

УДК 550.462:622.363

А.М. ГАЙДІН, канд. геол.-мін. наук, ст. наук. співр., виконавчий директор Відділення гірничо-хімічної сировини Академії гірничих наук України, м. Львів, Україна

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ РАЙОНІВ ВИДОБУТКУ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ ТА СІРКИ

Висвітлено досвід наукових досліджень з метою вирішення екологічних проблем на територіях діяльності колишніх підприємств з видобутку самородної сірки в Яворові та Новому Роздолі на Львівщині, а також калійної солі в Калуші Івано-Франківської області.

Ключові слова: кар'єр, затоплення, озера, якість води, берегові процеси.

Постановка проблеми

Зміни кон'юнктури світового ринку на фоні соціально-політичних подій останніх десятиліть призвели до закриття низки гірничих підприємств, що стали не рентабельними. Виникла проблема усунення негативних наслідків діяльності підприємств та підготовки територій їх діяльності до нового використання. Для успішного вирішення вказаної проблеми необхідно було розробити прогнози інженерно-геологічних процесів і явищ, пов'язаних з припиненням підтримки еколо-

гічної рівноваги природно-технічної системи. На основі прогнозу обґрунтовуються технічні рішення, що закладаються в проекти екологічної реабілітації та ревіталізації техногенних ландшафтів. Складність і недостатня вивченість природно-технічних систем та стохастичний характер деяких природних показників, поряд з відхиленнями від графіків реалізації проектів потребують корегування останніх на основі моніторингу.

Наукове підґрунтя

Основою для розв'язання задач прогнозування є досягнення плеяди радянських вчених в галузі гідрогеології, інженерної геології, гірничої геомеханіки. Ці труди досягли найвищого розвитку в індустріальну епоху, коли сталося конечне підкорення природи людиною. Вони були спрямовані на захист техногенних об'єктів і людей від сил природи: водовідведення і осушення гірничих виробок, попередження обвалів, зсувів бортів кар'єрів та інших явищ. Наразі виникло зворотне завдання: захист природи від негативних техногенних процесів. Однак методи вирішення цих завдань цілком аналогічні.

Гірничий кодекс України зобов'язує підприємства, після припинення видобутку корисних копалин, привести порушені землі у стан, безпечний для людей і майна та придатний для використання у суспільному господарстві. Основні принципи відновлення порушених гірничими роботами ландшафтів висвітлені в роботах О.М. Адаменка, П.І. Копача, Г.І. Рудька, А.Г. Шапара, В.М. Шестопалова. Автор займався вказаною проблемою

на прикладі природно-технічних систем підприємств гірничої хімії. Специфіка останніх полягає у наявності в геологічному середовищі розчинних та хімічно активних компонентів, великих масштабах та різноманітних впливах гірничих об'єктів на довкілля.

Об'єктом наукових досліджень є ландшафт у межах впливу гірничого підприємства. Розрізняються наступні види ландшафтів: а) первинний – той, що існував до господарського освоєння території, б) історичний – той, що був до початку гірничих робіт, в) техногенний, який сформувався в результаті експлуатації родовища, г) відновлений (посттехногенний) – створений в результаті самовідновлення та постмайнінгу [1].

Напрямок і спосіб відновлення порушеного ландшафту відображає рівень культури суспільства, стадії розвитку цивілізації. В застарілих нормативних документах панувала ідея повернення ландшафту до історичного. Зокрема ставилося завдання рекультивациі земель з метою сільськогосподарського використання. Проте за десятки років, які минули з часів освоєння родовищ, соціально-

економічні умови землекористування докорінним чином змінилися. В розвинутих країнах стимулюють виведення земель із сільськогосподарського використання. Для України, де розораність земель становить 70%, повернення земель до стану, який був до початку гірничих робіт, означає повторення помилок у землекористуванні, характерних для двадцятого століття. А повернутися до первинного, доісторичного ландшафту, який існував ще до заселення місцевості, взагалі неможливо. Тому метою постмайнінга повинна бути не рекультивация, а ревіталізація – відродження життя ландшафту у всій його повноті і різноманітності.

