

УДК 502.31; 911.53.09.

Г. І. Рудько<sup>1</sup>, І. М. Суматохіна<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Київський національний університет ім. Т.Г. Шевченка

<sup>2</sup> Дніпропетровський національний університет

## ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА МІСТ ЗОНИ ВПЛИВУ ГІРНИХОХІМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО СІРКОНОСНОГО БАСЕЙНУ

На основі здійснення комплексного аналізу виявлено й обґрунтовано особливості техногенної безпеки міст розташованих у зоні впливу гірничо-хімічних комплексів Передкарпатського сірконосного басейну на території України та Польщі. Визначено основні напрямки подальшого розвитку цих міст на основі реалізації інвестиційних проектів по створенню спеціальних економічних зон.

**Актуальність і постановка проблеми.** Українські та польські промислові комплекси технічної переробки сірчаної руди мають тісні взаємозв'язки із містами та іншими населеними пунктами, що розташовуються в безпосередній близькості від них. На території України Роздольське державне гірничо-хімічне підприємство (ДГХП) «Сірка» розміщується на відстані 1.2 км від міста Новий Роздол, Яворівське ДГХП «Сірка» – у безпосередній близькості від міст Яворів, Новояворівське та курорту Шкло. У Польщі виробничі площі хімічного комбінату Siarkopol розташовані в 9 км від міста Тарнобжег. Протягом довготривалого періоду значна частина населення цих міст задовольняла попит на робочу силу названих підприємств. Крім того, діяльність гірничо-хімічних комбінатів спричиняла соціально-економічний розвиток міст і, водночас, значне погіршення умов проживання населення.

Результати досліджень базуються на матеріалах багаторічних досліджень, проведених на території сірчаних родовищ Прикарпаття різними організаціями, власних спостережень Г. І. Рудька й узагальнень авторів [1–6].

**Мета роботи** – здійснити порівняльний аналіз особливостей техногенної безпеки та перспектив розвитку міст, розташованих у межах новоіндустріальних гірничопромилових регіонів України та Польщі. Об'єктом дослідження є міста й містечка зони впливу гірничо-хімічних комплексів сірчаної галузі, що інтенсивно розвивались у межах української та польської частин Передкарпатського сірконосного басейну протягом 1957–2001 років.

Предметом дослідження є вивчення природних та історичних передумов і екологічних наслідків розвитку гірничо-хімічних комплексів сірчаної галузі та їхнього впливу на умови життєдіяльності населення.

**Виклад основного матеріалу.** Екологічні наслідки експлуатації родовищ сірки спостерігаються вже на стадії підготовки до експлуатації родовищ корисних копалин. Перш за все відбуваються зміни у системі розселення регіону майбутніх гірничих робіт. Так, спорудження Тарнобжегського сірчаного комбінату призвело до необхідності переселення населення ряду сільських поселень. Люди вимушені

були переселитися з своїх осель у нові будівлі на околицях Баранув, Горжиц або в Тарнобжег (Jan Szlezak, 2003). У результаті розвитку гірничодобувної діяльності зник з поверхні махувський ліс.

Подібна доля спіткала також Каймов, який теж припинив своє існування. В Україні також виникла потреба оптимізації системи розселення в цілях вивільнення від забудови ділянок гірничого відводу. Відбулося відселення частини мешканців низки сіл Яворівщини, а для працівників сірчаного комбінату збудоване нове місто Новояворівськ.

*Відкрита експлуатація родовищ сірки та небезпеки, пов'язані з нею.* Відкриті методи видобутку на території України та Польщі застосовують у випадку неглибокого залягання сірчанних руд. Сірка вилучається з надр, роздрібнюється за допомогою вибухових матеріалів, а потім підпадає під процес крошення та мелення. Сірка відділяється від вміщуючої породи методом флотації. Це процес дуже енергоємний, що визначає високу собівартість продукції.

