

УДК 54.2.66.061.3

ОСОБЛИВОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ТА СУЧАСНИЙ ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН СОЛОТВИНСЬКОГО РОДОВИЩА КАМ'ЯНОЇ СОЛІ (ЗАКАРПАТТЯ)

В. Дяків, П. Білоніжка

*Львівський національний університет імені Івана Франка
бул. Грушевського, 4, м. Львів, 79000,; e-mail: dyakivw@yahoo.com*

Наведено характеристику геологічної будови, мінерального та літологічного складу, сучасного геоекологічного стану, гідрогеологічних та гірничо-геологічних умов Солотвинського родовища кам'яної солі (Закарпаття). Розглянуто чинники активізації геодинамічних процесів під час формування солянокупольної структури та проявів соляного карсту внаслідок розробки родовища. Освоєння ресурсів родовища в майбутньому можливо трьома способами: прокладанням нової шахти, будівництвом кар'єру та облаштуванням ропопромислу. Визначено умови та помилки, які необхідно врахувати у майбутньому під час проектування та будівництва нових копалень в межах Солотвинського родовища чи аналогічних геологічних структурах Карпатського регіону.

Ключові слова: Солотвинське родовище, кам'яна сіль, геоекологічний стан, гірничо-геологічні та гідрогеологічні умови, мінеральний склад, соляний карст.

Солотвинське родовище кам'яної солі розробляється з денної поверхні з античних часів, а шахтним способом – із середніх віків. Уже перші видобувні роботи виявили складність гідрогеологічних умов видобутку солі та активізацію розвитку соляного карсту в умовах водопритоків у гірничі виробки. Соляні копальні в західній частині родовища, закладені у XVIII–XIX ст. – Миколай, Альберт, Христина та ін. – пропрацювали понад століття. У 1808 р. було закладено шахту № 7, яка працювала до 1952 р. Нині усі ці шахти затоплені, а над ними утворилися озера.

На жаль, така сама доля спіткала і дві діючі до недавня копальні – шахту №8, побудовану 1886 р., і шахту № 9, відкрити 1975 р. На початку 90-х років ці копальні щорічно видобували понад 500 тис. т солі (близько 10 % загального видобутку в Україні). Балансові запаси солі Солотвинського солерудника складають 30 млн т, проте загальний об'єм соляного купола складає – близько 2 млрд т. Крім видобутку солі, соляні шахти Солотвина мали важливе наукове та лікувальне значення: тут була Солотвинська підземна низькофонова лабораторія Інституту ядерних досліджень НАН України та підземні відділення алергологічних лікарень.

У 2006–2008 р. ситуація на шахтах суттєво змінилась: якщо на шахті № 8 водопрітік стабілізувався на рівні 100 м³/годину, то на шахті № 9 наприкінці 2008 р. досяг катастрофічних значень 500–600 м³/годину. Такого водопритоку не змогли подолати дві помпи потужністю по 200 м³/годину. Внаслідок цього шахта № 9 Солотвинського солерудника аварійно затоплена за три місяці наприкінці 2008 р. У шахту № 8 на початку 2010 р. втричі зріс водопрітік і нині рівень води підтримується на позначці -60 м. Крім того, деформа-

ція допоміжного ствола унеможливила машинне підіймання гірників та пацієнтів Республіканської та обласної алергологічних лікарень, що локалізовані на відмітці 0 м.

Єдиним рекреаційним об'єктом селища нині є відомі Солотвинські соляні озера, проте й у них вода з року в рік опріснюється [10]. Хімічний склад високомінералізованої води в озерах підтримується завдяки штучному підживленню ропою із затоплених шахт.

Унаслідок понад кількасотрічного розробляння Солотвинського родовища геологічне середовище зазнало значних змін, насамперед карстування та провалоутворення. Це негативно впливає на стан довкілля. Суттєве погіршення гірничо-геологічних умов, пов'язане з розвитком соляного карсту та просіданням денної поверхні над виробленим простором, змусило місцеву владу за прикладом м. Калуша винести на місцевий референдум у жовтні 2010 р. питання про оголошення селища Солотвина зоною екологічного лиха. Ми спробували з'ясувати причинно-наслідкові зв'язки між особливостями геологічної будови, гідрогеологічних та гірничо-геологічних умов, з одного боку, та розвитком техногенно-активізованого соляного карсту і сучасним геоекологічним станом – з іншого, визначити чинники, які необхідно враховувати під час розробки родовища в майбутньому.

Об'єктами наших досліджень були геологічне середовище Солотвинського родовища кам'яної солі, гірничі виробки Солотвинського солерудника, карстові провали, ділянки осідання поверхні, соляні озера. Методика досліджень полягала в польовому дослідженні та узагальненні наявних літературних і фондових даних з геології, гідрогеології та мінералогії, картуванні геодинамічних процесів, аналізі просторового розташування небезпечних для довкілля карстових проявів.

Об'єктивне оцінювання процесів вилугування кам'яної солі, що є головним чинником активізації карсту, ми виконували за таким алгоритмом: геологічна будова Солотвинського соляного куполу, мінеральний та петрографічний склад, гірничо-геологічні умови, гідрогеологічні умови, кількісні характеристики та масштабність проявів карсту.

Солотвинське родовище кам'яної солі розташоване у південно-східній частині Тячівського р-ну Закарпатської обл. та приурочене до Верхньотисенської (Солотвинської) западини Закарпатського прогину. Приповерхнєве залягання кам'яної солі приурочене до штоку, що утворився внаслідок післяседиментаційного галокінезу – тиску на соляні породи теригенних товщ, що залягають вище, їхній перехід у пластично-плинний стан та вичавлювання у приповерхнєву ділянку розрізу. У цьому випадку переміщення пластично-плинних соляних мас відбувалося з ділянки підвищеного геостатичного тиску до області його знижених значень.

