

Д. П. Хрущов, Л. П. Босевська, Ю. В. Кирпач

**ТЕХНОГЕННЕ ВТРУЧАННЯ В СЕРЕДОВИЩЕ СОЛЯНИХ МАСИВІВ:
ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ**

В последнее время разностороннее использование геологической среды соляных массивов принимает достаточно широкий размах в мировой практике. Тем не менее до этого времени экологические вопросы техногенного вмешательства в соляные толщи при использовании их в различных целях решаются неудовлетворительно. Достаточно часто в связи с эксплуатацией соляных массивов возникают аварийные ситуации, имеющие негативные экологические последствия. Одна из таких ситуаций, наблюдающаяся на Солотвинском месторождении каменной соли в течение последних нескольких лет, привела к полной остановке работы солерудника и функционирования спелеосанатория Украинской аллергологической больницы. Эта ситуация оценивается специалистами как техногенная экологическая катастрофа. В данной работе дана систематизация нарушений геологической среды при техногенном вторжении в соляные толщи, рассмотрены их причины, действующие факторы и механизмы, а также возможности управления при нарушениях геологической среды.

Many-sided use of salt massifs geological environment is in progress in the world practice. Nevertheless up to now a number of the issues of human made interference in rock salt massifs connected with in different engineering purposes have not been solved yet. Emergency situations arise often enough as a result of exploitation of rock salt bodies. Sometimes accidents have negative ecological consequences. The emergency situation has taken place at Solotvino rock salt deposit; it was developing intensively during the last several years and has been resulted in full shutdown of salt mine and speleosatorium of Ukrainian allergic hospital. The accident defines by the specialists as human made ecocatastrophe. In this paper the systematization of geological environment disturbances resulted by human made impact upon salt massifs has been presented, the main causes factors and mechanisms were reflected. The possibilities of geological medium management have been regarded.

Вступ

Під техногенним втручанням у соляне середовище розуміється створення в соляних масивах порожнин різних параметрів з різною метою. Величезна кількість таких порожнин, що існує в багатьох країнах світу, пов'язана насамперед із видобуванням кам'яної та калійних солей як корисної копалини, тобто являє собою експлуатаційні гірничі виробки (в тому числі й відпрацьовані). Світовий досвід експлуатації соляних масивів свідчить, що здебільшого техногенне втручання в соляні поклади не має негативних екологічних наслідків і значна кількість виробок у соляних масивах існує протягом кількох сторіч, не завдаючи шкідливого впливу довкіллю. Але в той же час відома й велика кількість випадків, коли втручання в соляне геологічне середовище (ГС) призводило до активного зростання проявів екзогенних геологічних процесів, спричинених техногенним чинником, що

тягнуть за собою суттєве погіршення навколишнього природного середовища і порушують безпеку промислових та житлових об'єктів [13].

Сучасними прикладами розвитку екологічно небезпечних явищ у зонах втручання в соляні поклади є виникнення небезпечних деформацій ГС і земної поверхні над калійними шахтами Калуш-Голинського і Стебницького родовищ (міста Калуш і Стебник, Україна), над шахтами Верхньокамського родовища калійно-магнієвих руд (м. Перм, Росія), над Ілецьким соляним штоком (Росія, Оренбурзька область, 1980—1990 рр.) [1], над гірничими виробками рудника ім. Шевченка Артемівського родовища кам'яної солі (небезпечне руйнування гірничого масиву триває протягом кількох десятиліть з 1942 р. до теперішнього часу) та над Солотвинським соляним куполом (Закарпаття). В останньому випадку ситуація кваліфікується фахівцями як техногенна екологічна катастрофа (2005—2009 рр.) [9]. Розвиток руйнівних процесів у соляному середовищі, що використовується, має дуже складні

© Д. П. Хрущов, Л. П. Босевська, Ю. В. Кирпач, 2010

зовнішні екологічні наслідки, бо екологічна шкода*, що виникає як результат господарської діяльності, може значно перевищувати її користь в цілому для економіки країни.