На стадії експлуатації сірчанних родовищ відбуваються докорінні зміни природного середовища, що мають незворотний характер. Сірчані рудники розташовуються в басейні Вісли. Їхня експлуатація пов'язана з вилученням та переміщенням значних об'ємів гірських порід, представлених пісками, глинами, вапняками, гіпсами та ангідритами, а також зміною гідродинамічного режиму єдиного для них водоносного горизонту. Останній представлений сильно мінералізованими водами з вмістом сірководню до 50 мг/л (Maksymilian Burda, 2006). Води ті мають напірний характер. Складність гідрогеологічних умов кар'єрів пов'язана із заповненням його водами Вісли при її високих рівнях.

Сірчані кар'єри Передкарпаття займають значні площі – від 160 (кар'єр Пясечно) до 56–570 га (кар'єри Махув і Подорожненський). Найбільшим у світі сірчанним кар'єром вважається Яворівський, площа якого по зовнішньому контуру становить 932 га. Глибина сірчанних кар'єрів змінюється від 45 (Пясечно) до 110 м (Подорожненський, Махув).

Об'єм порушеного простору при відкритому видобутку може становити 200–280 млн. м<sup>3</sup>. Водоприток до кар'єрів змінюється залежно від геологічних і гідрогеологічних особливостей від 8.5 до 130 тис. м<sup>3</sup>/доб. Тільки з Яворівського кар'єру щорічно потрібно було відкачувати до 48 млн. м<sup>3</sup> води з середнім вмістом солей 3,6 г/л, у тому числі 1.6 г/л сірководню. До річкової мережі щорічно поступало до 173 тис. т солей, з них 120 тис. т CaSO<sub>4</sub>, а у повітря надходило до 2.4 тис. т сірководню. Специфічність морфологічних та технологічних характеристик кар'єрів обумовлюється особливостями геологічних та гідрогеологічних умов залягання сірки, а також властивостями самих гірничо-хімічних комплексів.

Роздільський та Подорожненський кар'єри, в безпосередній близькості яких проживає населення, залишаються не рекультивованими. Існує високий ступінь ризику розвитку зсувних процесів на бортах цих кар'єрів. Тільки по Роздольському – загальний об'єм зсувних мас уже перевищує 4.5 млн. м<sup>3</sup>. У зоні зсуву розташовується ділянка автодороги Новий Розділ–Львів, магістральний газопровід, ЛЕП, частина населеного пункту с. Малехів. У контурі кар'єрів сірчана руда видалена, а на розкритій поверхні гіпсоангидритів укладено внутрішні відвали з неогенової глини потужністю до 60 м. Частина неогенових глин зскладована в зовнішніх відвалах, у результаті чого четвертинні відклади на території відвалів виявилися похованими на глибину до 30 м. Четвертинні відклади з площі кар'єру переміщені в гідровідвали.

Гірничодобувні впливи при відкритому видобутку корисної копалини докорінно змінили й історичне середовище. Очевидно, що в результаті використання території попередніми поколіннями на ній залишаються сліди діяльності, зокрема історичних культурних ландшафтів, давніх стоянок, пам'яток історії, культури, архітектури. Найкращі з цих пам'яток зберігаються й охороняються як історико-культурна спадщина. Проте гірничодобувна діяльність завжди створює високий ступінь ризику безпечного існування матеріальних свідочств історичного минулого.

Наприклад, на теренах Тарнобжезького регіону протягом періоду 1957–1961 років одночасно із розвитком гірничодобувної промисловості виконувались археологічні дослідження. Ними встановлено локалізацію близько 50 давніх стоянок на високій терасі Вісли в межах сірконосних родовищ та поблизу від них. Археологічні дослідження підтвердили існування поселень на цій території, датованих від неоліту до пізнього середньовіччя (Anna Handerek, 2003). У зв'язку із поступовим розвитком рудника і кар'єрів відбулося знищення цілої низки решток матеріальних свідочств історії заселення краю. Водночас сірчану промисловість і культуру Польщі єднає важлива подія. Поблизу Баранову Сандомирські зазнавав занепаду замок періоду Ренесансу, один з тих, які належать до класу «zirowej» за класифікацією ЮНЕСКО. Сірчаним комбінатом у 60-х роках здійснено 50% інвестування ревалоризації цієї пам'ятки, відновлення її цінності, що дозволило зберегти її для майбутніх поколінь.

