами

Місце прориву має форму котловини над контактом соляного тіла із вмісними породами. Потужність четвертинних відкладів у котловині сягає 60 м. Бокові породи складені мергелями, аргілітами, алевролітами, пісковиками, які нахилені під кутом 40–60°.

У геологічному минулому тут було вогнище розвантаження підземних вод. Унаслідок розчинення солей утворилося карстове озеро, яке з часом евтрофікувалося, тобто заросло водною і прибережною рослинністю та перетворилося в болото. Про це свідчить лінза торфу у відслоненні на борту провалу.

На контакті соляного куполу з боковими породами проходить карстовий канал, який є зоною транзиту розсолів і простягається від Чорного Мочара до озер Затону. Наявність карстового каналу визначено ще Г. В. Короткевичем [1] і підтверджено геофізичними дослідженнями, проведеними УкрНДІМІ. За Г. В. Короткевичем, який задокументував розкриті гірничими виробками карстові порожнини, морфологічно карстовий канал має вигляд системи глибоких ніш на глибині до 200 м. Їх положення контролюється змінами базису ерозії – рівнем води у різні періоди роботи давніх шахт.

Послідовність подій з затоплення шахти № 9. Дослідження послідовності процесів під час затоплення шахти № 9 дає змогу виділити такі етапи [8, 9].

Перший етап – 2001–2006 рр. Гірничі виробки розкрили тріщинувату зону, пов'язану з незадокументованими свердловинами в центрі болота Чорний Мочар. Через свердловини із закарстованої приконтактної зони проникла вода, яка, рухаючись по солях, перетворилася в розсіл. Пониження рівня бокових підземних у районі Чорного Мочара призвело до інверсії руху води – озера Затону перетворилися із зони розвантаження в зону живлення. Із цих озер вода карстовим каналом протікає в район Чорного Мочара і стовбурами свердловин виливається у видобувні камери. Із шахти

розсіл відкачують і скидають в озера Затону, де розсіл розбавляється атмосферними водами і знову тече до Чорного Мочара.

Унаслідок агресивності розсолів діаметр свердловин розширюється. Завдяки розширенню карстового каналу і свердловин дебіт припливу розсолу з 2001 до 2006 рр. поступово зростає до 200 м³/год.

Другий етап – 2006–2008 рр. Стовбури свердловин в інтервалі солей унаслідок розчинення розширилися до діаметра близько 10 м. Покриваючі породи – глина, суглинок, гальковик, торф – почали провалюватися в жерло. Продукти обвалювання змішуються з розсолем, який надходить із карстового каналу (рис. 5). Утворюється гідросуміш, яка заповнює видобувні камери. В камерах швидкість потоку різко зменшується і тверда фаза випадає в осад. Освітлений розсіл тече до стовбура, де була відкачка. Насосну станцію перенесено на верхній горизонт. Приплив розсолу зростає до 500 м³/год. Про це свідчить динаміка водоприпливу у шахту № 9 у 2005–2009 рр. та його зв'язок із еволюцією провалутворення в районі Чорного Мочара (рис. 6).

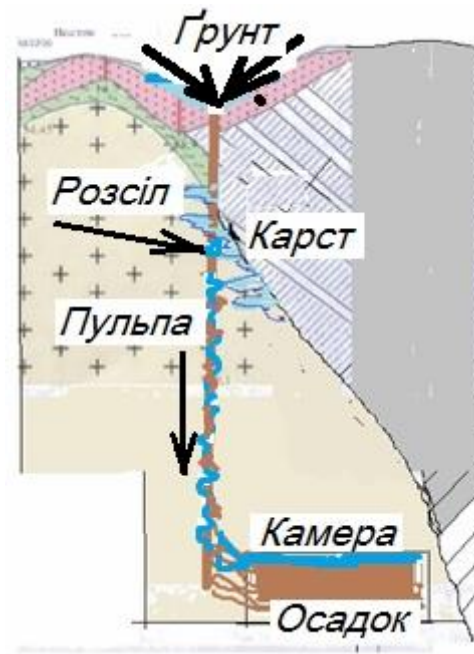


Рис. 5. Схема формування гідросуміші

На поверхні утворюється провалля, в яке з крутих схилів сповзають покриваючі породи, дерева і дачні будинки. Усі вищезгадані події чітко фіксуються змінами провалу в районі Чорного Мочара у 2007–2009 рр. (рис. 6, 7).