Приймаючи до уваги поширення світової тенденції використання соляних масивів не лише для видобування корисної копалини, а й як будівельного середовища для створення в ньому різноцільових інженерних об'єктів (господарських, лікувальних, рекреаційних), на теперішній час дуже актуальним є дослідження екологічних аспектів антропогенного втручання в соляні масиви.

Отже, метою даної роботи є окреслення екологічних аспектів техногенного втручання в ГС соляних товщ для визначення методології і методичних підходів, спрямованих на попередження негативних результатів цього втручання та мінімізацію можливих наслідків.

Згідно з цією метою поставлені такі завдання:

- визначення основних типів порушення біосфери та їх негативного екологічного впливу;
- визначення механізмів і факторів розвитку негативних явищ, методів їх оцінки і прогнозування;
- окреслення можливості й основних шляхів управління небезпечними явищами, їх попередження та мінімізації наслідків.

Таким чином, предметом нашого дослідження є екологічні наслідки техногенного втручання в середовище соляних товщ, об'єктом дослідження слугують викопні соленосні товщі, що становлять інтерес для експлуатації соляних ресурсів (кам'яна сіль, природні розсоли, калійно-магнієві солі) або створення підземних сховищ різного призначення (а також території поширення цих товщ, що зазнали деградації в результаті експлуатації останніх).

Необхідність збереження стійкого, екологічно безпечного стану техногенно-гео-

логічних систем (ТГС) загалом і пов'язаних із соляними товщами зокрема набуває важливого соціально-політичного значення для України як держави з високою щільністю населення та дуже високим техногенним навантаженням на навколишнє середовище.

1. Методологічні підходи

Викопні соленосні товщі в геологічній історії можуть існувати сотні мільйонів років, що пояснюється їх геологічною захищеністю. Захищеність соляних товщ — це ступінь їх забезпеченості від агресивної дії води системою захисних водотривких шарів гірських порід, а також горизонтів і зон насичених розсолів [10].

Природні причини порушення захищеності в основному тектонічного походження і включають ряд підпорядкованих діючих факторів. Техногенне втручання в природні формаційні асоціації соленосних товщ можуть мати екологічні наслідки різного масштабу — від повної їх відсутності до серйозних порушень екологічної рівноваги, в тому числі катастрофічного характеру, з деградацією природних ландшафтів аж до рівня практичної неможливості їх відновлення.

Методологія досліджень техногенного втручання в середовище соляних товщ базується на аналізі двох принципових чинників: характері можливих екологічних наслідків і типізації втручання (останнє і визначає особливості наслідків). Розгляд цих чинників наведений нижче.

Типізація техногенних втручань. Виділяються три основних напрями техногенного втручання за функціональною ознакою (різновидом робіт): експлуатація соляних ресурсів (шахтним способом, кар'єрами і геотехнологічним методом); будівництво й експлуатація підземних сховищ різного призначення (ємностей, спеціально створених геотехнологічним методом, а також облаштованих відпрацьованих шахтних виробок); ненавмисне втручання (пробурювання соляної товщі, порушення природної захищеності при розробці надсольових захисних горизонтів, експлуатації родовищ нафти і газу тощо).

Типізація порушень біосфери. При техногенному втручанні в середовище соляних товщ можуть відбуватись порушення ГС і поверхневого навколишнього середовища.

* Екологічна шкода — широке поняття, яке містить шкоду, завдану як безпосередньо навколишньому середовищу, так і здоров'ю громадян та їх майну внаслідок несприятливого впливу екологічно зміненого навколишнього середовища, а також включає економічні і соціальні втрати суспільства та окремих осіб через порушення сталості навколишнього середовища.