В основі геологічної будови Солотвинського родовища залягають гіпсоангідрити, туфи, туфіти з прошарками вапняків і мергелів Новоселицької світи. Ці відклади перекриті товщею сірих і темно-сірих аргілітоподібних глин, алевролітів, пісковиків і кам'яної солі Верхньотереблінської світи та надсольовим комплексом теригенних відкладів бадену Солотвинської світи [2], що перекриті утвореннями четвертинного віку (рис. 1).

Згідне залягання вищезазначених стратиграфічних підрозділів порушене процесами соляної тектоніки, вилугуванням солей та їхньою елювіальною самоізоляцією. Процеси соляної тектоніки зумовленні перекриттям соленосної товщі теригенними відкладами, дисгармонійними дислокаціями, напруженнями та переходом соляних порід у квазіплинний стан. Інтенсивне зростання Солотвинської солянокупольної структури відбулося від сармату до голоцену.

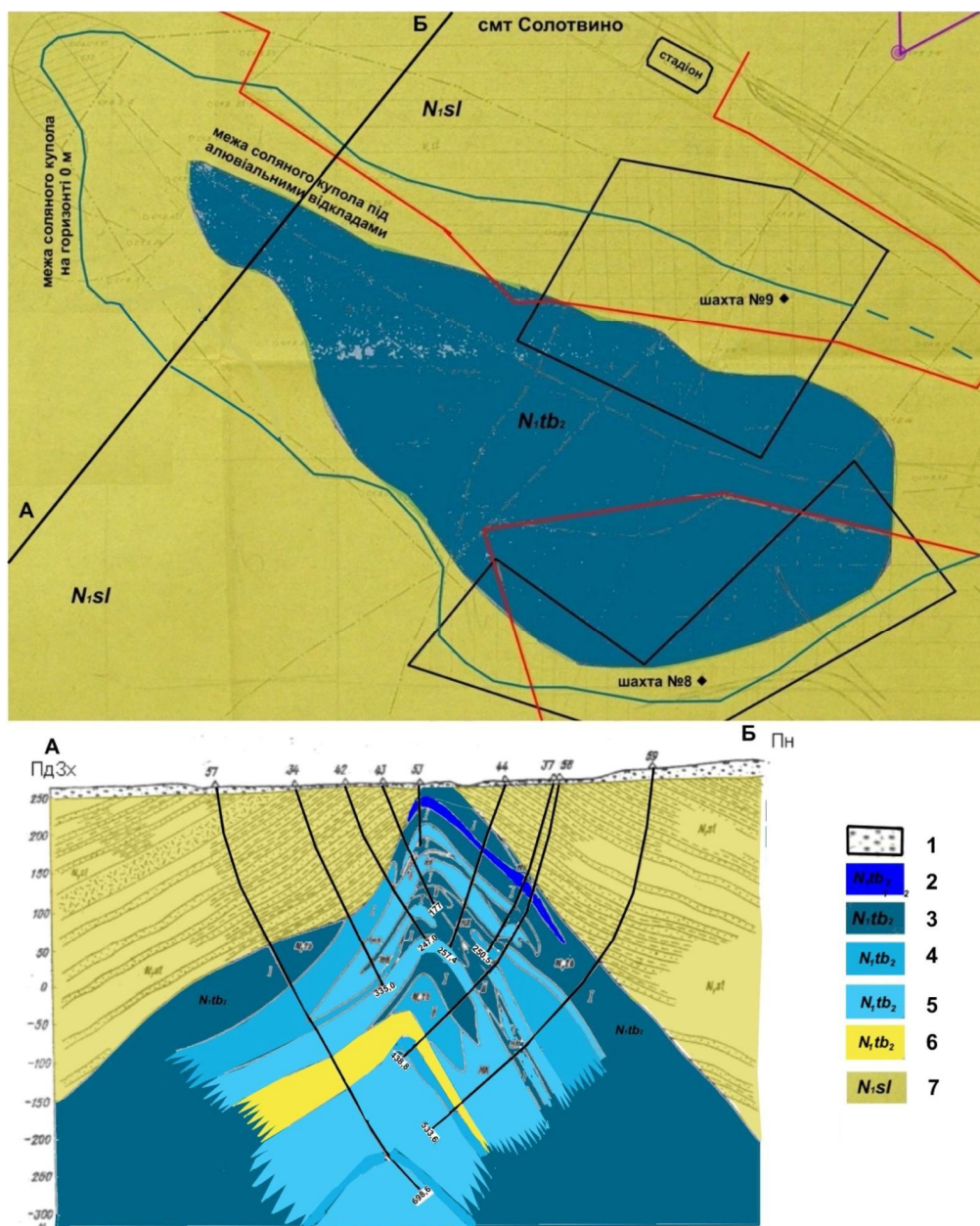


Рис. 1. Геологічна карта та розріз Солотвинського родовища кам'яної солі.

1 – четвертинні відклади: галька, пісок, суглинок; Верхньотереблінська свита: 2 – сіль вищого гатунку; 3 – сіль першого гатунку; 4 – сіль другого гатунку; 5 – некондиційна сіль; 6 – засолена аргілітоподібна глина; 7 – Солотвинська свита: аргіліти з прошарками алевролітів, пісковиків і ліпаритових туфів.

Тектонічно Солотвинське родовище є штоком солянодіапірової структури. Під четвертинними відкладами шток має в плані грушоподібну форму завдовжки 1 880 м і завширшки 760 м. Довга вісь орієнтована в напрямі північний-захід–південний-схід. Соляний шток є асиметричної будови. Південно-західне крило стрімке (60–80°), а північно-східне, пологіше (до 60°). У північно-західному і південно-східному напрямках він занурюється під кутом 15–30°. Такі кути свідчать про те, що контакт соляного штоку з боковими флішодними породами тектонічний [3]. Кути падіння змінюються залежно від відстані до контуру виходу солі під четвертинні відклади: поблизу – стрімкі, з віддаленням – пологіші. Поверхня штоку на рівні ерозійного зрізу грушоподібна, плоска, місцями нерівна, нахилена у північно-західному напрямі (див. рис. 1).