Відтак до негативних наслідків відкритого видобутку покладів сірки належать: переміщення значних мас розкритих та вміщуючих порід; утворення величезних кар'єрів, деякі з яких залишаються не рекультивованими; заняття земель під зовнішні відвали та гідровідвали; зміна гідрографічної мережі та гідрохімічного режиму підземних та поверхневих вод; утворення загрози для населення, природи, житлових та інженерних споруд від інтенсивного розвитку зсувів на бортах не рекультивованих кар'єрів, а також карстоутворення; виникнення технологічних проблем, пов'язаних із відкачуванням, очищенням і скиданням високомінералізованих і насичених сірководнем вод до транскордонних річок Шкло, Вишня, Сан; знищення об'єктів історико-культурної спадщини.

*Експлуатація родовищ сірки закритим (свердловинним) методом та загрози, пов'язані з нею.* При закритому методі експлуатації родовища по свердловинам до пластів сірки закачується підігріта до 165° вода, яка розплавляє сірчану руду. Виплавлена сірка спливає на поверхню, де й видаляється. Закачана до пласту гаряча вода після віддачі тепла відправляється на поверхню (обіг відкритий) або знов направляється до пласта сірки (обіг замкнутий).

Експлуатація родовищ з відкритим обігом води полягає в тому, що близько 60% надзвичайно сильно мінералізованої гарячої води, закачаної до пласта, відправляється на поверхню, де охолоджується і направляється на очищення від сірководню. Повернена вода має температуру 30–40 °С, а тепло в ній безповоротно і марно втрачається. Така технологія є дуже енергоємною та екологічно небезпечною для природного середовища. Рудники з підземної виплавки сірки сплачують значні кошти за водозабір і скид стічної води, що визначає високі експлуатаційні витрати.

У технології виплавки сірки при замкнутому обігу води виключені базові елементи деградації природного середовища, які мали місце при відкритому обігу води. При цій технології повторно використовується близько 60%. Дана частка води застосовується у процесі фільтрації пласта, а також в енергетичній системі руднику. Метод свердловинної експлуатації родовищ сірки застосовано в Тарнобжег-

ському, Любачувському та Яворівському регіонах, зокрема в копальнях Гжибув (1966–1996 рр.) і Осієк (від 1993 рр.), Єзірко (1967–2001 рр.), Махув-ІІ (1985–1993 рр.), Базнія (1977–1993 рр.), Яворівська (1978–1993 рр.).

Основними видами небезпек у рудниках свердловинної виплавки сірки є такі:

- небезпека хімічного забруднення поверхневих та підземних вод унаслідок самовпливів пластових вод забруднених сірководнем; атмосфери за рахунок надходження двоокису сірки, окису азоту та сірководню;
- небезпека фізичного забруднення – теплове забруднення підігрітою технологічною водою та забруднення механічними частками (пилом).

*Небезпеки, пов'язані з діяльністю підприємств переробки сірки.* Продукцією хімічних комбінатів є сірчана кислота, сірчані глини, засоби охорони рослин, а також сірка в різних станах – гранульована, мелена, масляна. Виробництва цієї продукції створюють різні види небезпек для людей, природного середовища або майна, зокрема:

- відділ кислоти й утилізації – небезпека при транспортуванні й збуті сірчаної кислоти в кількостях, небезпечних для людей, природного середовища або майна:

- відділ грануляції добрив – небезпека виникнення пожежі, вибуху або викидів до атмосфери аміаку безводного, сірчаної міді, сірчаного цинку, сірчаного мангану, а також фосфорної кислоти;

- відділ зв'язаного фтору – небезпека виникнення пожежі, вибуху, викидів до кріоліту синтетичного, аміачної води;

- відділ грануляції, мелення і транспортування – небезпека виникнення пожежі двоокису сірки, дуже подразнюючого газу, небезпечного для людей.