Порушення ГС охоплюють групи механічних, геохімічних і гідрогеологічних порушень (дія та інтенсивність їх обумовлені багатьма чинниками, насамперед властивостями самого соляного масиву). Порушення поверхневого навколишнього середовища спричиняються перш за все технологічними викидами та дією "хвостів" переробки — відвалів та хвостосховищ (шламосховищ). В таблиці наведені типові порушення біосфери для виділення типів техногенних втручань (заочно від різновидів робіт).

2. Порушення біосфери: функціональна систематизація, причини, фактори і механізми розвитку, соціально-економічні наслідки

2.1. Порушення геологічного середовища

Характер порушень ГС визначається типом техногенного впливу на соляну товщу (видом робіт). Тому для дотримання системності розгляд питання подається на основі функціонального групування.

Експлуатація соляних ресурсів відбувається шахтним способом, кар'єрною розробкою та геотехнологічним методом (підземне вилуговування). Для видобування солей шахтним способом та вилуговуванням характерні такі механічні порушення: просідання земної поверхні (завжди супроводжують створення підземної порожнини у соляному середовищі та поділяються за рівнем на безпечні та екологічно небезпечні); обвали соляних і провали надсолевих порід; утворення екологічно дестабілізованого рельєфу та деградація ландшафтів. У результаті кар'єрної розробки можлива також деградація ландшафту в межах локальної зони її впливу.

При будівництві та експлуатації підземних сховищ у випадку використання ємностей підземного вилуговування може проявлятися той самий комплекс механічних порушень, який притаманний і для експлуатаційних шахтних виробок, із додаванням можливості прориву в ГС продукту, що зберігається (відходів). Це також стосується і використання відпрацьованих експлуатаційних ємностей у кам'яній солі, а також відпрацьованих шахтних виробок.

Механічні порушення супроводжуються, як правило, геохімічними та гідрогеологічними. При експлуатації соляних ре-

сурсів геохімічні порушення проявляються у засоленні ГС (гірських порід, ґрунтів, підземних та поверхневих вод). Відбуваються також порушення гідрогеологічних режимів суміжних водоносних горизонтів при кар'єрній розробці. Останнє найчастіше має локальний характер, але його результатом може бути затоплення кар'єру. Порушення гідрогеологічного режиму суміжних водоносних горизонтів може відбуватись і при підземному вилуговуванні.

При створенні будь-яких видів підземних виробок поєднання механічних порушень та порушень гідрогеологічного режиму можуть викликати розвиток карсту.

Особливу функціональну групу складає ненавмисна дія на середовище соляних товщ. При пробурюванні соляної товщі (геологорозвідувальні роботи різного профілю) може виникати локальний гідравлічний зв'язок суміжних з нею водоносних горизонтів зі змішуванням геохімічних (гідрохімічних) спеціалізацій. Досить небезпечними можуть бути порушення природної захищеності соляних товщ (при розробці надсолевих захисних горизонтів, експлуатації родовищ нафти і газу тощо). Результатом цього може бути також розвиток карсту.

2.2. Порушення поверхневого навколишнього середовища

Екологічні порушення поверхневого навколишнього середовища охоплюють дві групи: технологічні викиди і відходи відвалів та хвостосховищ.

Викиди соляного пилу і розсолів з'являються при шахтній експлуатації кам'яної та калійно-магнієвих солей. Ці викиди можуть досягати сотень тонн на рік (найбільшим солевидобувним підприємством соляної галузі України ДП "АРТЕМСІЛЬ" викидається в атмосферу понад 300 т/рік соляного пилу, для калійних підприємств ця цифра сягає 550 т/рік та більше). При розробці кар'єрів також відбувається рознесення соляного пилу.

При будівництві підземних сховищ методом вилуговування екологічні порушення поверхневих водоймищ відмічаються при скиданні в них технологічних розсолів з порушенням технічних регламентів або не санкціоновано.