По закінченні діяльності сірчаних та калійних підприємств були розроблені прогнози процесів і явищ, що виникають після припинення заходів з підтримки екологічної рівноваги. На основі вказаних прогнозів запропоновані технічні рішення, які закладені в проє-

кти відновлення порушених ландшафтів. Частина проєктів вже реалізована, інші знаходяться в стадії реалізації. Протягом десятиліття здійснювався моніторинг змін стану природно-технічних систем. Це дозволило оцінити достовірність прогнозів, удосконалити методи розрахунків, запропонувати більш ефективні технічні рішення.

Мета даної статті – узагальнення результатів наукових досліджень і досвіду їх втілення на гірничо-хімічних підприємствах. Одною з найскладніших задач, що входять у проблему ревіталізації техногенного ландшафту, є перетворення кар'єрів в озера. На Прикарпатті у другій половині двадцятого століття працювали Роздільський, Подорожненський і Яворівський сірчані кар'єри на Львівщині, а також Домбровський калійний кар'єр у Івано-Франківській області. Основні характеристики остаточних виїмок кар'єрів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристики остаточних кар'єрних виїмок

Кар'єр	Період експлуатації	Площа, км ²	Глибина від поверхні, м	Об'єм виїмки, млн м ³
Роздільський	1958-92	5,6	60	30
Подорожненський	1971-93	5,7	100	135
Яворівський	1978-93	9,3	95	205
Домбровський	1963-2005	2,1	130	52

В дев'яностих роках були розроблені перші проєкти рекультивации кар'єрів. Розглядалися різноманітні варіанти, в тому числі й такі, як засипка виїмок для відновлення ріллі. Однак розрахунки показали, що витрати на повернення земель у сільське господарство, з врахуванням дисконту, ніколи не окупляться. В сучасних умовах ділянки «дикої природи» цінніші, ніж рілля. Отже, єдиним розумним рішенням рекультивации сірчаних кар'єрів визнано їх перетворення в озера.

В якості зарубіжних аналогів використали досвід перетворення в озеро сірчаного кар'єру Махув у Польщі. Геологічні і гідрологічні умови наших родовищ сірки аналогічні польським. Сірчана руда вміщає горизонт мінералізованих сірководневих вод. Над ними залягає потужна глинисто-мергельна товща, в якій, ще в період експлуатації, спостерігалися численні зсуви. Отже виникли припущення про наповнення кар'єрної виїмки сірководневими водами та масштабне руйнування бортів в результаті зсувів і хвильово-

го розмиву. Це створювало небезпеку для автотраси міжнародного значення, що проходить повз кар'єр. Щоб запобігти вказаним явищам, в проєкті перетворення кар'єру Махув в озеро передбачено: 1) відсипати на дні кар'єру глиняний екран товщиною 25 м для гідроізоляції порід, що вміщають сірководневу воду, 2) створити кільцеву систему водопонижуючих свердловин для зменшення напорів підземних вод на період затоплення, 3) виположити західний борт кар'єру до кута 40⁰ та закріпити верхню його частину бетонними плитами [2]. Кошторисна вартість проєкту становила 200 млн доларів США.

За аналогічними проєктами рекультивация трьох наших сірчаних кар'єрів мала вартість 600 млн доларів (майже 5 млрд грн.). В умовах кризового стану економіки України реалізація таких проєктів була не можливою. Нами обґрунтовані альтернативні проєкти створення озер на місці сірчаних кар'єрів [3]. Вони спиралися на наступні постулати: 1) відсипка водотривкого екрану не потрібна, оскільки

сірководень підземних вод буде окислений киснем поверхневих вод, якими переважно затоплюються виїмки, 2) не слід боротися із зсувами та розмивом бортів, оскільки продукти їх руйнування ізолюють виходи хімічно активних порід; 3) на відміну від польського кар'єру, поблизу наших кар'єрів немає цінних споруд, тому деформації бортів не створюють реальної загрози. Ці постулати були покладені в основу проектів, загальна вартість яких становила приблизно 30 млн в доларовому еквіваленті. Проекти були затверджені Кабі-

нетом Міністрів, їх фінансування включено в державний бюджет. З початку 2003 року розпочалася реалізація проектів на сірчаних підприємствах.

