УДК 55;504;574
DOI: http://doi.org/10.17721/1728-2713.92.11

М. Коржнев, д-р геол.-мінералог. наук, проф.,
E-mail: mnkorzhnev@gmail.com;
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору,
бул. Чоколівський, 13, м. Київ, 03386, Україна;
М. Курило, канд. геол. наук, доц.,
E-mail: kurilo@mail.univ.kiev.ua;
С. Кошарна, канд. геол. наук,
E-mail: sofiia.kosharna@ukr.net;
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ПІДХОДИ ДО ПЛАНУВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНА НА СТАДІЇ ПОСТ-МАЙНІНГУ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. В.М. Загнітком)

Проблеми навколишнього середовища на територіях пост-майнінгу України критично погіршують умови життєдіяльності населення і не сприяють зростанню країни на умовах сталого розвитку. Програми їхньої екологічної реабілітації та подальшого розвитку мають бути індивідуальними, з урахуванням специфіки територій. До переліку критеріїв, які впливають на специфіку оцінки ризиків у Криворізькому басейні, можна віднести атиповість ландшафту, що виражена у формах техногенного рельєфу і створює умови для активізації екзогенних геологічних процесів. Будь-які програми екологічної реабілітації мають спиратися на постійно діючу прогнозу модель геологічного середовища Кривбасу, в основу якої мають бути покладені налагоджені системи моніторингу різних його складових (гідрогеологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, забруднення ґрунтів і поверхневих водойм та ін.). При створенні й функціонуванні такої моделі фінансові ресурси будуть розподілятися більш раціонально на попередження і вирішення конкретних екологічних проблем, які можуть виникати у випадку реалізації розрахованих у такій моделі найбільших екологічних ризиків. Зроблений прогноз витрат на моніторинг для типових об'єктів пост-майнінгу Кривбасу із завершенням їхнього фактичного життєвого циклу базується на використанні середньозважуваної вартості моніторингу, що проводиться інвесторами на словацьких об'єктах. Проведений для криворізьких об'єктів аналіз двох варіантів визначення балансових запасів, один з яких включав розраховані постліквідаційні витрати, доводить реальність запропонованого шляху забезпечення користувачів надр більш якісною сировиною, а навколишнього середовища – меншими впливами від гірничодобувної діяльності.

Метою дослідження є визначення основних підходів до планування сталого розвитку Криворізького басейна на стадії пост-майнінгу. Намічені напрями забезпечення сталого розвитку Кривбасу та підходи до екологічної реабілітації його території.

Ключові слова: території пост-майнінгу, екологічний моніторинг, екологічні ризики, постійно діюча прогнозна модель геологічного середовища, напрями забезпечення сталого розвитку Кривбасу, програми екологічної реабілітації.

Вступ. Умови життя в країнах, залежних від гірничорудної промисловості, останні десятиліття рік від року неухильно погіршуються. У країнах, що розвиваються, тобто експортерах природних корисних копалин, доля населення, що живе на менш ніж на 1 долар у день, виросла із 61 % у 1981–1983 рр. до 82 % у 1997–1999 рр. Економічна залежність від розробки родовищ мінеральної сировини вповільнила і навіть понизила економічне зростання таких країн. Гарвардські економісти Джеффрі Сэчс (Jeffrey Sachs) і Ендрю Уарнер (Andrew Warner), які досліджували 95 країн, що розвиваються ще в 90-х рр., минулого століття дійшли висновку, що чим вище коефіцієнт ресурсозалежності (відношення експорту природних ресурсів до ВВП), тим нижче рівень росту ВВП на душу населення. Така зворотна залежність між природним багатством і економічним достатком справедлива навіть для багатих добувних країн. Останнім часом стає зрозумілим для багатьох держав, економіка яких пов'язана з видобутком корисних копалин, що проблеми навколишнього середовища на територіях пост-майнінгу (гірничодобувних регіонів і районів на завершальних стадіях їхнього розвитку) критично погіршують умови життєдіяльності населення і не сприяють зростанню країни на умовах сталого розвитку. Типовим прикладом цього є Україна, у який ці проблеми досягли критичної межі, а планування сталого розвитку гірничодобувних районів стає актуальним завданням.

Загальні положення та досвід інших країн. За визначенням Міжнародної комісії з проблем навколишнього природного середовища і сталого розвитку (1987) "*Сталим можна назвати такий розвиток, який веде до задоволення нагальних потреб суспільства без зменшення можливостей майбутніх поколінь задовольняти їхні потреби"*. Це означає те, що соціально-економічний розвиток має здійснюватися таким чином, щоб мінімізувати негативні наслідки виснаження природних ресурсів і погіршення якості довкілля з метою їхнього збереження для майбутніх поколінь. Утрати ресурсів мають бути повністю компенсовані. Такий підхід інтерпретується як необхідність збереження основного капіталу людства, складовими частинами якого є такі види капіталу: K_m – матеріальний (машини, устаткування, основні фонди та ін.); K_h – людський (освітній рівень населення, його технічні навики, здоров'я, генетичний фонд тощо); K_n – природний (природно-ресурсний потенціал, якість довкілля).