Відвали та хвостосховища соляних виробництв стають причиною створення умов

для рознесення пилу (на відстань десятків кілометрів і більше), а також забруднення розсолами ГС в цілому і ґрунтів зокрема. В зоні розташування відвалів формується специфічний мертвий ландшафт, що нагадує "місячну поверхню" (рис. 1).

Хвостосховища також створюють загрозу можливих проривів. Один з таких проривів концентрованих розсолів, що відбувся в 1983 р. через дамбу хвостосховища Стебницького

калійного заводу, перетворився на проблему міжнародного масштабу — майже 5 млн м³ шкідливих розсолів ринули в міждержавну р. Дністер, що стало одним з факторів занепаду калійної промисловості України.

2.3. Механізми і фактори розвитку порушень біосфери

В основу аналізу механізмів і факторів порушень ГС (при техногенному втручанні в со-

Порушення біосфери (ГС і навколишнього середовища) у випадку техногенного втручання в соляні масиви

Тип впливу (вид робіт)	Порушення ГС			Порушення поверхневого навколишнього середовища	
	Механічні	Геохімічні	Гідрогеологічні	Технологічні викиди	Вплив відвалів і хвостосховищ
1. Експлуатація соляних ресурсів					
1.1. Шахти Кам'яна сіль Калійно-магнієві солі	Провали, просідання земної поверхні, деградація ландшафтів, екологічно дестабілізований рельєф	Засолення ГС (порід, підземних і поверхневих вод, ґрунтів)	Порушення гідрогеологічних режимів суміжних водоносних горизонтів	Викиди соляного пилу, розсолів	Рознесення соляного пилу, забруднення ґрунтів розсолами, прорив хвостосховищ
1.2. Кар'єри	Деградація рельєфу		Локальні порушення гідрогеологічних режимів, затоплення кар'єру	Рознесення соляного пилу	
1.3. Підземне вилуговування	Провали, просідання земної поверхні, деградація рельєфу		Порушення гідрогеологічних режимів суміжних водоносних горизонтів	Відсутнє	
К а р с т					
2. Будівництво та експлуатація підземних сховищ					
2.1. Сності підземного вилуговування	Те саме, прорив продукту (відходів), що зберігається в ГС	Забруднення ГС	Те саме	Скидання розсолів	—
2.2. Використання відпрацьованих шахтних виробок				Відсутнє	—
К а р с т					
3. Ненавмисне вторгнення					
3.1. Розбурювання соляної товщі	Локальний розмив соляної товщі	Змішування геохімічних спеціалізацій	Локальний гідравлічний зв'язок водоносних горизонтів	—	—
3.2. Порушення природної захищеності (при розробці надсолевих захисних горизонтів, при експлуатації родовищ нафти, газу та ін.)	Розмив соляної товщі	Засолення (залежно від масштабу порушення соляної товщі)	Порушення гідрогеологічних режимів суміжних водоносних горизонтів	—	—
К а р с т					



Рис. 1. Мертвий ландшафт, що нагадує "місячну поверхню" на Калуському родовищі калійно-магнієвих солей (район відвалів Домбровського кар'єру). Липень 2007 р.

ляні товщі) покладено такий методологічний постулат: природний соляний масив є квазізакритою системою; при створенні у ньому будь-якої ТГС остання стає квазі-відкритою, з мінливим ступенем захищеності.

В загальному випадку щодо соляного масиву діють два принципових механізми розвитку порушень: порушення його цілісності та порушення його захищеності. Ці механізми можуть накладатися з кумулятивним ефектом.

Далі розглядаються фактори та механізми розвитку порушень в соляному масиві та їх відображення в ГС.