На рівні ерозійного зрізу соляна товща перекрита елювіальними глинами (місцева назва “палаг”), що накопичилися в процесі вилуговування кам’яної солі. Завершують геологічний розріз родовища четвертинні алювіальні, піщано-гравійно-галькові відклади надзаплавних терас р. Тиси та лесоподібні суглинки.

Кам’яна сіль біла, світло-сіра, сіра, місцями темно-сіра, грубо-, середньозернистої структури, утворена головню галітом з домішками ангідриту, доломіту і глини, складеної гідрослюдою і хлоритом [1]. Вміст нерозчинного у воді залишку в білій і світло-сірій солі – 0,0 – 0,5 %, сірій – 0,5–1,0, темно-сірій – >1,0 [7]. Для внутрішньої тектоніки кам’яної солі характерне стрімке, іноді вертикальне залягання пластів, місцями сильно зім’ятих у химерні складки різної форми і розмірів (рис. 2).



Рис. 2. “Химерні” складки відкладів солотвинської кам’яної солі (зменшено в 10 раз).

Причиною формування таких структурно-текстурних особливостей солотвинської солі є процеси соляної тектоніки (галокінезу). Завдяки високій піддатливості кам'яної солі до пластичних деформацій відкритих тріщин у кристалах та агрегатах галіту немає або вони заліковані. Соляна тектоніка значно ускладнила внутрішню структуру соленосної товщі. За загальної концентричної будови окремі горизонти зім'яті в горизонтальному і вертикальному напрямках, добре виражена дисгармонійна складчастість. Серед горизонтів білої зернистої солі видно сильну зім'ятість "річних" прошарків, які ніби зрізані і виклинюються до контакту із сусіднім горизонтом сірої солі. Водночас сіра сіль слабо зім'ята, в ній немає значних складок. Глинисті горизонти соленосної товщі розсланцьовані, в них трапляються численні дзеркала ковзання і тріщини, виповнені волокнистою сіллю. Про сучасний активний тектонічний режим території свідчить підвищений геотермічний градієнт соляного штоку. Наприклад, якщо в затоплених нині шахтах у приповерхневій зоні температура становила 12 °С, то на глибинах 300 м та 500 м – відповідно, 22 °С та 27 °С.

У соленосній товщі трапляються шари і блоки теригенних порід, приурочені до різних горизонтів. Зазвичай, ці включення деформовані, розламані та розірвані на частини й уламки різного розміру. У ядрі залягають глиниста сіль та соленосні глини. Перекривні теригенні відклади солотвинської світи, які прорвані соляним штоком тереблінської світи внаслідок соляно-тектонічного впливу, занурюються, як і поверхня штоку, однак кути падіння пологіші. Незважаючи на таку деформацію, у зоні контакту солей та перекривних теригенних відкладів дуже слабо проявлені явища подрібнення і брекчіювання, зміщення та загинання вверх прошарків бокових порід.

У геоморфологічному плані Солотвинське родовище є в межах широкої долини р. Тиси, у правобережній її частині, на ділянках поширення другої (шахти №7, 8 та 9) і частково першої надзапальної терас (район Затону – старих затоплених шахт, де локалізовані соляні озера).

Висока розчинність кам'яної солі у воді провокує активізацію соляного карсту і зумовила детальне вивчення підземних та поверхневих вод родовища. Родовище локалізоване в межах зони гумідного клімату, де кількість опадів майже вдвічі переважає кількість випарованої вологи. Середня багаторічна річна кількість опадів становить 873 мм, з яких 45 % випадає в травні–серпні, зафіксований максимум – 1 294 мм. Інфільтрація атмосферних вод відбувається у четвертинні відклади з перетіканням у бокові вмісні породи та до рівня соляного дзеркала.

Рух підземних вод у четвертинних відкладах, бокових породах та особливо у соляній товщі є визначальним гідрогеологічним чинником активізації соляного карсту. Бокові породи в зоні контакту з сіллю у різному ступені деформовані та тріщинуваті внаслідок діапїризму. Підземні води в бокових породах належать до тріщинних та порово-тріщинних. За умови, якщо нема руху вод у приконтактовій зоні куполу, тріщинним та порово-тріщинним водам властива гравітаційна стратифікація: нижче по розрізу та ближче до солей – насичені хлоридно-натрієві розчини (до 313 г/л), вище по розрізу та далі від солей – мінералізовані (1–100 г/л) та прісні гідрокарбонатно-кальцієві води з мінералізацією менше 1 г/л, переважно 0,25–0,3 г/л. На мінералізацію цих вод суттєво впливає наявність та цілісність палагу – мінералогічного бар'єра, що захищає сіль від розчинення та зумовлює застійний чи рухомий режим підземних вод. Відсутність глинистого прошарку та наявність зони розвантаження тріщинних вод, насамперед у гірничій виробки, зумовлює їхню активну взаємодію з соляними породами, вилуговування та розвиток карсту.

Внутрішньосольові води трапляються зрідка й у малій кількості. Вони переважно локалізовані у невеликих ізольованих порожнинах, представлені насиченими розчинами і не створюють загрози активізації соляного карсту.

