

*Георгій РУДЬКО, Мирослава БОНДАРЕНКО*

## **ТЕХНОГЕННА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЙ СОЛЯНИХ І СІРЧАНИХ РОДОВИЩ ЛЬВІВЩИНИ**

*Висвітлені екологічні проблеми використання соляних і сірчаних родовищ. Наведені приклади негативного впливу гірничовидобувної діяльності на стан земної поверхні, зміну ландшафтних умов і біологічного розмаїття територій.*

В останні десятиріччя на соляних і сірчаних копальнях західних областей України склалася катастрофічна екологічна ситуація. Експлуатація копалень призвела до багатомільйонних збитків, загрози здоров'ю і погіршення умов проживання людей, зниження біологічного розмаїття. Недосконала технологія розробки родовищ з використанням традиційних методів без особливих урахувань екологічних вимог зумовила прискорення процесів вилугування сульфатів, призвела до активізації розчинення галоїдів, просідання земної поверхні, провалоутворення, ерозії, суфозії і ін. Масштаби проявів карстових і супутніх процесів величезні. В зонах провальної небезпеки опинилися не лише території шахт і кар'єрів, а й обширні ділянки за їх межами.

Важливим фактором впливу на екологічне середовище соляних родовищ стало створення своєрідного техногенного рельєфу: формування підземного виробленого простору, складування розкритих порід у відвалах та промислових відходах, у хвостосховищах та ін. На сьогодні значний спад виробництва калійних добрив у Передкарпатті загалом зумовлений низкою негативних наслідків відробки солей: зсувами і проривами дамб хвостосховищ; просіданням і скупченими провалами земної поверхні; руйнуванням кріплень у шахтних стовбурах, горизонтальних виробках і сполученнях; нерівномірною неплановою відробкою; потраплянням поверхневих вод і ненасичених розсолів через водозахисну стелину в гірничі виробки. Водопритоки сприяють розвитку й активізації карстових процесів, нехарактерних для природноісторичних умов солених відкладів [3], затопленню шахт, утворенню понижень і провалів, викликає процеси заболочення, підтоплення і затоплення.

Соляний карст на Стебницькому родовищі калійних солей пов'язаний з проривом надсолених вод гіпсо-глинистої шапки (ГГШ) і четвертинних водоносних горизонтів у гірничі виробки через тріщини у стелинах,

утворених при буровибухових роботах, у місцях розкриття „соляного дзеркала” та зон гіпергенно змінених порід.

Небезпека порушення гідрогеологічного режиму на родовищі виникла ще при проведенні геологорозвідувальних робіт. Пройдені в соляному тілі свердловини і закладені шахтні стовбури сприяли внаслідок неналежної гідроізоляції гідравлічному зв'язку між агресивними водами й соленими відкладами. Слід відмітити, що за весь період експлуатації копалень до 1952 р. (копальня № 1) не було випадків просочування розсолів у гірничі виробки глибинних горизонтів. Луговні формувалися у товщі солених порід на глибині від поверхні не менше 140—150 м при потужності стелин 120—130 м (потужність ГГШ — 10—30 м). В 1952 р. у квершлязі 4/1 на копальні № 1 був виявлений перший великий приплив води.

Пониження гірничими виробками місцевого базису дренажу посилює динамічність надсолевих вод і призвело до порушення протикарстової рівноваги практично на всіх соляних копальнях Передкарпаття. Наявність водонасичених горизонтів надсолевих вод робить перетікання карстових процесів у солях надзвичайно високоактивним.

Розроблення родовищ калійних солей спричинило прогин поверхні, утворення підземних і поверхневих карстових форм, кількість і інтенсивність яких, незважаючи на припинення гірничих робіт через складні гідрогеологічні умови, зростає у часі (Стебник, копальня № 2). Родовище розроблялося підповерховими ортами з виробленням камер завширшки до 15—42 м, заввишки 60—120 м і завдовжки до 100 м. Підтримка виробленого простору здійснювалася залишенням міжкамерних та міжповерхових ціликів завширшки 12—24 м. За період існування Стебницьких копалень утворилося понад 30 млн. куб. м підземних порожнин, більшість яких не заповнена, що призвело на окремих ділянках до інтенсивної деформації міжкамерних ціликів і може викликати їх руйнацію та порушення водозахисної товщі.

Складність екологічної ситуації на Стебницькому родовищі калійних солей зумовлена насамперед його гідрогеологічними умовами.