Рис. 6. Динаміка водоприпливу у шахту № 9 у 2005–2009 рр. та його зв'язок із еволюцією провалоутворення в районі Чорного Мочара



Рис. 7. Динаміка провалоутворення в районі Чорного Мочара внаслідок катастрофічного водоприпливу у шахту № 9 у 2007–2009 рр.

Видобувні камери затоплені. Простежується осушення озер Затону (рис. 8). Відкачку розсолу припиняють.



Рис. 8. Осушення майже усіх Солотвинських соляних озер в районі Затону після припинення водовідливу та затоплення шахти № 9 у січні 2009 р.

Осушення майже усіх Солотвинських соляних озер в районі Затону стало неспростовним доказом існування в межах Солотвинського родовища кам'яної солі єдиної гідрогеологічної системи, в межах якої фіксували просторово-часову мінливість зміни інженерно-геологічних умов, активізації та пригнічення карсту, прискореного провалутворення, природної самоізоляції виходів солі в процесі еволюції карстового процесу, що супроводжувалось змінами просторового положення зон живлення, транзиту, розвантаження вод карстового водоносного горизонту.

Згідно із запропонованою принциповою схемою карстової гідрогеологічної системи Солотвинського родовища кам'яної солі до осушення майже усіх Солотвинських соляних озер у районі Затону ці водойми, разом із водоприпливом на водозбірну площу, були зоною живлення карстової гідрогеологічної системи у періоди активізації карсту: звідси вода текла по зоні транзиту – карстовому каналу, локалізованому на рівні ерозійного зрізу неогенових відкладів північного краю Солотвинського соляного купола, який був гідравлічно відокремлений від провалу шахти № 7 та розвантажувался у провалі Чорний Мочар (рис. 9).

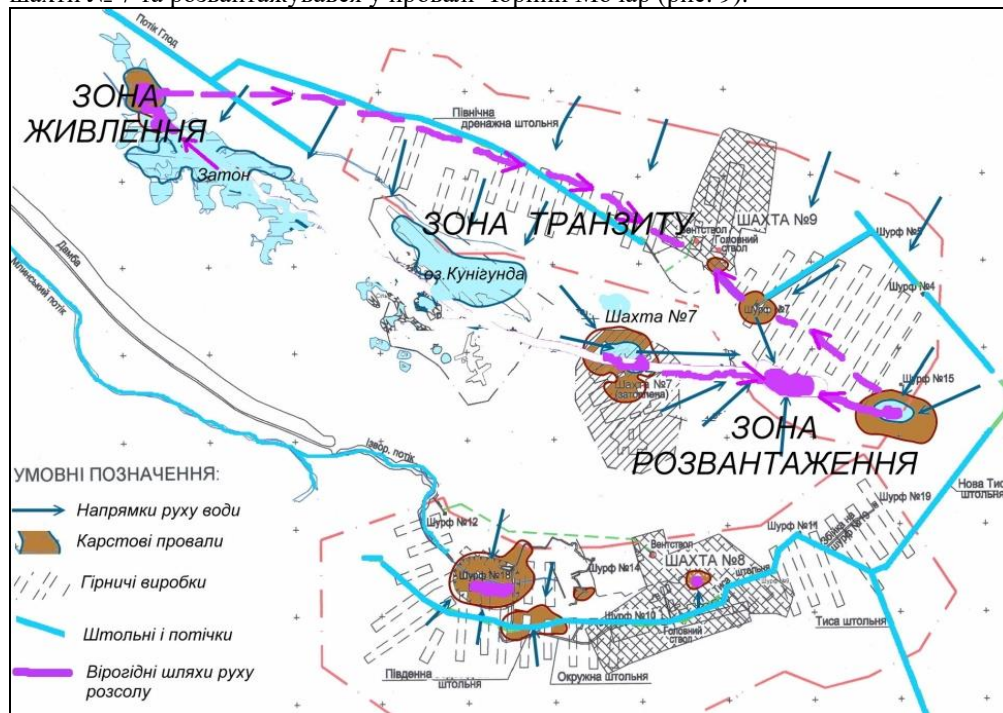


Рис. 9. Принципова схема функціонування карстової гідрогеологічної системи Солотвинського родовища кам'яної солі до осушення майже усіх Солотвинських соляних озер у районі Затону і повного затоплення шахти № 9 та розташування на ній зон живлення (Солотвинські соляні озера), транзиту (карстовий канал на рівні ерозійного зрізу неогенових відкладів по північному краю соляного купола) та розвантаження (провал Чорний Мочар і затоплювана шахта № 9)