Здійснювали постійний моніторинг за процесами, які супроводжують затоплення кар'єрів. Найбільша увага була приділена динаміці затоплення кар'єрних виїмок, процесам формування хімічного складу води, дослідженням змін морфології бортів внаслідок зсувів, обвалів та хвильового розмиву, а також ерозії.

Динаміка затоплення виїмок

Першим кроком у прогнозуванні затоплення є розробка сценарію: послідовності дій з припинення відкачування води, відновлення мережі поверхневого стоку, будівництва впускних і випускних каналів. Затоплення кар'єру здійснюється підземними та атмосферними водами, а при можливості, ще й річковою водою. При цьому останні дві складові визначаються гідрометеорологічними показниками: опадами, коефіцієнтом і модулем стоку; їх приймають за статистичними даними гідрометеослужб.

Приплив підземних вод змінюється в часі, оскільки залежить від рівня води в кар'єрі. Розрахунок динаміки затоплення спирався на числове інтегрування балансового рівняння:

$$Q_{\text{підз}}(S) + Q_{\text{пов}} * dt = F(S) * dS,$$

де $Q_{\text{підз}}$ – приток підземних вод, що зменшується по мірі зменшення пониження рівня S ; $Q_{\text{пов}}$ – приток поверхневих вод (з річок та атмосферних опадів); dt – часовий проміжок; $F(S)$ – площа водного дзеркала, що змінюється в залежності від рівня води; знаходиться по графіку; dS – підвищення рівня води за розрахунковий проміжок часу dt .

Розрахунки дали наступні результати. Яворівський кар'єр об'ємом 195 млн м³, котрий затоплюється річками з площею водозбору 235 км², може бути затоплений за

6 років. Подорожненський кар'єр об'ємом 135 млн м³ затопиться річкою Крехівкою з водозбірною площею 50 км² за 10 років. Остаточна виїмка Роздільського кар'єру затопиться атмосферними та підземними водами за 4 роки.

Результати спостережень показали, що в Яворівському кар'єрі фактичний ріст рівнів перевищував розрахунковий на 2-3 м. Це зумовлено відхиленням кліматичних умов від норми. У 2003 році кількість опадів перевищила середньорічну норму на 3,4%, в 2004 – на 18,7%. При цьому випаровування зменшилося, а модуль стоку виріс відповідно в 1,5 і в 1,9 разів у порівнянні з середньорічними показниками. В результаті затоплення Яворівського кар'єру завершилося майже на рік швидше розрахункового терміну, на початку 2007 року.

Відсутність багаторічних кліматичних прогнозів не дозволяє провести розрахунки більш достовірно. Достовірність розрахунку тим більша, чим більше термін затоплення, оскільки в такому разі прийняті в рахунок показники стоку наближаються до середніх багаторічних. Однак найбільшу роль у відхиленні прогнозних розрахунків від фактичних показників відіграють відступлення від проектних рішень, обумовлені неповним та невчасним фінансуванням.

Формування хімічного складу води

Прогнозними розрахунками було показано, що у формуванні хімічного складу озерної води буде спостерігатися декілька стадій. На першій стадії основним процесом є змішування мінералізованих підземних і прісних поверхневих вод. З підвищенням рівня води приток підземних вод зменшується,

доля останніх у суміші скорочується, вода стає менш мінералізованою. Суттєве значення мають деформації бортів кар'єру, в результаті яких продукти руйнування покривають виходи хімічно активних порід. Значна кількість матеріалу приноситься в озеро також в результаті ерозійних процесів. Всі

природні процеси, на відміну від антропогенних, мають позитивні результати. В природі діють могутні сили самоочищення: при змішуванні поверхневих і підземних вод сірководень окислюється. В деякій мірі процеси формування хімічного складу води ускладнюються впливом біологічних процесів, які покращують якість води [4]. Після затоплен-

ня виїмки співвідношення між поверхневими і підземними водами стабілізується, здійснюється подальше опріснення водної товщі. Термін цієї стадії визначається періодом водообміну. Після того склад води в озері стабілізується і залежить, в основному, від кліматичних чинників.