Найбільш загрозливе становище склалося на копальні № 2, де в листопаді 1978 р. стався прорив надсолевих вод у відпрацьовані камери 115—116, а згодом у камеру 122 на північно-східному і південно-східному флангах течії. В напорах вод горизонту ГГШ утворилася депресійна лійка розміром 1300×600 м, яка простяглася уздовж південнозахідного контакту пласта 10 під автомобільну дорогу Львів—Трускавець. У центральній частині лійки рівні вод понижені на глибину 20—50 м.

Основний приплив на південно-східній ділянці течії пов'язаний з карстом № 2 в районі свердловини 146-т. Дебіт припливу слабомінералізованих вод коливається у чіткій залежності від кількості атмосферних опадів. Проникнення розсолів відбулося у приконтактовій частині нижньої рудної пачки пласта на ділянці значного розвитку в розрізі ГГШ глазеритмірабілових порід і гіпсів. Початковий дебіт вод становив 2—3 куб. м/добу (мінералізація 410—420 г/л). Приплив постійно зростав і за місяць досягнув максимуму — 2000 куб. м/добу зі зниженням мінералізації до 180 г/л. Проведений комплекс робіт щодо ліквідації аварійного водоприпливу через місяць стабілізував його до рівня 200—220 куб. м/добу (мінералізація 240—260 г/л). В подальшому, незважаючи

на комплекс заходів стабілізації проривів надсолевих вод, спостерігається активна динаміка розсолуприпливів у гірничі виробки, підземні й поверхневі карстові форми, що охоплюють значні площі. З'явилася необхідність у нових рішеннях щодо попередження і локалізації проривів надсолевих вод.

Детальне вивчення ситуації показало, що найефективнішим варіантом ліквідації водоприпливу в камеру 115/1-в є кероване перехоплювання розсолів на кільцевому дренажному горизонті на відмітці +215 м (1980 р.). На даний час у верхній частині соленосних відкладів дренажним горизонтом перехоплено 90—95 % водоприпливів (до 5—7 куб. м/добу продовжує періодично надходити в підземні камери), які розвантажувалися у гірничі виробки. Підприємством протягом двадцяти років виконаний значний обсяг робіт, спрямованих на локалізацію витоків. Пройдено понад 5000 м водопідсичних, водовловлюючих і воднотранспортних гірничих виробок; зарегульований водовідлив у загальну систему з подачею розсолів у хвостосховище підприємства; частково відведена загроза раптових проривів розсолів до видобувних камер. Незважаючи на комплекс заходів, гідрогеологічна ситуація на копальні № 2 (район „течії” в камери 114—122) надалі залишається складною.

Протягом усього часу існування „течії” відмічається зростання загального розсолупрояву в гірничі виробки від 2—3 куб. м/добу в жовтні 1978 р. до 750—800 куб. м/добу — в 1998 р. при відповідному зменшенні середньої мінералізації розсолів з 300—320 до 250—290 г/л; витекло 3445169 куб. м розсолів. За масою винесених солей утворилося 508444 куб. м карстових порожнин, відмічено дуже небезпечні викиди в гірничі виробки глинистої маси типу „пливуна”.

Аналіз багаторічних досліджень на соляних копальнях показує прямий зв'язок між утворенням карстових порожнин і водопритоками. Збільшення у часі припливів агресивних вод у гірничі виробки на Стебницькому родовищі посилює формування карстових форм, які представлені порами вилуговування, щілинами, промивинами, кавернами, понорами, камерами. Карстовими, суфузійнокарстовими процесами в соленосних породах і відкладах ГГШ охоплено товщу близько 120000 кв. м. Карстовим порожнинам №№ 1, 2, 3, 4 та ін. в соленосних відкладах копальні № 2 відповідають провальні лійки і просадки на земній поверхні (№№ 1—17 та ін.). Візуальні обстеження, проведені восени 1998 р., у травні й серпні 1999 р., виявили продовження інтенсивного формування нових карстових форм та активне розширення і поглиблення більшості існуючих лійок. Відсутність під'їздів до ділянки карстової зони не дає змоги проводити ефективні заходи щодо максимального відведення та збирання поверхневих вод і ліквідації утворених провалів.