Найпоширеніші на Солотвинському родовищі надсольові води четвертинного водоносного горизонту. Це води прісні, з низькою мінералізацією, надзвичайно агресивні щодо розчинення солей та завдавали найбільшої шкоди родовищу. В межах першої надзаплавної тераси, де немає дренажу, четвертинні води залягають на глибині 0,5–1,5 м. Гідрравлічний нахил до рівня розвантаження – р.Тиси – становить 0,003, коефіцієнт фільтрації – 15 м/добу. На другій надзаплавній терасі без дренажу четвертинні води залягали на глибині 15–20 м. Вони підживлюються з інфільтрації атмосферних опадів, витоків інженерних комунікацій багатоповерхової забудови селища та частково внаслідок напірного перетікання з бокових порід.

Літологічні особливості четвертинних відкладів та їхня локалізація в умовах замкненого зниження у центральній частині купола сприяли значній обводненості та швидкій водовіддачі за наявності підземного дренажу. Якщо прийняти випаровування рівним 40 %, то інфільтрація, виходячи з середньої багаторічної норми атмосферних опадів (873 мм), тільки на цій площі (близько 20 га) становить в середньому 104 800 м³/рік, або 287 м³/добу. Розвантаження надсольових вод відбувається у р. Тису та значною мірою у гірничі виробки.

Для їхнього перехоплення та недопущення потрапляння у солевидобувні шахти на родовищі по периферії соляного купола у покрівлі глинистого надсольового прошарку була облаштована система самоплинних дренажних штолень (Північна, Нова Тиса та Тиса-штольня) та водовідпомувальних шурфів (№ 1–18) (рис. 3).

Перехоплені четвертинні води Північною водовідливною дренажною штольнею скидали у потік Глод і вони не потрапляли в контур західної ділянки шахти № 9. Нова Тиса-штольня і з'єднана з нею Тиса-штольня перехоплювали четвертинні води в контурі східної ділянки шахти № 9 та всього гірничого відводу шахти № 8, після чого скидали їх у потік Извор. У такий спосіб відбувалось штучне осушення четвертинного водоносного горизонту та пригнічувався розвиток соляного карсту.

Води, які проникли до рівня солей і активно їх розчиняли, назвали карстовими. Живлення карстових вод відбувається з надсольових вод та вод з бокових порід. Ще у 50-ті роки об'єм відпомування карстових вод становив до 700 000 м³/рік, 2 000 м³/добу, 80 м³/годину. Для порівняння, у 2008 р. об'єм відпомування карстових вод з шахти № 9 становив 500 м³/годину, а з шахти № 8 – 100 м³/годину. Після затоплення шахти № 9, водопритік у шахту № 8 2010 р. становив 250–300 м³/годину.

За хімічним складом карстові води належать до хлоридно-натрієвих. Мінералізація їхня різна та коливається від майже прісних вод до насиченої ропи, що залежить винятково від тривалості взаємодії води із сіллю, швидкості її руху по карстових каналах і кількості води [5]. Хімічний та сольовий склад карстових вод Солотвинського родовища наведений у табл. 1, 2.

Середня мінералізація карстових вод, які раніше відпомували з підземних виробок, складала 84 г/л [4]. Наведені дані свідчать, що індикаторами часу взаємодії вод із соляними породами є їхня висока мінералізація, зумовлена хлористим натрієм та підвищеним вмістом сульфат-іона.

Під алювіальними відкладами на більшій частині поверхні соляного штоку залягає прошарок глинистих порід з поодинокими включеннями гіпсу – “палаг”. Цей прошарок представлений залишковим глинистим матеріалом, який був у кам'яній солі в розсія-

ному стані, та гіпсом, що утворився внаслідок гідратації ангідриту – реліктового мінералу соленосної товщі [8]. Місцями у палагу трапляються дрібні гнізда та лінзи піску, уламки аргілітоподібних глин і пісковиків. Потужність палагу – 2–5 м, місцями зростає до 25–30 м. На окремих ділянках родовища палаг виклинюється. Нерівність контакту кам'яної солі та підшви палагу і різна його потужність, зумовлені, очевидно, первинною нерівністю поверхні соляного штоку і різним вмістом у кам'яній солі глинистого матеріалу (рис. 4).

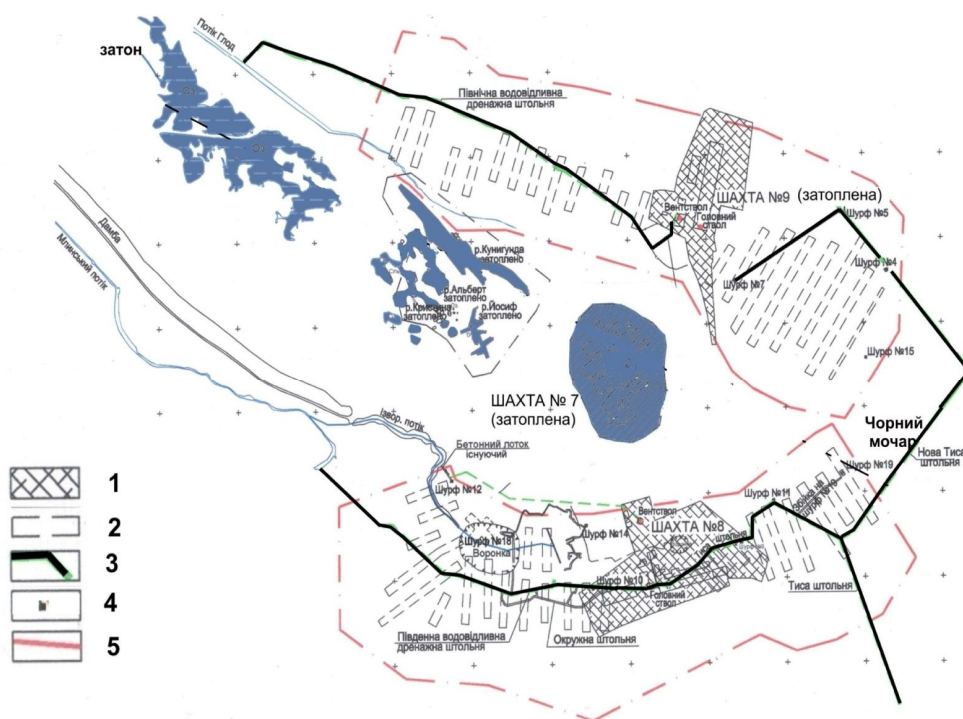


Рис. 3. Система перехоплення та водовідведення вод четвертинного водоносного горизонту по периферії Солотвинського соляного купола.