Результати спостережень

Спостереження за хімічним складом води проводили шляхом щоквартального поінтервального відбору проб на хімічний аналіз. За стандартними методами визначали вміст макрокомпонентів, а також специфічних компонентів, зокрема сірководню, кисню, заліза, марганцю, стронцію, фосфору, азотних сполук.

Наші прогнозні розрахунки, в цілому, підтвердилися. В Яворівському озері чітко розрізняється верхня киснева зона товщиною 20 м з мінералізацією близько 1 г/л. Нижче вода вміщує до 20-30 мг/л сірководню, а вміст солей становить 1,5-2 г/л. Дослідження показали, що у процесі водообміну приймає участь, в основному, верхня зона, яка співпадає з відміткою верхівок внутрішніх відвалів. У заглибленнях накопичуються підземні води.

В Подорожненському озері, де приток мінералізованих сірководневих вод малий, наявність сірководню відмічається тільки в найглибшому місці в кількості 2-3 мг/л. Якість

води наближається до вимог стандарту для питної води: у верхньому десятиметровому шарі мінералізація води менша 1 г/л, а вміст сульфатів близько 400 мг/л. В озері вже налічують до 18 видів риб. Температура води влітку на глибині до 10 м сягає 20-23°C, глибше – 5-6°C.

Гірша ситуація спостерігається в Новому Роздолі, де озеро Середнє створено на місці хвостосховища. В період експлуатації хвостосховища, до 1994 р., вода в системі оборотного водопостачання збагачувальної фабрики вміщала до 10 г/л розчинених речовин. Після припинення виробництва мінералізація води зменшувалася, а з 2008 року стабілізувалася. Опріснення води йде дуже повільно. Мінералізація води становить 2,8-3 г/л, вміст сульфат-іону близько 1700 мг/л. На глибині більше 10 м відмічається наявність сірководню. Вода забруднюється фільтратом, який стікає із розташованого на березі міського смітника та звалища кислих гудронів.

Берегові процеси

Борти сірчаних кар'єрів інтенсивно деформувалися ще в період експлуатації. Особливо часто відмічалася сповзання четвертинних відкладень нахиленою вбік кар'єру поверхнею глин. Спостерігались також зсуви внутрішніх відвалів і тектонічно порушених блоків неогенових глин корінних бортів.

Для оцінки впливу затоплення на стабільність бортів кар'єру були використані методи, запозичені з гідротехніки, а саме роботи Р.Р. Чугасва [5]. Він встановив, що підтоплення призводить до зменшення кута стабільного схилу, при чому мінімальна стійкість відповідає підтопленню на 1/4 висоти. З використанням графіків Р.Р. Чугасва були розраховані кути стабільних відкосів в період підтоплення та після повного затоплення, побудовані прогнозні профілі берегів і визначена на плані берегова лінія. На ділянках, де зсувні процеси

загрожували господарським об'єктам, передбачено запобіжні заходи. При тому порівнювали вартість активних і пасивних заходів.

На Роздільському кар'єрі, ще в період експлуатації виник великий зсув північного борту, обумовлений сповзанням четвертинних відкладень по нахиленій поверхні неогенових глин. Були проведені дослідження, які включали буріння профілю свердловин та вертикальне електричне зондування. Встановлено, що межа зсувонебезпечної зони проходить там, де нахил поверхні неогенових глин змінюється на протилежний. Порівняння витрат на укріплення берега з витратами на відселення показало, що відсіпка підпорної призми на порядок дорожча, ніж відселення із зсувонебезпечної зони 10 сільських дворів.

Для прогнозування розмивання берегів використовувались роботи, присвячені пере-

робці берегів водосховищ. Факторами, що визначають перебіг розмиву, є: сила вітру, довжина розгону хвиль, літологічний склад берега, наявність рослинності чи берегоукріплюючих споруд. В результаті діяльності хвиль формується субвертикальний кліф і субгоризонтальні пляж та прибережна мілина.