За весь період функціонування комбінатів переробки сірчаної руди призводить до утворення й накопичення величезних об'ємів залишкових продуктів збагачення та переробки сірчаних руд (хвостів, шламів). Так, у хвостосховищах Яворівського ДГХП «Сірка» накопичено понад 120 млн. т відходів, що значно погіршує стан довкілля. Хвости збагачення сірчаних руд утворюють на території хвостосховищ шари потужністю 10–15 м. Відбувається інтенсивне забруднення підземних та поверхневих вод унаслідок відсутності гідроізоляції ділянок дна і бортів хвостосховищ, а також фільтрації або проривів промислових стоків з накопичувачів. Це докорінним чином змінило гідрогеологічні умови території, призвело до утворення гідрогеохімічних аномалій та погіршило якість питної води. Зокрема, в зоні дії Роздільського гірничо-хімічного підприємства питні води характеризуються мінералізацією 1,9 г/л, вмістом сульфат-іона – 1,2 г/л, концентрація фосфору – 1,4–34 мг/л, рН дорівнює 8,3.

Технологічні процеси переробки сірки спричиняють значні викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря. Щорічні викиди лише Яворівського ДГХП «Сірка» становили близько 456,1 т за рік, у т. ч. сірководню – 179,8 т. При цьому разові концентрації сірководню у повітрі населених пунктів за межами гірничого відводу в два рази перевищують ГДК у середньорічних замірах.

Відтак, діяльність підприємств сірчаної галузі утворює високий ступінь екологічної небезпеки, що приводить до необхідності організації рятувальних служб. Завданнями рятувальних служб є організація і управління безпекою як безпосередньо працівників сірчаної галузі та місцевого населення, так і виробничого процесу. Система заходів управління безпекою діяльності гірничо-хімічних підприємств

включає комплекс заходів безпеки, що застосовуються на всіх стадіях виробництва – від розвідувальних і гірничодобувних робіт до переробки сірчаної руди, рекультивациї.

Крім того, на території підприємств особливу небезпеку викликає інтенсивний розвиток небезпечних процесів – зсувів, гіпсового карсту, бічної та лінійної ерозії. Безпосередню загрозу населеним пунктам утворюють зсувні явища на ділянках бортів кар'єрів і шламосховищ. Виключну небезпеку для життєдіяльності населення регіону утворюють карстові процеси. Більшість існуючих карстово-ерозійних западин і карстових лійок утворилося до початку розробки сірчаного родовища. Перші дані про карст у районі Яворівського гірничорудного району відносяться до XVII ст. Тут у межах курорту Шкло в 1670 році раптово відбувся карстовий провал, у результаті чого утворилася лійка діаметром до 120 м і глибиною до 10 м. На стадії експлуатації Язівського сірчаного родовища у середині XX ст. в зв'язку із водопонижуючими роботами та створенням депресійної лійки радіусом майже 20 км, виникнення й розвиток процесів сульфатного карстоутворення різко активізувались. На процес карстоутворення впливають також споруджені на закарстованих територіях водосховища, відстійники, та інші накопичувачі великих мас води на поверхні. За останні п'ятдесят років у регіоні виникло поле карстових воронок уздовж долин річок Шкло, Терешка, Гноєнець та інших. Крім того карстові провали виникли на території курорту Шкло, що загрожує нормальному функціонуванню водолікарні та інших об'єктів [4–5].

На стадії ліквідації виробничих об'єктів сірчаної галузі відбуваються відновлювально-технологічні впливи на техногенний ландшафт, у результаті яких утворюється відновлений ландшафт, що має покращені екологічні, естетичні та рекреаційні властивості. По закінченню експлуатації родовищ у рудниках відкритого видобутку сірки залишилися величезні виїмки на поверхні землі та різноманітні екологічні проблеми. Дуже коштовними є заходи захисту кар'єрів від поексплуатаційних вод, насичених сірководнем. Витрати значних коштів потребує рекультивация – засипка виїмок, очищення вод, утилізація пофлотаційних відходів, улаштування звалищ твердих відходів та відходів гідровідвалів тощо. На стадії ліквідації відбуваються такі відновлювально-технологічні впливи: рекультивация, інженерні заходи по відновленню самоплинності гідрографічної мережі, переформування та вертикальне планування порушених земель, протизсувні та протикарстові заходи, осушення, дренажування території тощо.