На практиці часто використовуються показники сталого розвитку, що трактуються досить широко. Ці показники характеризують сучасне розуміння визначення "сталий розвиток". До них звичайно відносять досить широкий набір індикаторів-показників, відстеження яких у часі дозволяє проводити моніторинг руху країни в досягненні умов сталого розвитку. У сучасний період з метою моніторингу стану сталого розвитку промисловості України з позицій економічної безпеки Інститутом економіки промисловості НАН України запропоновано структуру сталого розвитку, що включає загалом 30 індикаторів і методологію для ідентифікації його рівня через сучасне інтегральне оцінювання (*Амоша, 2017*).

Поняття сталого розвитку світового суспільства взагалі і окремих держав зокрема має на увазі збалансованість трьох складових розвитку: економічної, екологічної й соціальної. Зростання економіки в більшості випадків збільшує екологічне навантаження на навколишнє природне середовище, яке воно витримує до певних меж, обумовлених асиміляційним потенціалом території, що є причиною відсутності суттєвих змін геосистем. Це справедливо як для країн загалом, так і для її окремих гірничодобувних регіонів. Видобуток корисних копалин надає не лише економічні й соціальні вигоди країнам, де ведеться видобуток і переробка мінеральної сировини, але може спричиняти виникнення екологічних та економічних збитків, особливо на локальному рівні (*Mining, Minerals and Sustainable Development, n.d.*).

© Коржнев М., Курило М., Кошарна С., 2021

З урахуванням ідей сталого розвитку ще в 1998 р. в Україні були запропоновані загальні рекомендації для використання ресурсів надр, які не містять диференціації за видами користування надрами або регіональними критеріями (*Міщенко, 1998*):

• формування завершених багатогалузевих комплексів на базі поглибленої переробки сировини, використання у виробництві замкнутих технологічних циклів і рециклів для заміни первинних сировинних матеріалів вторинними;

• упровадження маловідходних ресурсозберігаючих технологій у промисловості, зменшення енерго- і матеріаломісткості економіки;

• утворення з окремих видів великотонажних відходів техногенних родовищ вторинної мінеральної сировини та їхнє першочергове використання;

• довгострокове прогнозування стану МСБ за якістю та кількістю окремих видів корисних копалин і створення кадастрів природних ресурсів, пошук нових родовищ мінеральної сировини на принципах еколого-економічної доцільності їхнього освоєння.

До десятої річниці саміту в Ріо-де-Жанейро наприкінці 1998 р. дев'ять найбільших гірничодобувних компаній запропонували нову ініціативу, спрямовану на досягнення серйозних змін у підходах галузі до сучасних її проблем (*Mining, Minerals and Sustainable Development, n.d.*). Через Всесвітню раду підприємців зі сталого розвитку (WBCSD) у травні 1999 р. вони доручили Міжнародному інституту навколишнього середовища і розвитку (IIED) провести оглядове дослідження з метою визначення глобальної проблеми, яку має гірничодобувний сектор у контексті сталого розвитку, і вивчення її ролі у переході до нього. Команда дослідників IIED розглянула існуючі ініціативи і матеріали та проконсультувалась із більш ніж 150 приватними особами й організаціями, щоб зрозуміти їхні погляди на те, як можна поліпшити внесок мінерально-сировинного сектора в сталий розвиток і розробити більш детальну основу для цього процесу. IIED оприлюднив свої результати у жовтні 1999 р., дав рекомендації із змісту та обсягу процесу, який став відомий як проект MMSD (гірнича промисловість, мінеральна сировина і сталий розвиток).

В Україні в 2000 р. була виконана програма ООН "Сприяння сталому розвитку в Україні". Раніше Відділенням наук про Землю Національної академії наук було підготовлено постанову уряду від 31.08.99 №1606 "Про концепцію поліпшення екологічного становища гірничодобувних регіонів України". Потім на її основі підготовлена відповідна державна програма, яка, на жаль, не була повністю реалізована внаслідок великих об'ємів коштів, необхідних для її фінансування.

Програми сталого розвитку гірничодобувної промисловості намагаються розробляти як окремі країни, так і сумісно сусідні країни, економіка яких значно пов'язана з мінерально-сировинним комплексом, і спрямовані вони чи на розв'язання конкретної проблеми, чи на поліпшення загальних умов життєдіяльності місцевого населення (*Batterham, 2014; Kokko et al., 2015, Cotula and Mouan, 2018; Mehta, 2002; Chen, 2018; Cojean, 2005 та ін.*).