Карстові явища порушили цілісність функціонуючих споруд і будівель, інженерних комунікацій. У зв'язку з цим, території шахтних полів м. Стебник слід визнати як зони підвищеного ризику. Для збереження стійкості земної поверхні в закарстований масив запомповано 156645 куб. м глинистоцементного матеріалу, закладено 18832 куб. м карстових порожнин у районі камери 122, 20612 куб. м глинистого матеріалу — в карстові провали на поверхні, близько 650 тис. куб. м — у відроблені порожнини камер 112—122 пласта 10.

Техногенно зумовлена активізація соляного карсту з його підземними і надземними проявами характерна також для родовищ Моршина, на яких проводиться відпомповування розсолів для лікувальних потреб [4].

Негативні наслідки розробки соляних родовищ пов'язані із забрудненням поверхні. Відносно низький вміст корисного компоненту в калійних рудах призвів до великого обсягу відходів при їх переробленні, які у вигляді промислових розсолів і твердих відходів складуються на денній поверхні та засолонюють її. Засолонення підземних вод, водоймищ на ділянках розміщення ставків накопичувачів та шламосховищ відбувається інфільтрацією розсолів через їх днища, борти й основи дамб. Використання хвостосховищ як випарювачів у кліматичних умовах Передкарпаття неефективне, оскільки кількість опадів у даному регіоні переважає над кількістю випаровуваної вологи, що змушує переповнені в акумулюючих басейнах води частково скидати у річкову систему.

Розповсюдження розсолів у водоносних горизонтах скорочує ресурси питного і технічного водопостачання промислових районів, які пов'язані з калійною промисловістю, утруднює використання поверхневих водопливів, геохімічний режим яких значною мірою формується під впливом підземного стоку.

Різка посилення таких техногенних навантажень, як розробка родовищ сірки, гіпсів, глин, мінеральних вод, побудова гідротехнічних споруд, а також сільського господарства і промисловоміських агломерацій на геологічне середовище сірконосної провінції зумовили появу техногенних форм, зокрема зсувів, техногенного рельєфу, активізацію карстових процесів, забруднення довкілля та ін.

Недосконала технологія видобутку сірки на Яворівському, Подороженському, Ново-Роздільському родовищах і глин на Розвадівському призвела до зміни природно-історичного геологічного середовища і формування нових факторів розчинення сульфатних порід. Природно техногенна система Язівського родовища сірки характеризує умови техногенної активізації сульфатного карсту, його механізм і динаміку на стадії ліквідації системи. Експлуатацію родовища здійснює Центральний кар'єр потужністю 8,15 млн. т сірчаної руди, який уведений в експлуатацію трьома етапами (1974, 1978 і 1982 рр.) і Південний — потужністю 2,7 млн. т., уведений в експлуатацію 1985 р. Активний видобуток самородної сірки відкритим способом на Язівському родовищі здійснюється вийманням корисної копалини на площі понад 10 кв. км на глибину до 80—100 м та відпомповуванням підземних вод, що супроводжується формуванням депресійної лійки, зміною русел річок, створенням дренажних систем, будівництвом водосховищ, трьох хвостосховищ, трьох зовнішніх відвалів, гідровідвалу площею 80 га, техногенного комплексу переробки сірки, залізниць і автодоріг, пульпопроводів, хвостопроводів та ін. Гірничими роботами порушено близько 7 тис. га. земель площею 1080 га.

Освоєння родовищ сірки відкритим способом зумовило активізацію карстових процесів. Водопониження у межах кар'єрів викликало зміну гідродинамічних і гідрохімічних режимів, унаслідок чого зросли інтенсивність розчинення і кількість провалоутворень, гідрологічних і інженерно-геологічних умов територій.

Видобування сірки відкритим способом понад 30 років супроводжується зростанням постійного водовідливу від 6,8 тис. куб. м/добу в 1971 р. до 106,8 тис. куб. м/добу — в 1998 р. [2]. Загальна лійка депресії, у межах якої спостерігається збільшення мінералізації підземних вод та зниження їх агресивності стосовно кальциту і гіпсу в напрямі від периферії лійки до центру досягла площі 100 кв. км. Істотно змінилися гідрологічні умови, припинилося підземне живлення водоєм. На окремих ділянках Язівського родовища відмічені втрати стоку річок Шкло, Терешка; пересохли озера, понизились рівні води в колодязях, осушилися заболочені долини річок, що стимулювало процеси змін флори і фауни.

Зміна інженерно-геологічних умов територій, що входять у зону техногенного впливу гірничих виробок, пов'язана з порушенням земної поверхні як основи для інженерних споруд і комунікацій внаслідок деформацій на ділянках інтенсивного карстоутворення, втрати сільськогосподарських площ завдяки вийманню гірської маси з кар'єрів та перевідкладення її на нові місця.