На прикладі польського рудника Махув здійснено роботи з перетворення промислового ландшафту в культурний ландшафт рекреаційного призначення. Здійснення проекту господарського використання кар'єру припинило деградацію середовища. Відповідно прийнятого проекту ліквідовано кар'єр Махув, упорядковано територію, що безпосередньо прилягала до нього. Цей проект не тільки покращив естетично-ландшафтні властивості середовища, але й гідрохімічні якості водойми та біологічне різноманіття.

Ситуация з ліквідацією виробки Махув належить до найбільш типових в Європі. Подібні заходи ліквідації та впорядкування кар'єрів були застосовані для рудника Пясечно. Ці виробки є близькими сусідами (відстань близько 2 км) і пов'язані гідрогеологічно, що вимусило запровадити рівноцінні заходи ліквідації.

В Яворівському регіоні в зв'язку із створенням техногенного ландшафту практично непридатного для життя, виникла актуальна потреба відновлення екологічних, господарських (рекреаційних) і естетичних функцій ландшафту, порушено-

го гірничим виробництвом. У 2001 році розпочато реалізацію проекту ліквідації сірчаних кар'єрів Яворівського регіону з урахуванням досвіду ліквідації великих кар'єрів Польщі та Германії. У кар'єрній виїмці прийнято рішення створити високопродуктивне озеро, яке у перспективі, стане центром рекреації для мешканців Львівської області та найближчих населених пунктів Польщі. Перетворення ландшафтів на теренах Тарнобжегського та Яворівського регіонів у загальному вигляді можна представити у вигляді схематичної моделі (рис.1).

Проте, ліквідованим виробкам загрожує ймовірність аварії обводнених споруд та обладнання і, наслідком чого може бути зупинка системи водовідведення та одноразових впливів з колектора значних об'ємів води (близько 400 м<sup>3</sup>), забрудненої до 200 мг/дм<sup>3</sup> вільним сірководнем. У кінцевому результаті це утворить загрозу забруднення ґрунту в безпосередній близькості від копальні, підземних вод та викидів у атмосферне повітря токсичного та небезпечного для людини сірководню. Існує небезпека загоряння сірководню й пов'язаної з цим емісії шкідливих речовин до атмосфери, що може створити високий ступінь забруднення повітря на значній відстані від джерела викиду.

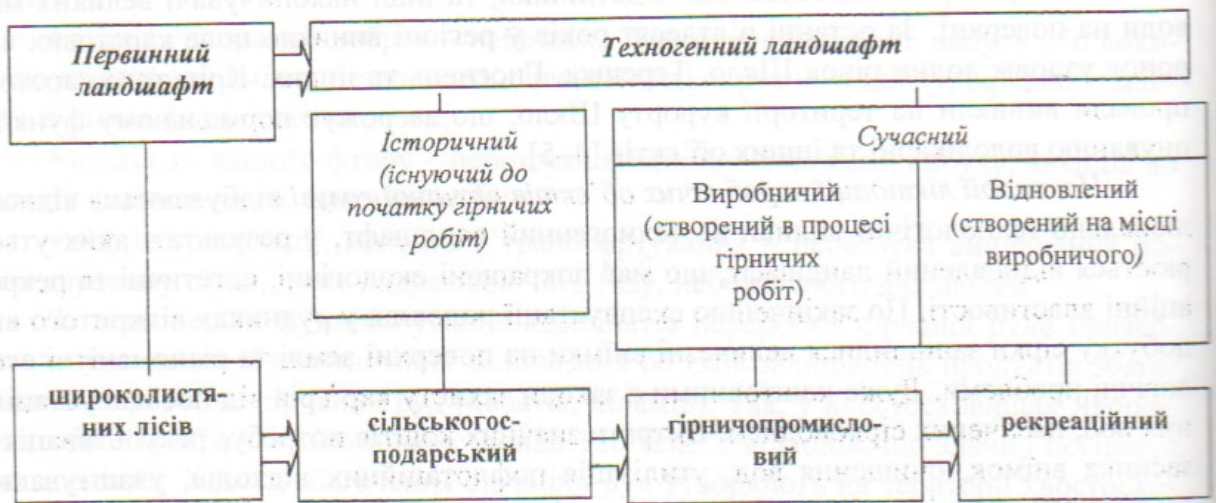


Рис. 1. Послідовність перетворення ландшафтів у межах Тарнобжегського та Яворівського регіонів експлуатації сірчаних родовищ

Ліквідація гірничо-хімічних підприємств створила низку соціально-економічних проблем для мешканців міст регіонів. Великою соціальною проблемою є втрата сорока тисячами жителів Нового Роздолу та населених пунктів його найближчого оточення робочих місць.