1 – надземний комплекс шахт № 8 і № 9, 2 – підземні виробки (камери); 3 – дренажні штольні; 4 – водовідливні шурфи; 5 – межі гірничого відводу шахт.

Донедавна скельні виходи кам'яної солі, вкриті шаром глини, були наявні на денній поверхні в межах першої надзаплавної тераси р. Тиси в районі Затону. Тепер ці виходи солі повністю розчинені та перекриті кількадеметровим шаром мулу і глини.

Водопроникність палагу в непорушеному стані дуже низька завдяки його глинистому складу. Проте вона суттєво зросла внаслідок техногенного впливу – негерметичності численних свердловин та шурфів, по яких надсольові води потрапляють у соляну товщу. Наслідком цього є інтенсифікація процесів вилугування солі та активізація соляного карсту, який у 60-х роках був розвинутий на площі 43 га, а тепер охопив усю площу соляного штоку на ділянці виходу солей під четвертинні відклади.

Таблиця 1

Хімічний склад карстових вод Солотвинського солерудника, г/л

Номер проби	Густина, г/см	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Сума іонів
1	0,998	0,05	0,03	0,16	0,97	0,95	1,06	3,22
2	0,998	0,12	0,01	0,23	0,72	1,28	1,12	3,51
3	0,998	0,11	0,02	0,22	0,77	1,29	1,11	3,52
4	1,001	0,06	0,01	0,17	0,48	1,92	1,45	4,09
5	1,002	0,11	0,02	0,27	0,72	3,23	2,40	6,75
6	1,004	0,27	0,14	0,01	5,78	1,28	3,01	10,49
7	1,021	0,25	0,06	0,17	0,74	21,90	14,23	37,35
8	1,021	0,30	0,02	0,17	0,65	22,08	14,31	37,53
9	1,201	1,88	0,29	0,21	1,95	126,30	80,23	210,86
10	1,157	0,96	0,11	0,15	1,99	145,82	94,30	243,33
11	1,156	1,03	0,08	0,17	1,86	148,00	95,64	246,78
12	1,198	0,79	0,04	0,24	1,84	182,29	118,25	303,45
13	1,195	0,66	0,05	1,56	0,24	184,59	119,73	306,83
14	1,202	1,49	0,18	0,17	2,09	188,31	121,16	313,40

Таблиця 2

Сольовий склад карстових вод Солотвинського солерудника
(за результатами перерахунку хімічних аналізів)

Номер проби	Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	CaCl ₂	MgSO ₄	MgCl ₂	Na ₂ SO ₄	NaCl	Сума солей
1	0,23	0,01	-	0,08	-	1,31	1,59	3,22
2	0,32	0,13	-	0,08	-	0,85	2,12	3,51
3	0,29	0,13	-	0,12	-	0,86	2,12	3,52
4	0,23	0,01	-	0,007	-	0,62	3,16	4,09
5	0,41	0,04	-	0,06	-	0,92	5,32	6,75
6	0,01	0,92	-	0,71	-	6,73	2,12	10,49
7	0,23	0,66	-	0,29	-	0,06	36,11	37,35
8	0,22	0,83	-	0,08	0,02	-	36,38	37,53
9	0,27	2,79	2,75	-	1,14	-	203,91	210,86
10	0,20	2,82	0,23	-	0,44	-	239,64	243,33
11	0,23	2,64	0,53	-	0,32	-	243,06	246,78
12	0,32	2,4	-	0,18	0,02	-	300,53	303,45
13	0,32	1,98	-	0,20	0,06	-	304,27	306,83
14	0,22	2,96	1,56	-	0,73	-	307,93	313,40

Виникнення і розвиток карсту на Солотвинському родовищі, ймовірно, почались з часу підняття соляного штоку і його потрапляння у зону активного водообміну: контакту агресивних вод із солями та їхнього розвантаження у русло р. Тиси. У той час виявилася єдність двох протилежних процесів – утворення купола та його руйнування шля-

хом вилуговання (розчинення) водою. Проте збереження соляного покладу у приповерхневій обводненій частині впродовж тривалого геологічного часу зумовлено тим, що утворені насичені розчини за малих градієнтів падіння залишались на поверхні солі у стані спокою, гравітаційно диференціювались та у такий спосіб захищали її від агресивних прісних вод, що залягали вище. На місці розчинених солей залишався нерозчинний глинистий осад, який захищав їх від подальшого вилуговання.

Виявлена в природних умовах гідродинамічна рівновага на Солотвинському родовищі була порушена наприкінці XVIII–другій половині XX ст, коли почалось будівництво глибших копалень порівняно з тими, що були тут у середні віки. Це шахти “Христинина” (1778), “Альберт” (1781), “Кунігунда” (1789), “Миколай” (1798), “Старий Людвіг” – шахта № 7 (1808), шахта № 8 (1886) та шахта № 9 (1975). Пройдені близько поверхні підземні виробки старих шахт стали місцями проникнення надсолевих вод у соленосну товщу. Нині усі копальні, крім шахти № 8, затоплені. У шахті № 8 рівень ропи підтримують на позначці -60 м за умов частково засипаного ствола копальні.