Після припинення осушення шахти № 9, її повного затоплення почалось затоплення карстових порожнин та відновлення статичних рівнів підземних вод, що спричинило інверсію локалізації зон живлення та розвантаження, коли на водозбірній площі провалу Чорний Мочар сформувалось озеро і надлишки його вод та вод із водозбірної площі шахти № 8 інфільтраційно розвантажувались у існуючий карстовий канал у зоні транзиту та розвантажувались у протилежному напрямку у Солотвинські соляні озера в районі Затону, знову їх наповнюючи, але вже опрісненою водою (рис. 10).

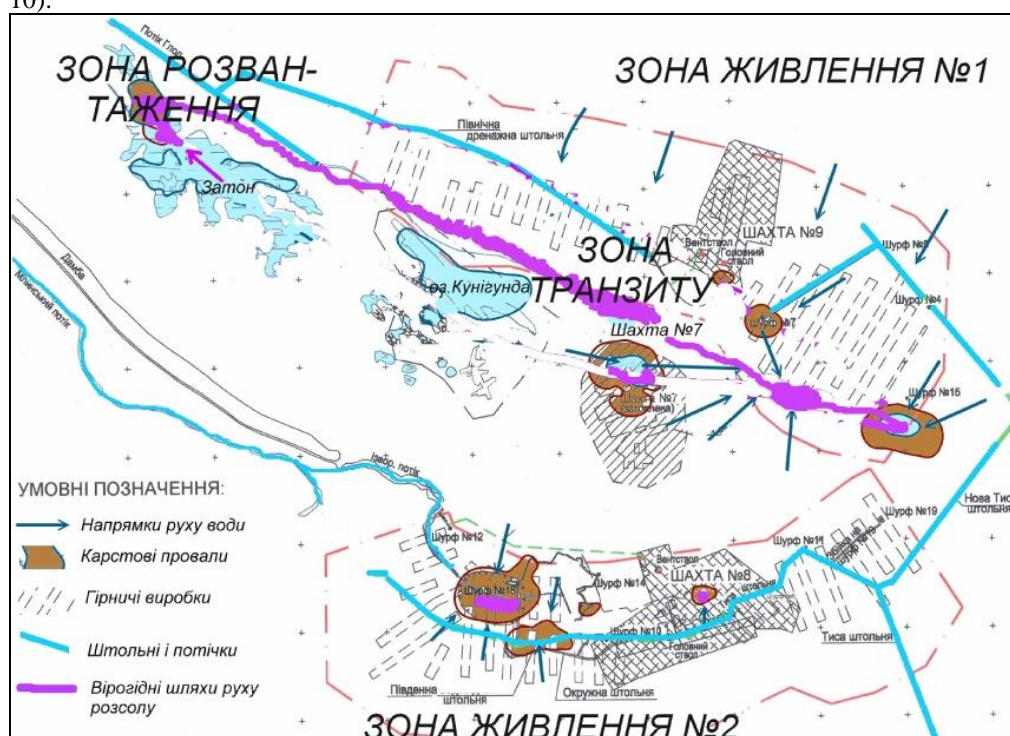


Рис. 10. Принципова схема функціонування карстової гідрогеологічної системи Солотвинського родовища кам'яної солі після повного затоплення шахти № 9 та розташування на ній зон живлення (водозбірні площі провалу Чорний Мочар та затопленої шахти № 8), транзиту (карстовий канал на рівні ерозійного зрізу неогенових відкладів по північному краю соляного купола) та розвантаження (Солотвинські соляні озера)

Як бачимо із наведених принципових схем в умовах інженерно-геологічних змін геологічного середовища Солотвинського соляного купола, мінливі у часі і просторі потоки карстових вод пов'язують усі гірничі об'єкти (шахти № 7, 8 та 9, дренажні штольні та шурфи, соляні озера) у єдину карстову гідрогеологічну систему.