Підземні природно-історичні та техногенноактивізовані карстові форми різко переважають над поверхневими. Механізм провалоутворень залежить від літологічного складу і потужності покривних порід та гідрогеологічних умов. На формування поверхневих карстових форм вплинуло зняття гідродинамічних напорів унаслідок заміни висхідної циркуляції підземних вод низхідною циркуляцією агресивних прісних атмосферних, річкових і озерних вод та послаблення стійкості покривлі порід, що карстуються, спорудження на закарстованих територіях водосховищ, відстойників відпрацьованих промстоків та інших скупчень великих мас води.

Перші і найбільші провали внаслідок відкритої відробки сірчаних руд з'явилися у долині р. Шкло в районі санаторію. Надалі цей процес активізувався на північний і південний схід у долинах річок Терешка і Гноєнець. Захоплення нових територій супроводжувалося розчиненням в її межах порід і насиченням підземних вод, що зменшувало їх подальшу агресивність і сприяло тимчасовій стабілізації провалоутворень.

Польові обстеження дали змогу поділити карстові форми рельєфу за розміром, генезою і відносним віком, а також на лійки, карстово-ерозійні западини, карстові поля. Лійки утворюються унаслідок карстово-обвальних, карстово-ерозійних, змішаних провалів і просідання землі. У плані вони переважно чашо- і блюдцеподібні, рідше — конусоподібні (на початковій стадії розвитку). Великі карстові лійки є результатом повторних провалів і просідання земної поверхні. Великі складні карстово-ерозійні западини протягом тривалого часу формуються поступово на місці групи скупчень лійок. На окремих ділянках середньої течії річок Шкло, Терешка і північно-східній частині водосховища Новий Яр карстові лійки об'єднані загальним пониженням у карстові поля.

Карстові форми на території Язівського родовища поширені дуже нерівномірно. Вони сконцентровані переважно у східній і південно-східній частинах території, де в межиріччі Шкло і Терешка на невеликій ділянці кількість карстових лійок на 1 кв. км нараховується понад 100. В середньому концентрація лійок становить 10—20 на кв. км. У межах Язівського родовища станом на 1.06.1987 р. виявлено 937 карстових провалів й інших

форм різного віку [1]. На основі польових досліджень 1995—2000 років уже виявлено понад 950 поверхневих форм.

Карстові провали, як звичайно, мають невеликі розміри: здебільшого 5—6 м, максимум — 20—30 м у діаметрі і до 5—10 м завглибшки. У водосховищі Новий Яр та санаторії Шкло виявлені лійки з діаметром до і понад 80 м і завглибшки до 20 м. Прослідковується закономірне збільшення кількості і зменшення діаметрів лійок на ділянках із меншою потужністю відкладів, що залягають над товщею, яка карстується. При великих потужностях порід кривлі формуються великі провали.

Старі лійки діаметром 100 м і більше є, ймовірно, результатом не одного великого провалу, а росту протягом тривалого часу внаслідок повторних провалів і просідань поверхні. При ерозійному розмиві лійки зникають, утворюючи котловини або інші складніші форми. У долині р. Шкло в 1974—1976 роках утворилося карстове поле, яке має розміри понад 200×400 м. Тут є понад 170 карстових лійок, переважно блюдцеподібних і чашоподібних форм, розміром від 3 до 27 м і завглибшки 0,2—3,2 м. Навколо лійок, частіше по їх краю, а також між лійками спостерігаються зяючі тріщини завширшки 0,2—1,3 м і завглибшки до 2—3 м, у стінках яких відслонюється торф.

Частина карстоерозійних западин, карстових лійок і провалів утворилися до початку розроблення Язівського сірчаного родовища. У зв'язку з водопонижувальними роботами процес провалоутворення тут активізувався. Уздовж долини ріки Шкло утворилися сотні карстових провалів і поля карстових лійок, у тому числі близько двох десятків — у с. Шкло, декілька провалів на території курорту Шкло. Така ж картина спостерігається у долинах рік Терешка, Пила внаслідок приуроченості зони до тектонічних порушень і тріщинуватості.