Механічні порушення в соляному масиві. Діючі фактори: перевищення гірничого тиску над несучою здатністю ділянки соляного масиву, що має забезпечувати стійкість системи і сприймає додаткове навантаження; технологічний вплив на породний масив; сейсмічні ефекти; галокінез; розвиток карсту. Наслідки: втрата цілісності соляного масиву й обвал порід; для сховищ — прорив продукту, що зберігається (відходів). Вторинним наслідком обвалів у соляному масиві є деформації надсолевих товщ. Головний фактор, що провокує, — дія літостатичного тиску у зв'язку з провалами в соляному масиві. Додатковий фактор — порушення гідрогеологічного режиму, надходження агресивних

вод у провали. Наслідки: небезпечні просідання земної поверхні, деформація рельєфу, деградація ландшафтів (рис. 2).

Механізм деформацій соляного масиву при техногенному порушенні його принципово зводиться до зсуву порід у вироблений простір під впливом вказаних факторів. Він розглядається в багатьох працях з гірничої механіки [2 та ін.]. Процес зсуву охоплює чотири характерні стадії: початкова — з непостійними швидкостями просідань; усталена стадія — характеризується сталістю швидкості деформацій; активна стадія — стадія прогресуючого збільшення швидкості деформацій за рахунок переходу пластичних деформацій у кластичні, що веде до втрати первинної несучої здатності масиву шляхом його механічного руйнування; стадія затухання — тривала стадія, що характеризується завершенням механічного руйнування масиву та відновленням рівноваги у зруйнованому масиві. Стійкою за геомеханічним критерієм вважається ТГС в соляному масиві, для якої притаманна тривала усталена стадія деформацій; тривалість і активність цієї стадії залежить в основному від рівня діючих напружень у ТГС. Екологічно небезпечною вважається активна стадія розвитку деформацій.

Геохімічні порушення. Головними діючими факторами є розчинення соляних міне-



Рис. 2. Деградований ландшафт над східною частиною Солотвинського родовища кам'яної солі. Лютий 2008 р.

ралів і включення до міграції розчинених компонентів, для сховищ — прорив продукту, що зберігається (відходів), у ГС. Наслідки — засолення ГС, а також забруднення його продуктом, що зберігається.

Гідрогеологічні порушення. Провідний фактор — утворення умов для дренажу внаслідок механічного порушення цілісності соляного масиву, що зумовлює рух вод і розсолів у зони підземного розвантаження. Це явище є основним фактором розвитку карсту. Для підземних сховищ у випадку механічних порушень цілісності масиву додається ще одне явище — прорив продукту, що зберігається, у ГС, механізм якого описаний у роботі [6].

Карст як активний процес по суті є результатом взаємодії всіх трьох типів порушень соляного масиву, що розглянуті, при умові порушення його захищеності. Швидкість розвитку карсту зумовлена інтенсивністю дії зазначених вище діючих факторів, з одного боку, та ступенем захищеності конкретної ділянки соляного середовища — з іншого [10]. В деяких випадках розвиток карсту набуває катастрофічного характеру, і будь-які інженерні способи боротьби з ним є малоефективними. З карстом пов'язане закриття багатьох шахт з видобування кам'яної та калійних солей, підземних розсоліпромислів, а також обвал гірських мас у ГС і виникнення провалів на поверхні. Наслідками розвитку карсту у виробках є обвал покрівлі, затоплення прогресуючими надходженнями розсолів та вод, привнесення мас піску та шламу. Затоплення може бути дуже швидким. Відомі випад-

ки, коли затоплення відбувалося протягом доби або декількох годин (Сіль-Ілецьк, 1983 р.). На поверхні в результаті обвалу гірських мас в карстову порожнину та у гірничі виробки утворюються воронки, колодязі та провалля, на місці яких часто виникають озера. Глибина воронок може досягати декількох сотень метрів.

Механізм розвитку карсту описаний у багатьох працях [1, 3—6].

В групі ненавмисного втручання в соляне середовище при пробурюванні соляної товщі у випадку недотримання технічних вимог проявляються також усі три види порушень ГС. Вони виникають у відповідності до наведених вище механізмів, але мають зазвичай локальний характер та серйозної екологічної небезпеки для ГС здебільшого не становлять.