Третій етап – 2009–2015 рр. У жерлах на місці свердловин і в камерах накопичений осадок, який ущільнюється під власною вагою. Течія розсолу через жерла в камери припиняється. Із осаду, що ущільнюється, розсіл витискається, заповнює стовбури шахти і повільно витікає через скіповий стовбур. Рівень розсолу в карстовому каналі піднімається. Знову відбувається інверсія потоку: формується оз. Чорний Мочар, яке є джерелом живлення. Відновлюються розсоли в озерах Затону.

Розширення карстового каналу призвело до втрати стійкості схилу, на якому розміщена промплощадка шахти № 9 та електростанція. Масив порід сповзає у бік долини і частково або й повністю перекриває карстові порожнини.

Четвертий етап – 2016–2019 рр. Закінчується ущільнення осаду в камерах. Витік води із скіпового стовбура припиняється. Над карстовим каналом просідають покриваючі породи, утворюються провали та озера. Зсувний масив впирається у схил соляного купола і частково перекриває карстовий канал. Формуються нові озера в долині від котловини Ельдорадо до озера Чорний Мочар.

Фізичний механізм заповнення видобувних камер провальними відкладами. До покриваючих порід, що провалюються в жерла, підмішується розсіл із карстового каналу. Утворюється грубодисперсна суміш. Рух гідросумішей у затоплених порожнинах вивчено шляхом експериментального моделювання [5]. Він вирізняється від руху рідини тим, що потік переносить тверду фазу тільки за умови, що швидкість течії перевищує деяке критичне значення. Як тільки швидкість течії зменшується до критичної, грубі тверді частинки випадають в осад. Тонкі частинки випадають з потоку поступово.

У затопленій порожнині утворюється дюна з випадаючого осаду, вона нарощується в своїй передній частині (рис. 11). Причому форма простору над дюною така, що швидкість руху суміші в ній постійна в просторі і в часі і відповідає критичному значенню. Дійсно, якби швидкість була б більше за критичну, потік міг би розмивати осад. Навпаки, якби швидкість не досягала критичного значення, створився б осад, переріз потоку зменшився, а швидкість зросла б до критичної.



Рис. 11. Формування осаду в затопленій порожнині

Глинисті частинки не випадають в осад разом з грубими, а виносяться потоком за межі дюни і там повільно осідають горизонтальним шаром. Грубодисперсний осад

насувається на глинистий, а останній під вагою піску ущільнюється або видавлюється з-під осаду.

Початкова форма порожнин не впливає на розповсюдження грубодисперсних сумішей. Для демонстрації проведено дослідження на прозорій моделі, яка імітувала камерну систему відроблення соляних рудників (рис.12) [4]. Гідросуміш подавали в першу зліва камеру. Спочатку проходило закупорювання нижніх підготовчих виробок, після чого осад у першій камері наростав угору і камера заповнювалася доверху. Після того гідросуміш протікала верхньою горизонтальною виробкою в наступну камеру і процес повторювався.

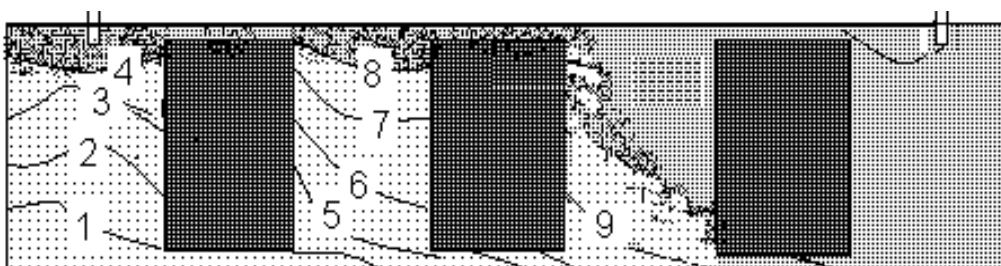


Рис. 12. Механізм заповнення затоплених камер: 1–9 – послідовні поверхні осаду

Результати моделювання та натурні спостереження дають можливість припустити, що частина камер шахти № 9 заповнена осадом, який принесений із провалу у Чорному Мочарі (рис. 13). Видобувні камери шахти мають довжину: № 6 – 220 м; № 7 – 120 м; № 8 – 35 м. Ширина камер – 20 м; висота – 68 м. Об'єм камери № 8 становить 47,6 тис. м³; камери № 7 – 163,2 тис. м³; № 6 – 299,2 тис. м³.