Систематичні карстологічні обстеження району показали, що за період від 1978 по 1986 рр. утворилося 243 лійки [1]. Найактивніші процеси карстоутворення були в 1979 і 1982 роках (48 і 86 лійок, відповідно). Вивчена залежність утворення карстових лійок від величини водовідливу із кар'єру і кількості атмосферних опадів. Максимальна кількість карстових лійок утворилася у 1979, 1982 і 1985 роках, коли ці фактори були в максимумі [1]. Послаблення і активізація карстопровальності свідчать про вибірковість техногенного карсту. Польовими обстеженнями, виконаними в період літніх і осінніх злив 1996—1999 роках зафіксовані свіжі деформації земної поверхні в долинах рік Шкло, Терешка, Пила, водосховищі Новий Яр, на території курорту Шкло. Дослідження дали змогу встановити тісний зв'язок між об'ємом атмосферних опадів, водовідливом і кількістю утворених провальних та інших за генезисом поверхневих карстових форм.

Крім прямого впливу кар'єру іншого техногенного навантаження на розвиток екзогенних геологічних процесів не спостерігається. Водночас відвали, промислові площадки, які займають до 15 % території, загалом негативно діють на навколишнє середовище, що потребує детального вивчення.

На території відробки сірчаних руд відомі локальні зсуви потужністю 3—5 м, що викликані господарською діяльністю — штучним підрізанням і первантаженням схилів.

При кар'єрній відробці будівельних матеріалів — глин, вапняків, гіпсів — відбувається забруднення доквілля сміттєзвалищами, скиданням відкачуваних з гірничих виробок вод у гідромережу.

Порівняно з іншими способами видобутку сірки ПВС значною мірою знижує рівень негативного впливу на геологічне середовище і доквілля. Істотного процесу карстоутворення не помічено, хоча є глибинні і поверхневі деформації при підземному виплавлюванні. Підвищення пластових тисків подекуди призводить до підняття поверхні й утворення грифонів, тоді як на інших ділянках відбувається її опускання, що пов'язане з відбиранням корисної копалини і руйнуванням скелету сірконосних порід. Унаслідок неорганізованого водовідливу поверхня і водотоки забруднюються тонкодисперсною сіркою і сірководнем.

У межах сірконосного басейну розміщені великі міста, які є водозаборами прісних нижньобаденських вод для питтєвих і технічних потреб. Техногенний розвиток небезпечних геологічних процесів характерний для Львова, Яворова, Пустомит. Такі гідротехнічні об'єкти, як великі і дрібні водосховища, ставки для вирощування риби також стали причиною активізації зсувів і гіпсо-ангідритового карсту [4].

За результатами досліджень проведено середньо- і великомасштабне районування території родовищ сірки і солей щодо ризику карстопроявів, яке зумовлює необхідність комплексного моніторингу процесонебезпечних ділянок. Вивчення генезису, механізму утворення, динаміки розвитку та активізації карстових процесів у соляних і сульфатних породах дасть змогу запобігти руйнуванню копалень через ліквідацію або послаблення основних причин, що формують карст, розрахувати техногенну екологічну безпеку гірничо-видобувних підприємств.

Отже, у межах соляних і сірчаних родовищ Львівщини основні екологічні проблеми пов'язані з погіршенням гідрогеологічних, гідрологічних, ландшафтно-геохімічних, геоморфологічних, інженерно-геодинамічних умов для існування і розвитку організмів, унаслідок чого істотно змінилося біорозмаїття території копалень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Блоцкий Н. А., Ковшиков Н. Н.* Методические рекомендации по прогнозу карстопроваемой опасности с учетом временного фактора. Черкассы: ОНИИТХИМ, 1989. 35 с.
2. *Найдін А. М., Рудько Г. І.* Сульфатний карст та його техногенна активізація (на прикладі Карпатського регіону України). К.: Вид-во Будинку економічних та науковотехнічних знань товариства „Знання” України, 1998. 76 с.
3. *Короткевич Г. В.* Соляной карст. Л.: Недра, 1970. 255 с.
4. *Рудько Г. І.* Геодинамика и прогноз опасных геологических процессов Карпатского региона: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук: 04.00.07 / Академия наук СССР, Институт геологических наук. К., 1991. 65 с.

**SUMMARY**

**Georgiy RUDKO, Myroslava BONDARENKO**

**THE TECHNOGENIC ECOLOGICAL SAFETY OF THE SALT  
AND SULPHUR MININGS OF LVIV REGION**

The ecological problems of the salt and sulphur deposits of Lviv region have been described. The negative influence of mining industry on the earth's surface, changes in landscape and biological varieties of the territory have been shown.