Порушення природної захищеності соляних товщ при розробці надсольових захисних горизонтів, що являють собою сировинну цінність, можуть спричинити порушення природної захищеності з результатами різного масштабу аж до розвитку карсту з катастрофічними наслідками.

2.4. Соціально-економічні наслідки

Як було показано вище, кінцевим результатом порушення цілісності ТГС в соляному масиві може бути незворотна деформація відповідних його ділянок, що робить неможливим подальше його використання для будь-яких інженерних цілей. Це, в свою чергу, викликає виникнення екологічно деградаційних ландшафтів з розвитком деформацій земної поверхні, небезпечних для населення, а також для соціальних та госпо-

дарських інфраструктур з безповоротною втратою земельних ресурсів.

Ще одним наслідком цих явищ може бути широкомасштабне територіальне хімічне (сольове) забруднення ГС, особливо ґрунтів (на прикладі районів Калуського і Стебницького родовищ калійних солей, Сіль-Ілецького родовища кам'яної солі тощо) та поверхневих вод (у зв'язку з раптовими викидами соляного матеріалу — висококонцентрованих розсолів, пульпи та ін.).

Таким чином, можна констатувати, що сумарний екологічний збиток від наслідків екологічно незабезпеченого техногенного втручання в соляне середовище величезний, з урахуванням того, що повна його оцінка взагалі малоімовірна. Відмітимо, що великі площі дестабілізованих ландшафтів такого роду вже існують у трьох промислово-економічних регіонах України: Передкарпаття, Закарпаття та Північно-Західний Донбас. Це дає підґрунтя для зміни технічної політики використання соляних товщ у господарських цілях шляхом обов'язкового забезпечення екологічної безпеки на основі викладених у даній роботі принципів.

3. Управління процесами порушень

Управління процесами порушень біосфери при техногенному втручанні в середовище соляних масивів повинно мати комплексний характер, беручи до уваги всю ТГС, разом з надсольовими товщами та ландшафтами.

За аналогією до розробленої нами схеми поводження з деградованими територіями [11] управління процесами порушень в соляному ГС включає такі етапи:

- стеження (моніторинг);
- встановлення та ідентифікація порушень;
- екологічний аудит, оцінка ризику;
- підготовка проекту, вибір безпечних технологій;
- реалізація проекту;
- відродження деградованих ландшафтів, рекультивація (для територій із завершеною експлуатацією).

Система стеження за ТГС підземних просторів охоплює дві складові ГС: соляна товща (включаючи виробку), а також надсольові товщі та рельєф поверхні.

Ця система в повному обсязі включає такі методи: топографічний, геоморфологіч-

ний, структурно-геологічний, гідрогеологічний, геофізичний та ін. Для певної частини цих методів використовуються дані дистанційних стежень (аерокосмічних).

У випадку експлуатації шахтних виробок на основі даних стеження проводиться коригування розрахунків тривалої стійкості, що, в свою чергу, є основою для корекції параметрів виробок, у тому числі захисних ціликів, технологій розробки, а також допустимих глибин розробки певної ділянки соляного масиву.

При створенні підземних камер геотехнологічним способом система стеження має свої особливості. При експлуатації розсолотропів головна увага приділяється параметрам ємностей, контроль виконується розрахунковим методом, в деяких випадках проводиться локаційне дослідження.

На будівництві підземних сховищ контроль об'ємів та формоутворення відбувається як на стадії будівництва, так і в період експлуатації (шляхом розрахунків та локації). При створенні сховищ нафти та нафтопродуктів, а також хімічних продуктів і небезпечних відходів встановлюється мережа спостережних свердловин для контролю стану підземних вод.

Комплексне стеження за механічними, гідрохімічними та гідрогеологічними порушеннями в соляній товщі з урахуванням стану надсольової товщі і рельєфу земної поверхні дає інформацію про розвиток карсту, небезпечного для всіх видів підземних порожнин.