Для Яворівського кар'єру, де прийнята амплітуда коливання рівня води 1 м, ширина субгоризонтальної площадки на піщаних ділянках берега за розрахунком дорівнює

Результати спостережень

Зміни морфології берегової смуги визначали шляхом встановлення реперів та знімання профілів із застосуванням GPS-приладів, а також фото-документації берегових обривів. Для визначення рельєфу підводної частини використовували ехолот та лазерний далекомір. Ерозійні форми документували шляхом знімання поперечних та поздовжніх профілів.

Спостереження за розвитком зсувних процесів показали, що дійсно найбільш активно вони розвиваються на початку підтоплення. Пізніше все більшого значення стали набувати не зсуви, а розмивання берегів. На Яворівському кар'єрі, до 2004 року, розмивання берегів було майже непомітним. Рівень води знаходився нижче контакту неогенових глин з четвертинними відкладеннями, вода омивала породи, стійкі до розмиву. Рівень швидко піднімався, удари хвиль весь час приходилися на свіжі поверхні та не встигали руйнувати берег. Посеред озера виступали острови – верхівки внутрішніх відвалів, які стримували розгін хвиль. А ще озеро захищали від вітру високі борти кар'єру.

В 2004 році острови були затоплені або розмиті, розгін хвиль досяг 3 км. Підйом рівня сповільнився через збільшення площі водної поверхні. Рівень води піднявся до алювіальних відкладень, які легко розмиваються. Все це призвело до інтенсифікації розмивання берегів. На деяких ділянках утворився кліф висотою до 6 м. Берегова мілина мала ширину 1-2 м, а місяцями взагалі відсутня, оскільки продукти розмиву мають текучу консистенцію і спливають на дно. За минулих 6 років після затоплення кар'єру максимальна глибина розмиву на ділянках,

32 м, а на глиняних 8 м. Розмив берегів Роздільських озер незначний, оскільки береги складені породами, що важко розмиваються. У розмиві бортів на Подорожненському кар'єрі велике значення мав повільний режим затоплення. При повільному затопленні утворюються глибокі хвилеприбійні ніші, над якими виникають обвали і зсуви. Частина борту наближається до села Подорожного, що створює небезпеку для будинків. Передбачено укріплення ділянки берега призмою з гальковику.

складених супіском і піском становить 12-15 м. Глинисті береги розмиті всього на 3-4 м. Основним фактором, який затримує розмив, є заростання берегів очеретом, який гасить хвилі і укріплює їх кореневищами. Прогнозована межа зсуву на північному борті Роздільського кар'єру повністю підтвердилася спостереженнями.

Реальна загроза існувала тільки на частині борта Подорожненського кар'єру, який підійшов близько до села Подорожного. Рівень води піднімається повільно. Борт складений осадовими глинами з прошарками вулканічних відкладень, що містять сильно набухаючі глинисті мінерали. Поперединне змочування і висихання призводить до розтріскування і осипання поверхні. Зруйнований ґрунт утворює текучу масу, яка стікає в озеро. Навіть слабке коливання призводить до утворення хвилеприбійних ніш. Відбувалися постійні обвали підтоплених уступів, утворюючи високі обриви. Для усунення небезпеки прийняті заходи з прискорення затоплення виїмки. Частина борту укріпили призмою із гальковику.

Результати спостережень показали, що в період затоплення масштаб берегових процесів залежить від швидкості затоплення. Найменші деформації проходять при швидкому затопленні. Після затоплення найбільшу роль відіграє заростання берегів очеретом і верболозами.

Також підтверджено, що боротьба зі зсувами і розмивом має сенс тільки в тому разі, коли вони, ці процеси, погрожують збитками. На відміну від польського кар'єра Махув у нас на більшій частині берегів майбутніх озер немає відповідальних споруд. Зсуви та розмивання мають корисні наслідки, адже дають

матеріал для накопичення на дні кар'єру піщано-глинистих порід, котрі ізолюють виходи сірчаної руди і гіпсу. Природа сама створює

слабо проникливий екран на дні озера. Діяльність хвиль призводить до утворення мілководних ділянок, придатних для купання.