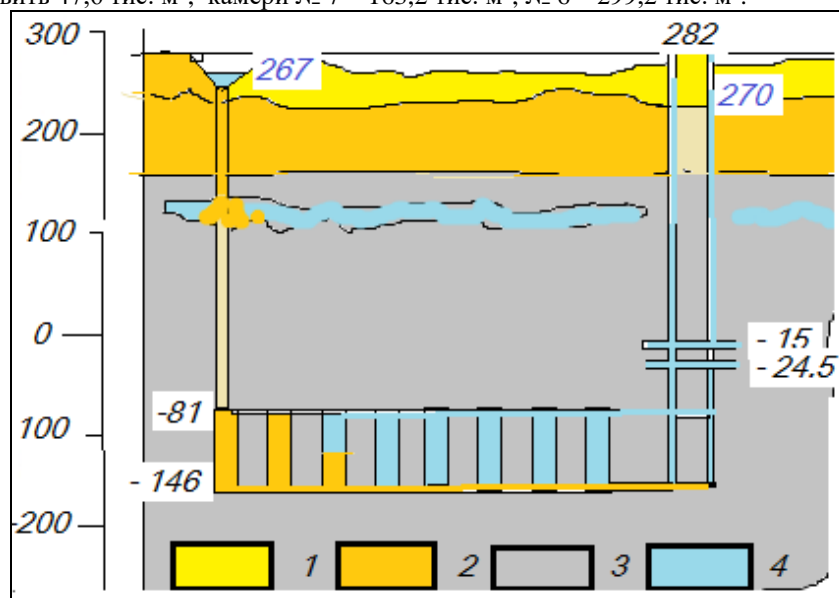


Рис. 13. Східний фланг шахти № 9 з замуленими видобувними камерами:

1 – четвертинні відкладення: глина, суглинок, гальковик, торф; 2 – неогенові відклади: алевроліт, аргіліт, пісковик; 3 – сіль; 4 – розсіл. Цифрами позначено абсолютні відмітки

Глибина провалу від земної поверхні становить 24 м. Об'єм порід, які із провалу Чорний Мочар винесені в камери, близько 300 тис. м³. Отже, камери № 8 і 7 повністю, а № 6 частково, **заповнені провальними відкладеннями** (рис. 13). Завдяки заповненню жерла і камер гідравлічний зв'язок між карстовим каналом і виробленим простором припинився.

Ущільнення осаду супроводжувалося витискуванням розсолу із порового простору. Цей розсіл піднімався у стовбурах шахти. Графік підняття рівня розсолу наведено на рис. 14.