Попередження і ліквідація наслідків порушень. На підставі аналізу результатів стеження розробляється схема попередження порушень. При розробках соляних родовищ шахтним способом на основі коригування розрахунків довготривалої стійкості проводиться корекція параметрів виробок (у тому числі захисних ціликів) і технологій розробки, а також її допустимих глибин. При експлуатації сховищ газів для попередження обвалів необхідна підтримка протитиску. При експлуатації повітряних акумуляторів (газових електростанцій) з урахуванням даних стеження розраховуються регламенти режимів.

Ліквідація локальних обвалів у шахтних виробках проводиться шляхом зачищення виробленого простору.

При будівництві й експлуатації підземних сховищ видалення зон приховування продукту, обвал нависаючих блоків виконуються методом спрямованого вибуху [7].

Практика ліквідації геохімічних порушень стосується практично лише забруднення нафтою та нафтопродуктами. Основне технічне рішення — відкачування продукту, що зберігається, та забруднених вод. Існує безліч технологій очищення ГС від хімічного забруднення [11], однак приклади їх використання для напряму, що розглядається, нам невідомі. Способів ліквідації соляного забруднення ГС не існує.

Щодо технологічних викидів шахтної експлуатації (соляного пилу та розсолів) застосовуються такі технічні рішення. Для обмеження викидів соляного пилу на соляних рудниках використовуються системи пилостримування та пиловловлювання. Для запобігання скидів у навколишнє середовище концентрованих розсолів практикується екологічно обґрунтоване інженерне рішення, яке полягає в створенні спеціальних камер для їх збору (здійснюється на шахтах українського підприємства ДП "АРТЕМ-СІЛЬ", а також на соляному промислі в польському місті Величка).

Карст як явище техногенного походження становить найбільшу небезпеку для соляних виробок будь-якого призначення. Відомі численні приклади повного знищення шахт та ємностей в результаті його впливу. Заходи із запобігання карсту дієві лише на перших стадіях його розвитку. Вони зводяться до тампонажу спеціальними цементними композитами, певний ефект також дає перехоплення вод, що надходять, спеціально облаштованими дренажними системами. Використання останніх може значно подовжити експлуатацію створених підземних об'єктів і забезпечити час для прийняття конструктивних рішень, але вирішити проблему в цілому не може.

Щодо відвалів та хвостосховищ з точки зору припинення їх впливу на навколишнє середовище може бути лише одне екологічно (але не економічно) прийнятне рішення — ліквідація. Основним варіантом є видалення мас, що накопичилися, у вироблений підземний простір, а також використання цих мас на якусь частину закладення відпрацьованих кар'єрів. Можлива утилі-

зація цих відходів для виробництва будівельних матеріалів та ін., але цей напрям досі не отримав широкого розвитку [8].

Висновки

Як було сказано вище, значна частина порушень ГС при техногенному втручанні в соляні товщі може призводити до серйозних негативних екологічних наслідків, аж до катастрофічних. Останнім наочним прикладом є ситуація в с.м.т. Солотвина Закарпатської області, коли стрімкий розвиток карсту викликав не лише загибель наймолодшої на родовищі шахти № 9 та пов'язаних з нею камер спелеосанаторію Української алергологічної лікарні, але й розвиток величезних поверхневих провалів при прогресуючій площовій експансії із загрозою всім структурам населеного пункту та населенню.

У зв'язку з цим ми повинні і можемо окреслити методологічну стратегію забезпечення екологічної безпеки головних напрямів втручання в середовище соляних масивів. Аналіз механізмів та факторів порушення ГС, що виникають при техногенному втручанні в соляні товщі, дозволяє визначити комплекс їх початкових причин. Таких причин дві — некоректний вибір ГС для будівництва та помилкові розрахунки довготривалої стійкості виробок, що проектуються [12]. Експлуатаційні похибки і порушення технічних норм відіграють другорядні ролі.