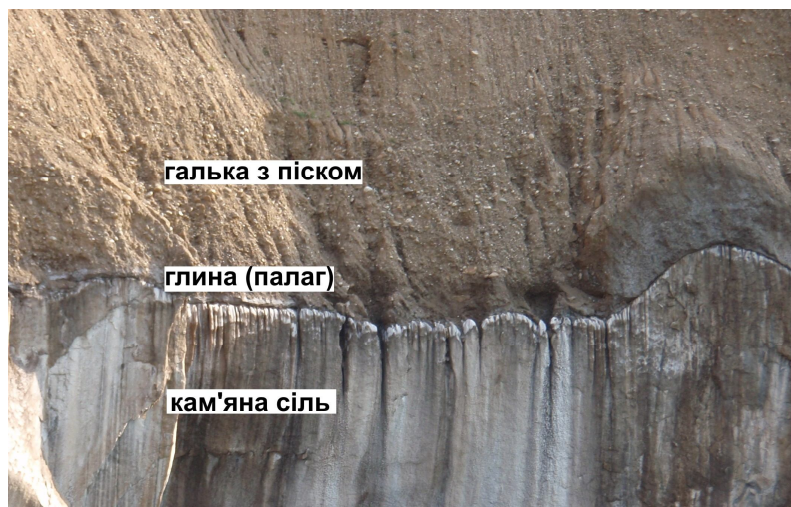


Рис. 4. Нерівність контакту кам'яної солі та підшви палагу.

Єдиним способом захисту гірничих виробок було облаштування дренажу для перехоплення надсолевих вод за допомогою дренажних штولень та водовідливних шурфів на рівні палагу. Ці виробки суттєво стримували розвиток карсту. Саме порушення їхньої роботи в останні 15–20 років привело до тих катастрофічних наслідків, які сьогодні спостерігають на родовищі. У штольнях та шурфах фіксували часті вивали, які блокували самовитікання здренованих вод. Ці вивали вчасно не ліквідували внаслідок недофінансування Солотвинського солерудника. Утворювались штучні греблі, які створювали підпір надсолевих вод і їхню пришвидшену інфільтрацію у соляний масив по ослаблених зонах, насамперед в районі Чорного Мочара, де деформація денної поверхні, зумовлена розвитком соляного карсту останніми роками, відбувалась дуже динамічно (рис. 5).

За таких умов підземні дрени не тільки не захищали шахтні виробки від води, а й ставали ділянками водозбору та залпової інфільтрації, що зумовило катастрофічний характер розвитку соляного карсту (рис. 5, б).

На Солотвинському родовищі поширені як поверхневі, так і підземні прояви соляного карсту. На денній поверхні поверхневі форми соляного карсту представлені карами, понорами, лійками, блюдцеподібними зниженнями рельєфу, колодязями і печерами. Кари розвиваються на відслоненнях кам'яної солі, що виходять на денну поверхню. Донедавна класичні соляні кари розвивались на поверхні соляних скель у районі соляного озера Кунігунда. Внаслідок інтенсивних опадів сіль розчинялась та боріздками стікала у зниження рельєфу, залишаючи за собою гострі шпильчасті карові гребені. Сьогодні ці скелі та кари (рис. 6 а, в), як форми відкритого соляного карсту повністю розчинені чи пересипані глиною. Скельні виходи солей на денну поверхню нині локалізовані в межах провалів над видобувними камерами шахт № 7 і 8.

Протяжність цих карових гребенів досягала 1,5–2,0 м, їхня висота – 12–15 см. Ширина U-подібних борозен не перевищувала 4–7 см. Кари збільшувалися в розмірах із зростанням стрімкості поверхні й досягали найбільших величин на стрімких схилах соляних скель. Вертикальні поверхні карових гребенів ускладнені різними за розміром борознами з гладкими заокругленими краями, водночас горизонтальні ділянки солі майже гладкі.



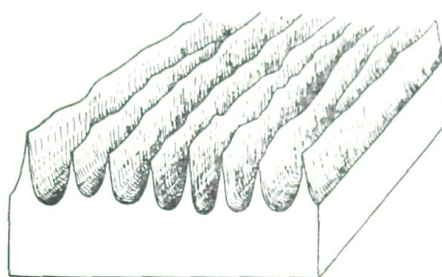
Рис. 5. Деформація дренажної Тиси-штольні в районі Чорного Мочара та вивали у ній четвертинних відкладів, які блокують стік здренованих вод (а); динаміка розвитку соляного карсту (б).

Спостереження засвідчують, що під впливом дощової води найінтенсивніше розчиняються нахилені поверхні кам'яної солі, а найменше – вертикальні й горизонтальні. Це пов'язано з тим, що на схилах соляних скель соляні розчини швидко переміщуються вниз і не захищають їх від розчинення новими порціями агресивної до солі прісної води. Вертикальні поверхні розчиняються слабо внаслідок меншої ймовірності потрапляння на них значних скупчень атмосферної вологи.

Дощова вода, яка потрапила на горизонтальну поверхню солі, розчиняє її, насичується натрій- та хлорид-іонами, стає малорухливою і значною мірою захищає галітові агрегати від розчинення новими порціями води. Виходячи з цих особливостей взаємодії солей з водою, Г. Короткевич [6] запропонував проектувати розроблення солей кар'єрним способом так, щоб профіль гірничої виробки був чергуванням субвертикальних соляних уступів, які мінімально розчиняються, та субгоризонтальних берм, гідроізолюваних глиною.



а



в



б

Рис. 6. Релікти соляних скель у районі озера Кунігунда, 2004 р. (а); провал над шахтою № 8, 2009 р. (б); гострі шпильчасті карові гребені (в).

Понори або локалізовані місця повного чи часткового поглинання води розміром 30–40 см є одним з найпоширеніших поверхневих карстових форм у межах Солотвинського

родовища. Повний цикл розвитку понору від стічного каналця до карстового колодязя спостерігають на відкритій поверхні солей шахт № 7 та 8 (рис. 7).