Вирішення проблеми соціальної напруженості стає можливим при впровадженні проектів створення спеціальних економічних зон. У 1997 році на теренах хімічного комбінату організована Тарнобжегська спеціальна економічна зона «EURO-PARK WISŁOSAN» поблизу Тарнобжегу, Махув, Єзірко площею 168.8 га. Створення Європарку спрямоване на виконання рекреаційної та виробничої функцій. Інвестиційні об'єкти на цій території здійснюють виробництво металургійної хімічної промисловості та будівельної галузі.

У цілях забезпечення сприятливих умов життєдіяльності мешканців Яворівського регіону розроблено інвестиційний проект, спрямований на створення спеціальної економічної зони «Яворів» (термін дії 1999–2020 роки). Реалізація проекту

передбачається після відновлювальних заходів на площах Яворівського ДГХП «Сірка» та прилеглих ділянках. СЕЗ «Яворів» спрямована на виконання функції комплексної виробничої зони, вільної митної зони та технологічного парку. На звільнених площах гірничохімічного комплексу «Сірка» інвестиційним проектом передбачено створення спільних підприємств з виробки сірчаної кислоти й сіркопродуктів, пестицидів і засобів хімічного захисту рослин, переробки донорської плазми, виробництва електроенергії, а також підприємств легкої промисловості.

**Висновки.** Викладені матеріали підводять до наступних висновків:

1. Схожість унікальних властивостей геологічного середовища Передкарпатського прогину створила природні передумови для одночасного розвитку сірчаної галузі на території України та Польщі.

2. Експлуатація сірчаних родовищ спричинила утворення високого ступеню екологічного ризику в зоні впливу гірничохімічних комплексів сірчаної галузі України та Польщі, що призвело до необхідності здійснення екологічної оптимізації розселення та відновлення господарських, екологічних і естетичних функцій цього ландшафту.

3. Припинення діяльності гірничо-хімічних комплексів обох країн відбулося одночасно внаслідок зміни кон'юнктури на сірку на світовому ринку, що утворило високий ступінь соціального ризику, зокрема підвищення рівня безробіття, соціального напруження, погіршення рівня та особливостей життя населення. Вирішення питань соціальної небезпеки стає можливим завдяки впровадженню інвестиційних проектів по створенню спеціальних економічних зон.

4. Залежно від обставин та мотивації соціально-економічної діяльності в межах гірничо-хімічних комплексів спостерігаються різні види техногенних впливів на оточуюче середовище, зокрема: деструкційні – ті, що приводять до повного руйнування структури геосистеми; доповнюючі – тобто спрямовані на підвищення потенціалу геосистеми.

### Бібліографічні посилання

1. Гайдин А. М. Від сірчаних кар'єрів до синіх озер // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2006. – №2. – С. 48–55.
2. Проект рекультивациі порушених земель, основні проектні рішення відновлення екологічної рівноваги і ландшафту шляхом поетапного виведення потужностей кар'єрів і їх ліквідації / А. М. Гайдин, В. В. Ковалишин, І. В. Салюк. – Л., 1997. – 85 с.
3. Ресурси геологічного середовища і екологічна безпека техноприродних геосистем: Монографія / За ред. Г. І. Рудька. – К., 2006. – 480 с.
4. Рудько Г. І. Мінерально-сировинна база західних областей України та екологічна безпека території (регіональна оцінка та викладення методики) // Дослідження передкризових екологічних ситуацій в Україні. – К., 1994. – С. 45–50.
5. <http://www.intellect.org.ua>.
6. <http://www.ternobrzeg.pl>.

Надійшла до редколегії 15.01.08