Виходячи з постулату про обмежені можливості призупинення процесів деформації виробок, що розпочалися, методологія забезпечення екологічної безпеки техногенного втручання в соляні товщі повинна базуватися на принципі превенції на усіх етапах функціонування об'єкта. Враховуючи існування на теперішній час сучасних науково обґрунтованих методологічних підходів та методів, що стосуються насамперед вибору ГС для підземного будівництва і розрахунку довготривалої стійкості підземних просторів на основі врахування структурних і літологічних особливостей середовища будівництва, забезпечення цього принципу цілком можливе. Це дає підґрунтя для оптимістичної оцінки перспектив широкого використання соляних товщ з метою експлуатації соляних ресурсів та різноцільового підземного будівництва з дотриманням екологічних вимог.

1. Босевская Л. П., Никитин А. А. Опыт защиты Илецкого месторождения каменной соли от карстообразовательных процессов // Тез. докл. 6-й всесоюз. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов соляной промышленности "Повышение эффективности процессов добычи и переработки соли" (г. Артемовск, 27—29 сент. 1988 г.). — М., 1988. — С. 61—63.
2. Гальперин А. М., Шафаренко Е. М. Реологические расчеты горно-технических сооружений. — М.: Недра, 1977. — 246 с.
3. Иванов А. А. Основы геологии и методика поисков, разведки и оценки месторождений минеральных солей. — Л.: Госгеолиздат, 1953. — 204 с.
4. Иванов А. А., Воронова М. А. Галогенные формации (минеральный состав, типы и условия образования; методы поисков и разведки минеральных солей). — М.: Недра, 1972. — 328 с.
5. Корневский С. М. Соляной карст как фактор образования некоторых долин Верхнетиссенской впадины // Материалы к изучению соляных месторождений и минеральных вод. — Л.: Госхимиздат, 1955. — С. 253—257. — (Тр. ВНИИГ; Вып. 30).
6. Литологические критерии оценки участков и перспективы строительства подземных сооружений различного целевого назначения в соляных толщах / Под ред. Д. П. Хрущова. — Киев, 1989. — 46 с. (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 89-3).
7. Михайлик А. В., Паршуков П. О., Захаров В. В. та ін. Вибухові методи інтенсифікації спорудження підземних сховищ в кам'яносоляних структурах // Геотехнологія. — 1999. — № 3. — 71 с.
8. Про проблему управління відходами / Аграрна палата України. — 2007—2008. — Режим доступу: http://www.agrichamber.org.ua/?page=zgurivka_problem
9. Проблема Солотвино загрожує Україні техногенно-екологічною катастрофою / ZAXID.NET. — 03.02.2009. — Режим доступу: <http://www.zaxid.net/newsua/2009/2/3/105755/>
10. Хрущов Д. П., Босевська Л. П., Кирпач Ю. В., Степанюк О. В. Методологічні та практичні аспекти визначення захищеності соляних товщ // Матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. "Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення" (м. Алушта, 7—11 верес. 2009 р.): У 2 т. — Харків: Райдер, 2009. — Т. 1. — С. 99—104.
11. Хрущов Д. П., Ющенко Ю. В., Шоп'як Я. М. Шляхи відновлення територій, забруднених внаслідок військової діяльності // Воєнно-екологічна думка. — К., 2006. — Вип. 1. — С. 143—152.
12. Чабанович Л. Б., Хрущев Д. П. Научно-технические основы сооружения и эксплуатации подземных хранилищ в каменной соли. — Киев: Варта, 2008. — 304 с.
13. Шилов А. С., Черевко П. И. Охрана недр и влияние горных выработок на окружающую среду в соляной промышленности // Соляная промышленность. — М., 1987. — Вып. 2. — 32 с.

Ин-т геол. наук НАН України,
Київ

E-mail: Khrushchov@hotmail.com

УкрНДІсіль,
Артемівськ

E-mail: bosslara@gmail.com

Стаття надійшла
12.02.10