Розширення розмірів понорів приводить до активізації карстово-суфозійних явищ із формуванням більших карстових форм – блюдець, лійок та вирв (великих лійок). Формування карстових колодязів і печер пов'язане з розширенням понорів, розташованих над старими виробками.

Карстові вирви на Солотвинському родовищі розвиваються у четвертинних відкладах і приурочені до тих понорів та колодязів, крізь які відбувається винесення та провалювання теригенних порід у ділянки вилуговування та вироблений простір шахт. Найбільший розмір карстових вирв притаманний для шахти № 7 та № 8, де їхній діаметр досягає 250 та 200 м, відповідно, за видимої глибини до 75 м (рис. 8).



Рис. 7. Розвиток понорів в кривлі солі над камерами першого горизонту шахти № 8 від дрібних каналців, власне понорів, до великих карстових колодязів.

Карстові колодязі й печери на Солотвинському родовищі трапляються в районі соляних озер, а також в деяких карстових лійках, і є їхнім продовженням углиб товщі солі від підшви покривних порід. Вони є вертикальними отворами різного (переважно округлого) поперечного перетину з гладкими стінами, що мають часто занавісоподібну поверхню. Походження карстових колодязів (рис. 9) і печер (рис. 10) пов'язане з розширенням понорів, розташованих над старими виробками.

Понори розширюються за вимивинами. Їхня протяжність досягає по вертикалі 10–20 м і більше. Печери утворюються під час розширення колодязів та зародження локаль-

них ніш вилугування солей до розмірів склепіння, яке забезпечує їхню стійкість. Поперечні розміри печер іноді становлять 5–7 м.

Під час крапельного вилугування поверхні солей формується їхня комірчасто-сітчата текстура (рис. 11)

Блюдцеподібні зниження рельєфу та дрібні карстові лійки в межах полів шахт № 8 і 9 широко розвинені. Морфологічно вони є пологими западинами в рельєфі перекривних відкладів переважно округлої або овальної форми. Їхня глибина не перевищує 2–4 м, поперечні розміри – до 10–15 м, іноді й більше. В плані вони, зазвичай, симетричні й переходять одне в інше. У місцях, де блюдця розвинуті суцільно, створюється безладно-хвилястий рельєф (рис. 12).



Рис. 8. Найбільші карстові вирви в межах Солотвинського родовища над виробленим простором шахт № 7 (а) та 8 (б).



Рис. 9. Карстові колодязі в межах шахтного поля рудника № 8, бічні стінки яких декоровані реліктами понорів.

Карстові лійки надзвичайно різноманітні за розмірами і формою. Вони приурочені до ділянок підземного вилуговування на рівні соляного дзеркала. Їхній середній діаметр становить 8 м, глибина – 5 м. Найбільші карстові лійки наближаються за розмірами до карстових котловин та розташовані біля старих шахт. В поперечнику вони досягають 80 м і більше, глибина – 10–15 м. Відношення глибини до діаметра лійки понад 0,63 свідчить про її “молодість” та появу недавнього карстового провалу (рис. 13, 14).



Рис. 10. Карстова печера, розкрита гірничими виробками шахти № 8.



Рис. 11. Комірчасто-сітчаста текстура поверхні солі в межах дренажної галереї шахти № 8, що утворилась внаслідок крапельного вилуговування.



Рис. 12. Безладно-хвилястий рельєф, зумовлений численними блюдцеподібними пониженнями і дрібними карстовими лійками.



Рис. 13. Типові карстові лійки у перекривних відкладах у місцях порівняно повільного розмивання соляного дзеркала.



Рис. 14. Карстові провали із субвертикальними стінками у перекривних відкладах у місцях інтенсивного розмивання соляного дзеркала.

Збільшення карстових порожнин приводить до просідання та раптового обвалення товщі ґрунту, що трапляється головню в періоди інтенсивних опадів.

Наведені дані свідчать про сучасний критичний та катастрофічний стан геологічного середовища в межах Солотвинського родовища кам'яної солі, пов'язаний з інтенсивним розвитком останніми роками соляного карсту. Порушення сталого в геологічному часі природного режиму надсолевих вод призвело до активізації розчинення солей. Наявність зони підземного розвантаження вод розширила зону активного водообміну до легкорозчинної кам'яної солі та стала головною причиною інтенсивного закарстовування території.

Геоecологічні та гідрогeологічні умови Солотвинського родовища кам'яної солі, ускладні низкою помилок та недоліків, допущених під час виконання гірничо-видобувних робіт, спричинили затоплення всіх без винятку копалень. Вони зумовлені:

- близьким розташуванням соляного купола до земної поверхні;
- особливостями геологічної будови та техногенної дезінтеграції покривних соляних відкладів купола, насамперед порушенням глинистого палагу;
- наявністю водоносних горизонтів, що оточують з усіх боків соляне тіло, і їхнім постійним підживленням атмосферними опадами;
- активністю природного соляного карсту та його активізацією, пов'язаною з гірничо-видобувними роботами [9];
- 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 слабкозцементованої солі;
- порушенням технології експлуатації соляних копалень під час перехоплення надсолевих вод дренажними гірничими виробками, порушення цілісності соленосних товщ вибуховими роботами та ін.

До невідкладних геоекологічних завдань варто зарахувати збереження широко відомих за межами Закарпаття Солотвинських соляних озер, які стали єдиним місцем, що можуть підтримати рекреаційну галузь селища. Солотвинські соляні озера почали активно використовувати у лікувальних цілях ще на початку ХХ ст., коли почали провалюватись старі шахти Кунігунда, Альберт, Йосиф, Миколай, Христина у західній частині соляного купола з близькоповерхневим заляганням солей.

Питання збереження соляних озер після того, як припинили своє існування солотвинські шахти, є надзвичайно актуальним та зумовлює нагальну необхідність вивчення їхнього гідрогeологічного режиму і впливу на розвиток соляного карсту [3].