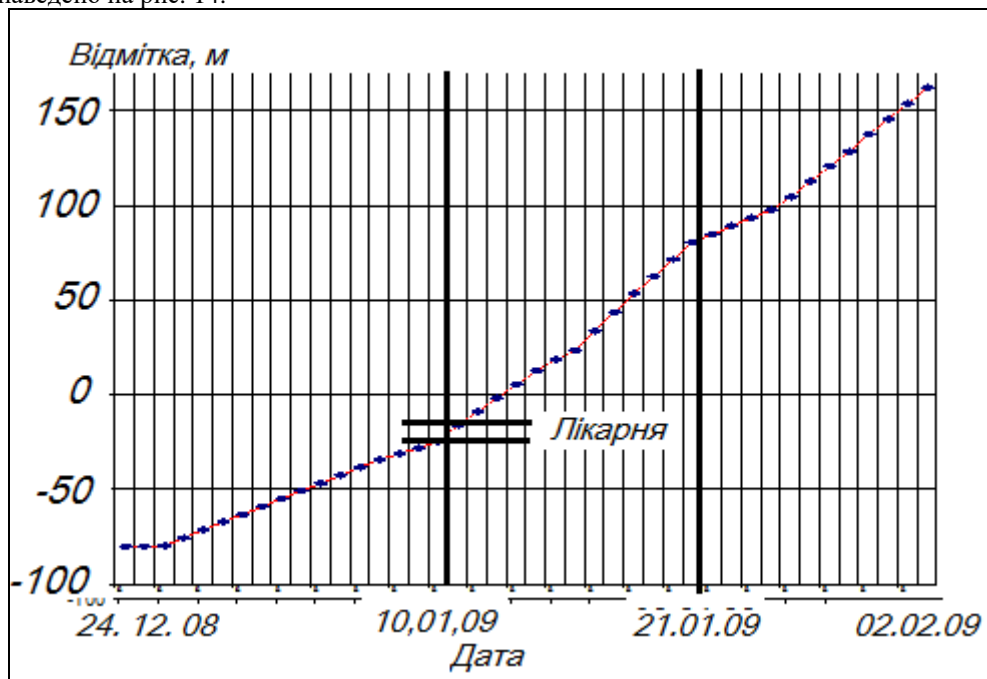


Рис. 14. Графік підняття рівня води у стовбурах шахти № 9, за даними ДП "Солотвинський солерудник"

Заповнення стовбурів продовжувалося з 26 грудня 2008 р. до 2 лютого 2009 р., 39 діб (подальше підняття не простежене). Сумарна площа перерізу стовбурів становить 95 м². За цей час рівень розсолу піднявся на 242 м, об'єм розсолу у стовбурах близько 23 тис. м³.

Середній приплив розсолу Q дорівнює відношенню об'єма стовбурів до часу заповнення:

$$Q=S \cdot H / t,$$

де S – площа перерізу стовбурів, 95 м²; H – висота стовпа води, 242 м; t – час заповнення, 39 діб. Підставляючи дані, одержимо $Q = 95 \cdot 242 / 39 = 589$ м³/доба = 24 м³/год. Це у 20 разів менше, чим було в період відкачки, і свідчить про те, що жерло провалу

заповнено слабо фільтруючим осадом. Осад ущільнився під власною вагою і став водотривким. Загальне підняття розсолу до стабілізації на відмітці 270 м дорівнює 363 м; об'єм – 35 тис. м³, це становить 11 % від об'єму порід, які з провалу Чорний Мочар опинилися у видобувних камерах і жерлі провалу. Тобто середня пористість осада становить 11 %. Отже, доведено, що зв'язок виробленого простору шахти № 9 з карстовим каналом припинився внаслідок заповнення жерла провалу і крайніх камер осадом нерозчинних порід.

Така ситуація дає змогу нам стверджувати, що після повного затоплення шахти № 9 гідравлічний зв'язок виробленого простору з карстовим каналом зник унаслідок заповнення жерла і крайніх камер осадом нерозчинних порід, із ефектом самотампонування, що призвело до самоізолювання гірничих виробок шахти № 9 від карстового каналу [10–11]. Це створює можливість осушення шахти № 9 та відновлення спелеолікування.

Для достовірного підтвердження спостережуваних явищ, визначення дебіту водоприпливу у шахту № 9, підтвердження чи заперечення ефекту самотампонування та самоізоляції від карстових вод доцільно провести дослідну відкачку розсолів із будь-якого стовбура шахти та за їх результатами прийняти обґрунтоване рішення щодо можливості відновлення роботи копальні.

Висновки

На основі наведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Сучасний критичний та катастрофічний стан геологічного середовища в межах Солотвинського родовища пов'язаний зі складними інженерно-геологічними та гідрогеологічними умовами, суттєво ускладнених тривалим у часі гірничим впливом під час видобутку кам'яної солі, які стали причиною активізації та пригнічення соляного карсту:

- близьким розташуванням соляних порід до земної поверхні;
 - особливостями інженерно-геологічного розрізу, у якому наявні численні ділянки відсутності водозахисного палагу;
 - техногенною активізацією соляного карсту унаслідок проникнення агресивних вод у гірничі виробки з перекриваючих відкладів, насамперед порушенням глинистого палагу;
 - наявністю водоносних горизонтів, що оточують з усіх боків соляне тіло, та їх постійним підживленням атмосферними опадами;
 - складною формою рельєфу поверхні купола, що створює передумови для проникнення води у соленосну товщу;
 - складною внутрішньою будовою соляного покладу: наявністю всередині соляного масиву глинистих прошарків і глинисто-соляної брекчії, наявністю ділянок слабозцементованої солі;
 - порушенням технології експлуатації соляних копалень під час перехоплення надсольових вод дренажними гірничими виробками, порушенням цілісності соленосних товщ вибуховими роботами.
2. Основними ділянками еволюції соляного карсту в межах Солотвинського родовища, де простежуються періоди активізації і пригнічення, були:
- шахта № 7 із періодом активізації карсту з 2005 до 2013 рр. та періодом пригнічення з 2014 до 2018 рр.;

- шахта № 8 (провал № 25) із періодом активізації карсту з 2007 до 2015 рр. та періодом пригнічення з 2016 до 2018 рр.;
- шахта № 7 із періодом активізації карсту з 2006 до 2008 рр. та періодом пригнічення з 2009 до 2018 рр.

3. Доведено існування в межах Солотвинського родовища кам'яної солі – єдиної гідрогеологічної системи, в межах якої зафіксовано просторово-часову мінливість інженерно-геологічних умов, активізації та пригнічення карсту, прискореного провалоутворення, природної самоізоляції виходів солі в процесі еволюції карстового процесу, що супроводжувалось змінами просторового положення зон живлення, транзиту, розвантаження вод карстового водоносного горизонту.

У визначені періоди активізації карсту основним контуром живлення карстової гідрогеологічної системи Солотвинського родовища кам'яної солі була ділянка Чорного Мочара та інфільтровані атмосферні опади на водозбірній площі, контуром розвантаження були Солотвинські соляні озера, а ділянкою транзиту – північна приконтатова зона соляного купола.

У визначені періоди пригнічення карсту основним контуром живлення карстової гідрогеологічної системи Солотвинського родовища кам'яної солі була ділянка Солотвинських соляних озер та інфільтровані атмосферні опади на водозбірній площі, контуром розвантаження були затоплювані гірничі виробки, а ділянкою транзиту – північна приконтатова зона соляного купола.

4. В умовах інженерно-геологічних змін геологічного середовища Солотвинського соляного купола мінливі у часі і просторі потоки карстових вод пов'язують усі гірничі об'єкти (шахти № 7, 8 та 9, дренажні штольні та шурфи, соляні озера) в єдину карстову гідрогеологічну систему.

5. Моніторинговими спостереженнями виявлено тенденцію відновлення рівнів вод у четвертинному водоносному горизонті та підняття рівня затоплення провалу над шахтою № 7 із появою вод у сателітному провалі стовбура озера поруч із розташованою котловиною «Ельдорадо» із затопленням лінійно витянутих понижень рельєфу. Це свідчить про радикальне пригнічення карсту останніми роками та про відсутність каналу підземного розвантаження.

6. Доведено, що після повного затоплення шахти № 9 гідравлічний зв'язок виробленого простору з карстовим каналом зник унаслідок заповнення жерла і крайніх камер осадом нерозчинних порід, відбулося самоізолювання виробленого простору шахти № 9 від карстового каналу. Це створює можливість осушення шахти № 9.

7. Для достеменного визначення дебіту водоприпливу, підтвердження чи заперечення ефекту самоізоляції доцільно провести дослідну відкачку розсолів із будь-якого стовбура шахти.

8. У випадку позитивних результатів дослідного відпомповування можливе відновлення підземного відділення алергологічної лікарні. Для цього достатньо осушити шахту лише до глибини, де розташовані приміщення підземної лікарні. Нижче горизонту, де розташовані виробки лікарні, стовбури можна перекрити перемичками. Видобувні камери можуть залишатися у затопленому стані. Це попереджує ризик нового прориву води.