Домбровське озеро

Деякими особливостями вирізняється вирішення екологічних проблем, що виникли внаслідок затоплення Домбровського калійного кар'єру в Калуші. Внаслідок відсутності фінансування в січні 2008 року припинена робота системи його осушення. Почалося затоплення кар'єру, яке різко прискорилося і стало незворотнім з липня 2008 року, коли сталася катастрофічна повінь. Станом на початок 2013 року в кар'єрі вже накопичено 21 млн м³ розсолу. Затоплення здійснюється атмосферними і ґрунтовими водами. Розрахунки показали, що довільне затоплення виїмки буде продовжуватися 7-10 років.

Особливість берегових процесів обумовлена тим, що береги складені калійною ру-

дою і соленими вмещаючими породами. В результаті розчинення солей в берегах утворюються ніші, проходить обвалювання бортів. Запропонована математична модель для прогнозу профілів берега після затоплення. Нерозчинні залишки і продукти обвалювання вкривають дно кар'єру, що призводить до ізоляції солених порід від водної товщі.

У деформаціях бортів розрізняються наступні стадії: 1) утворення ніш розчинення, 2) обвал, 3) хвильовий розмив гальковику і 4) розмив суглинку (рисунок 1). Продукти руйнування берегів спливають на підводні схили і дно озера, надійно ізолюючи водну товщу від солених порід.

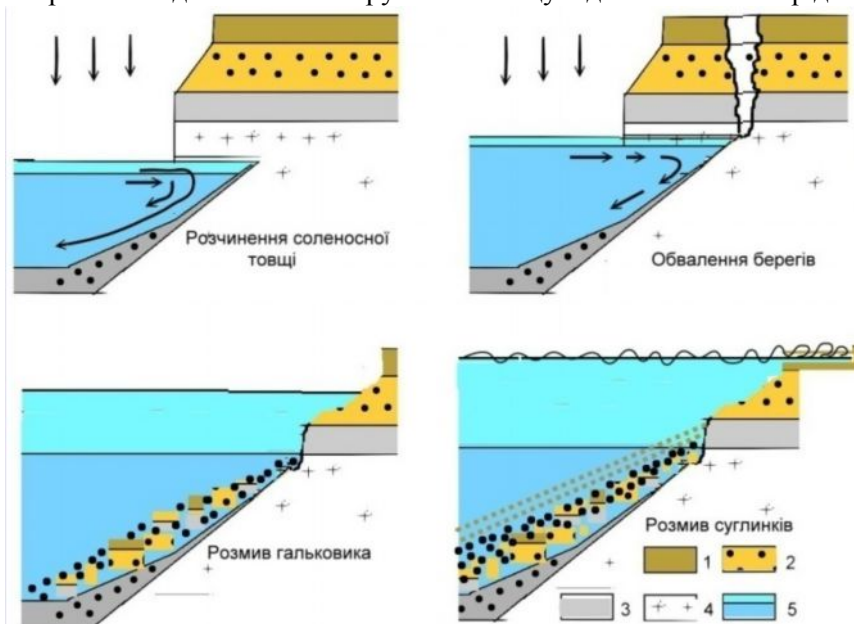


Рисунок 1 – Стадії переробки берега озера: 1-суглинок, 2-гальковик, 3-глинисто-гіпсова шляпа, 4-солонсна товща, 5-вода (зверху прісна, нижче солонна)

Оскільки борти кар'єру складені сіллю, в кар'єрі накопичений розсіл. Біля дна його мінералізація досягає 380 г/л, вище вона зменшується. Внаслідок обвалення берегів площа контакту води з соленими породами постійно зменшується. Тому розсіл стає менше мінералізованим. За останніми даними на поверхні озера вода вміщає лише 25 г/л солей. Через два роки рівень води підніметься вище розкритих солей і над розсолами нако-

пичиться близько 17 метрів прісної води. Остання легша від розсолів, тому розповсюджується по поверхню, не змішуючись з ропою [6]. В результаті створиться озеро площею близько 120 га, довжиною два і шириною до півтора кілометрів. Це буде одно з найглибших озер України: глибина у південній частині буде досягати 100 м, а у північній 55 м.