Усі ці умови та помилки потрібно врахувати у майбутньому під час проектування та будівництва нових соляних копалень. Освоєння ресурсів родовища можливо внаслідок будівництва нової шахти або ж кар'єру чи облаштування ропопромислу.

Нову шахту необхідно розмішувати на глибині, більшій ніж потужність зони звітрювання солі, шахтні стовбури піддавати ретельній гідроізоляції, а будь-які, навіть найменші водопритоки ліквідувати шляхом облаштування надійних гідроізоляційних перемичок. Як засвідчив досвід експлуатації Солотвинського родовища останніми роками, намагання осушити всю площу родовища без підтримки дренажних гірничих виробок у належному стані не поліпшить, а тільки ускладнить гідрогeологічні умови і може призвести до загибелі шахт і суттєвого погіршення гірничо-геологічних умов

майбутньої експлуатації. Ділянка для будівництва шахти не повинна бути порушена процесами соляного карсту і без житлової та промислової забудови. Такі умови виявлені для двох ділянок – в районі алергологічної лікарні та південніше Затону. Цей варіант надзвичайно дорогий та потребує детальних додаткових досліджень для реалізації.

На відміну від шахти, соляний кар'єр може бути закладений на закарстованих територіях шляхом рознесення бортів нині сформованих провалів поблизу шахт № 7 та 8.

Отримання солей шляхом перероблення ропи, видобутої на ропопромислі, є найдешевшим способом підтримки наявної рекреаційної інфраструктури на базі соляних озер та отримання високоякісної виварювальної кухонної солі.

Усі ці варіанти повинні бути екологічно та економічно обґрунтовані з урахуванням сучасних реалій.

1. *Білоніжка П.М.* О минеральном составе карбонатов и глин Солотвинского месторождения каменной соли (Закарпатье) // Вопросы геологии и геохимии галогенных отложений. Киев: Наук. думка, 1979. С. 53–61.
2. *Гуревич К.Я.* К вопросу о стратиграфии третичных осадков Солотвинской впадины // Геол. сб. Львов. геол. об-ва. 1956. № 2–3. С. 56–64.
3. *Корневский С.М.* Геологическая характеристика соляных структур Верхнетиссенской впадины // Труды ВНИИГ. 1959. Вып. 35. С. 105–130.
4. *Короткевич Г.В.* Гидрогеологические условия и карст Солотвинского соляного купола // Труды ВНИИГ. 1964. Вып. 46. С. 47–63.
5. *Короткевич Г.В.* Скорость развития соляного карста // Труды ВНИИГ. 1967. Вып. 53. С. 62–67.
6. *Короткевич Г.В.* Соляной карст // Л.: Недра, 1970. 255 с.
7. *Лазаренко Е.К., Лазаренко Э.А., Барышников Э.К., Малыгина О.А.* Минералогия Закарпатья // Львов. Изд-во Львов. ун-та, 1963. 614 с.
8. *Николишин В.П.* Происхождение гипсовой шляпы Солотвинского соляного купола // Труды ВНИИГ. Л.: Недра, 1967. Вып. 53. С. 51–61.
9. *Николишин В.П.* Влияние разработок Солотвинского соляного рудника на развитие карста // Труды ВНИИГ. Л.: Недра. 1967. Вып. 53. С. 68–75.
10. *Шаркань Й.П., Січка М.Ю., Мучічка І.І., Лемко І.С., Чонка Я.В., Корпош О.І.* Особливості фізико-хімічних властивостей Солотвинських соляних озер // Імунологія та алергологія. 2001. № 2. С. 50.

GEOLOGICAL STRUCTURE AND MODERN GEOECOLOGICAL STATE OF THE SOLOTVYNO SALT DEPOSIT (TRANSCARPATIAN)

V. Dyakiv, P. Bilonizhka

Ivan Franko National University of Lviv

Hrushevskij Str. 4, Lviv, 79005, e-mail: dyakivw@yahoo.com

Geological structure, mineralogical and lithological composition, modern geoecological state, hydrogeological and mine-geological condition of the Solotvyno salt deposit (Transcarpathians) is presented. Activation factors of geodynamic processes by forming of salt-diapir

structure and displays of the salt karst in the process of exploration of deposit are considered. Mastering of deposit resources in the future is possible by three methods: by the gasket of a new mine, building of quarry and salt-brine mining method. Conditions and errors, are definite which it is necessary to take into account in future by planning and building of new mines within the limits of the Solotvyno deposit or similar geological structures of the Carpathians region.

Keywords: The Solotvyno salt deposit, geoeological state, mine-geological and hydrogeological terms, mineral composition, salt karst.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СОЛОТВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАМЕННОЙ СОЛИ (ЗАКАРПАТЬЕ)

В. Дяків, П. Билонижка

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, г. Львов, 79000, e-mail: dyakivw@yahoo.com*

Приведена характеристика геологического строения, минерального и литологического состава, современного геозкологического состояния, гидрогеологических и горно-геологических условий Солотвинского месторождения каменной соли (Закарпатье). Рассмотрено факторы активизации геодинамических процессов при формировании соляно-купольной структуры и проявлений соляного карста в процессе разработки месторождения. Освоение ресурсов месторождения в будущем возможно тремя способами: проходкой новой шахты, строительством карьера и обустройством рассолопромысла. Определено условия и ошибки, которые необходимо учесть в будущем при проектировании и строительстве новых приисков в пределах Солотвинского месторождения или аналогичных геологических структурах Карпатского региона.

Ключевые слова: Солотвинское месторождение каменной соли, геозкологическое состояние, горно-геологические и гидрогеологические условия, минеральный состав, соляной карст.

*Стаття надійшла до редколегії 17.09.2010
Прийнята до друку 04.10.2010*