9. Не виключається повне осушення шахти із відпомповуванням та використанням усіх статичних запасів накопичених високомінералізованих розсолів в об'ємі 2 млн м³.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Короткевич Г. В.* Соляной карст / Г. В. Короткевич. – Ленинград: Недра, 1970. – 256 с.
2. *Овчинников А. М.* Общая гидрогеология / А. М. Овчинников. – Москва : Госгеолтехиздат, 1955. – 250 с.
3. *Гайдін А. М.* Врятувати Солотвино / А. М. Гайдін // П'ята Міжнар. наук.-практ. конф. «Надрокористування в Україні». – Трускавець, 2018. – С. 57–65.
4. *Гайдін А. М.* Техногенний карст / А. М. Гайдін, Г. І. Рудько. – Чернівці : Букрек, 2016. – 200 с.
5. *Гайдін А. М.* Гидрозакаладка затопленных подземных пустот / А. М. Гайдін // Горный журнал. 2011. – № 2. – С. 34–36.
6. *Гайдін А. М.* Геодинамічні процеси на соляних родовищах / А. М. Гайдін, В. О. Дяків // Матеріали Міжнар. Конф. «Форум гірників – 2010». – Дніпропетровськ. – С. 23–41.
7. *Рудько Г. І.* Провали. Деформації земної поверхні над гірничими виробками і карстами / Г. І. Рудько, А. М. Гайдін. – Київ–Чернівці : Букрек, 2019. – 218 с.
8. *Дяків В. О.* Особливості геологічної будови та сучасний геоекологічний стан Солотвинського родовища кам'яної солі (Закарпаття) / В. О. Дяків, П. М. Білоніжка // Вісник Львів. ун-ту. Серія геол. – 2010. – Вип. 24. – С. 62–79.
9. *Дяків В. О.* Закономірності розвитку техногенно активізованого соляного карсту в процесі затоплення шахт № 8 та № 9 Солотвинського солерудника / В. О. Дяків // Збірник наук. праць Волинського нац. ун-ту ім. Лесі Українки – № 9. Природа Західного Полісся та прилеглих територій. – Луцьк, 2012. – С. 69–79.
10. *Дяків В. О.* Перспективи відновлення солевидобутку та спелеолікування у затопленій шахті № 9 Солотвинського солерудника / В. О. Дяків // Тези Міжнар. наук.-практ. Конф. «Перспективи відновлення спелеотерапії та видобутку солі на базі родовища кам'яної солі в смт Солотвино Тячівського р-ну Закарпатської обл.». – Сміт Солотвино, 22–23 жовтня 2013 р. – 2013. – С. 51–52.
11. *Дяків В. О.* Еволюція постмаїнінового ландшафту та карстової гідрогеологічної системи Солотвинського родовища кам'яної солі за результатами аерокосмічного моніторингу методами постійних відбивачів (PS) та малих базових ліній (SBAS) / В. О. Дяків, Пакшин М. Ю. // Матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф.: «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» : у 2 т. Т. 2 (8–12 жовтня 2018 р., м. Трускавець). – Київ, 2018. – С. 122–133.

Стаття: надійшла до редакції 13.01.2021
прийнята до друку 20.02.2021

KARST HYDROGEOLOGICAL SYSTEM OF THE SOLOTVINO DEPOSIT, EFFECT OF SELF-TAMPING OF THE KARST CHANNEL AND PROSPECTS OF RECOVERY OF SPELEOTHERAPEUTIC TREATMENT IN MINE N 9

Vasyl Dyakiv¹, Anatoliy Haidin²

*¹Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevsky Str., 4, Lviv, Ukraine, 79005
e-mail: dyakivw@yahoo.com;*

*²Institute "GIRHIMPROM" LLC,
Stryiska Str., 98, Lviv, Ukraine, 79026
e-mail: anatoliy.haydin@gmail.com*

The description of the geological structure, the modern geocological state, hydrogeological and mining-geological conditions of the Sotolvyno salt deposit (Transcarpathian region) is given. Peculiarities of salt karst development are considered and a retrospective analysis of its development within the mine N 9 is carried out: from catastrophic water inflow, active development of technogenic-activated karst and emergency flooding. The effect of self-tamponing of the karst channel in the area of Chorny Mochar was revealed, which allows to predict the possibility of drainage of mine N 9 and restoration of the underground department of the allergy hospital.

Key words: karst hydrogeological system, Sotolvyno salt deposit, mine N 9, salt karst, man-made activation, self-tamponing effect, speleological hospital, mining, evaluation, analysis, forecast.