Таким чином, на заході України в результаті ревіталізації порушених гірничими робо-

тами ландшафтів створені озера з сумарною площею акваторій біля 14 км². Статичні водні ресурси новостворених озер в колишніх

кар'єрах досягають 400 млн м³. Основні характеристики новостворених озер даються в таблиці 2.

Таблиця 2. Характеристики кар'єрних озер

Озеро	Площа водозбору, км ²	Площа акваторії, км ²	Динамічні запаси, млн м ³ /рік	Статичні запаси, млн м ³	Термін затоплення (початок-кінець)
Яворівське	238	7	40	195	2002-2006
Роздільські	6	1,9	2,1	20	2003-2010
Подороженське	50	4,8	12	135	2003-2012
Домбровське	8	1,2	3,5	44	2006-?
Разом	302	14,9	57,6	394	

В результаті здійснення передбачених проектами робіт на місці сплюндрованих земель утворюються нові ландшафти, які за своєю різноманітністю і естетичними якостями цінніші за ті, що були до початку гірничих робіт. Наявність озер створює умови для розвитку водного спорту: вітрильного, веслувального, моторного. При умові охорони від забруднення озерна вода в перспективі може бути використана і для питного водопостачання.

Досвід вирішення екологічних проблем, пов'язаних з закриттям гірничих підприємств, дозволяє винести на обговорення деякі загальні міркування та пропозиції.

1. З моменту виведення з кар'єру гірничої техніки та припинення водовідливу кар'єрна виїмка повинна розглядатися як озеро, що формується. Необхідність проведення робіт з попередження деформацій визначається шляхом порівняння витрат на запобіжні заходи з витратами на винесення об'єктів за зону небезпеки. Виключення може бути тільки у разі наявності об'єктів, які мають культурну або історичну цінність, яку не можна визначити в грошовому вимірі. Якщо берегові процеси не зачіпають цінних господарських об'єктів та комунікацій, боротися з ними нема сенсу.

2. Зсуви, розмив та ерозія ускладнюють конфігурацію берегової лінії, створюють різноманіття кольорової гами, сприяють формуванню біологічних ніш. Продукти руйнування берегів покривають підводні схили і дно озера нерозчинними осадами. В результаті цих явищ ускладнюється не контрольований доступ автотранспорту до води, що дозволяє регулювати антропогенне навантаження, запобігати забрудненню води та повітря.

3. Навколо майбутнього озера вже на стадії проектування необхідно встановлювати водозахисну смугу, яку відмірюють від прогнозованої берегової лінії. Згідно водного зако-

нодавства в цій смузі дозволяється виконувати лише заліснення та роботи, які необхідні для майбутнього рекреаційного чи іншого використання озера.

4. Озеро створюється для людей, отже необхідно підготувати мілководні ділянки для безпечного купання, де глибина не перевищує 1,5 м. Не обов'язково створювати мілководдя по всьому периметру озера. Необхідно визначити потенційне число відпочиваючих і створити мілководдя в найближчому до населених пунктів місці із розрахунку 200-300 людей на гектар.

5. Техногенні форми рельєфу повинні розглядатися як об'єкти ландшафтної архітектури. Не слід безглуздо вирівнювати насипи та відвали, знищувати рослинність, яка вже розвинулася на неробочих бортах. Досвід показує, що на невіривняних відвалах біопродуктивність і біорізноманітність території набагато вище, ніж на «рекультивованих». Так, наприклад, на відвалі в Подорожному у безстічних виїмках утворилося біля 30 малих озер, де гніздяться водоплавні птахи і плодиться риба.

6. Про майбутні риси посттехногенного ландшафту слід думати ще при проектуванні гірничих робіт. Наприклад, висоту внутрішніх відвалів слід планувати так, щоб після затоплення кар'єру вони являли собою острови. Останні зменшують швидкість вітрів, створюють неповторні мальовничі форми ландшафту, приваблюють птаство. На зовнішніх відвалах доцільно передбачати безстічні пониження, які будуть сприяти зволоженню землі та скорішому заростанню.

7. Замість рекультивації, тобто повернення земель в сферу культурного землеробства, слід ставити за мету ревіталізацію ландшафту – його відновлення в усій різноманітності. Посттехногенний ландшафт повинен бути безпечним для населення і майна, збільшува-

ти біорізноманіття довкілля, гармонічно вписуватися в оточуюче середовище, відповідати естетичним вимогам і задовольняти існуючим і майбутнім інтересам населення регіону. При тому витрати коштів повинні бути мінімальними, а якість новоутвореного ландшафту найкраща.

8. Першим етапом проектування постмайнінгу повинна бути схема ландшафтно-архітектурного планування. Знання у галузі ландшафтно-архітектури необхідно включити у сферу гірничо-геологічних наук, вве-

сти в програми підготовки спеціалістів з гірничої справи.

9. Для успішного відновлення порушених гірничими роботами ландшафтів необхідно переглянути відповідні нормативні документи, визначити умови взаємодії підприємств, місцевих влад та наглядових органів при вирішенні завдань нового освоєння відновлених територій, а також опрацювати і затвердити методичні вказівки з проведення моніторингу.

Перелік посилань

1. Гайдін А.М. Ревіталізація і постмайнінг / А.М. Гайдін, І.І. Зозуля. // Матеріали міжнародної конф. «Форум гірників – 2006». – Дніпропетровськ. Національний гірничий університет, 2006. – С. 180-200.
2. Gawlik P. Likwidacja i zagospodarowanie wyrobisk gorniczych “Machow” i “Piaseczno” w warunkach zaistniałych opoznen robot likwidacyjnych / P. Gawlik, J. Kirejczyk, R. Kulma, J.Matuszewski // Konf. naukowa “Była siarka I co dalej?”. – Tarnobrzeg, 2003. – P.20.
3. Гайдін А.М. Нові озера Львівщини. Друге видання. / А.М. Гайдін, І.І. Зозуля – Л. : Афіша, 2009. – 104 с.
4. Остроумов С.А. Основы теории биотического формирования качества воды и самоочищения водных экосистем / С.А. Остроумов // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2004. – № 6. – С.12-18.
5. Чугаев Р.Р. Земляные гидротехнические сооружения / Чугаев Р.Р. – Л. : Энергия, 1967. – 434 с.
6. Гайдін А.М. Озеро в Домбровському калійному кар'єрі / А.М. Гайдін // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2011. – №2. – С. 55-62.

*Стаття надійшла до редколегії 17.02.2013 р. українською мовою
Стаття рекомендована членом редколегії д-ром геол. наук О.К. Тяпкіним*

А.М. ГАЙДИН

Отделение горно-химического сырья Академии горных наук Украины, г.Львов, Украина

ЕКОЛОГІЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЙОНОВ ДОБЫЧИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ И СЕРЫ

Освещён опыт научных исследований с целью решения экологических проблем на территориях деятельности закрытых предприятий по добыче самородной серы в Яворове и Новом Роздоле на Львовщине, а также калийной соли в Калуше Ивано-Франковской области.

Ключевые слова: карьер, затопление, озеро, качество воды, береговые процессы.

A.M. HAYDIN

Ukrainian Academy of Mining Sciences Mining and Chemical Raw Material Department, Lviv, Ukraina

ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE REGION OF SULFUR AND POTASH SALT MINING

The experience of the scientific investigation has been shown in the paper with the aim of environmental problems solving on the territory of former industrial activity on sulfur mining in Yavoriv and N. Rozdil in Lviv region, as well as potash salt open mine in the Kalush of Ivano-Frankivsk region.

Keywords: quarry, flooding, lake, water quality, coastal processes.