Закриття закинутих шахт та їхніх відновлень – величезна міжнародна проблема, пов'язана з гірничодобувним сектором, за яку держава часто вимушена брати відповідальність на себе. Наприклад, у Португалії в 2010 р. уряд надав державному підприємству EDM (Empresa de Desenvolvimento Mineiro) концесію на розробку і сприяння відновленню навколишнього середовища та соціально-економічному поліпшенню районів, пошкоджених у результаті видобутку корисних копалин (*Sardinha, 2010*). EDM було ініціатором створення фундаментальної державної служби, націленої на охорону здоров'я і безпеки населення, підвищення якості навколишнього середовища і соціального благополуччя.

Іншим прикладом може бути Німеччина. До кінця 1950-х рр. німецька вугледобувна промисловість отримала 150 млн т кам'яного вугілля із 170 шахт із 600 000 працівниками. Водночас 70 % потреб в енергетиці ФРН були покриті за рахунок власного вугілля. У подальшому внаслідок просування нафти, а потім природного газу на світовий енергетичний ринок, і зростанням світової торгівлі, у країні було прийнято стратегію довгострокової реструктуризації вугільної галузі. Видобуток вугілля у Німеччині у сучасний період кардинально обмежений, і вона переходить до епохи так званого пост-майнінгу (*Kretschmann et al., 2017*). Ще на початку 2000-х рр. у Чехії було розроблено загальні, екологічні та ландшафтно-архітектурні принципи рекультивації ландшафтів у пост-майнінговий період (*Sklenicka et al., 2004*). Останнім часом у Польщі було проаналізовано основні зміни природних ландшафтів у результаті експлуатації бурого вугілля (лігніту) (*Fagiewicz and Mękarski, 2018*). Сучасний підхід до природного середовища та його захисту характеризується багатогранною інтеграцією в цій проблемі соціальних, економічних і політичних аспектів людського існування. У даному випадку об'єкт управління складається із пост-майнінгових районів. У процесах їхньої рекультивації та освоєння формуються нові елементи природної системи, які також вимагають системного підходу до управління, зокрема управління пост-майнінговими ландшафтами.

Будь-які перетворення в гірничодобувних регіонах на засадах сталого розвитку треба починати з питання, який регіон, що несе певне функціональне навантаження в економіці країни, ми маємо отримати в кінцевому рахунку. Наведемо приклад спроби вирішення цього питання у вугледобувному регіоні Шендонг на півночі Китаю, для якого розроблено загальну послідовність дій, що плануються (*Chen, 2018*). У гірничодобувному регіоні Шендонг розглядається можливість використання трьох режимів рекультивації земель: 1 – екологічна модель сільського господарства в різних модифікаціях; 2 – модель шахтного парку з органічним поєднанням типового екологічного ландшафту, історико-культурного, рекреаційного та інших ландшафтів; 3 – модель "земельної ділянки" з використанням твердих відходів видобутку з метою створення будівельних майданчиків, що може збільшити площу для планування і будівництва індустріального парку, добутку корисних копалин, градобудівництва і нових сільськогосподарських земель. У шахтному районі Шендонг більш важливим є реалізація останньої моделі з метою сприяння трансформації розвитку соціальної економіки на засадах сталого розвитку.

Економічні, екологічні та соціальні умови кожного гірничодобувного регіону України індивідуальні залежно від виду мінеральної сировини, типу місцевості, її геології, клімату та багато чого іншого. Тому індивідуальними, з урахуванням специфіки регіонів, мають бути програми їхньої екологічної реабілітації та подальшого розвитку.

Екологічні ризики та збитки в Криворізькому басейні. З останніх наукових праць, що розглядають Кривбас як типову територію пост-майнінгу, треба відмітити роботу Г.І. Рудька і Є.О. Яковлєва (*Рудько та Яковлєв, 2018*). За їхніми даними: загальна площа Криворізької природно-техногенної геосистеми в межах зони відчуження становить 700 км^2 за сумарної площі гірничих відводів 350 км^2; у межах Кривбасу діють п'ять ГЗК, на яких видобуток залізних руд здійснюють на десяти кар'єрах і на 23 (орієнтовно з допоміжними) шахтах

обсягом до 83 млн т/рік; загальна площа кар'єрів перевищує 42 км^2, їхній об'єм сягає 6,6 млрд м^3 (6,6 км^3) з глибинами 300–400 м; у межах басейну сформувалися 44 породні відвали загальною площею 69 км^2 і об'ємом понад 1,7 млрд м^3; десять діючих шламосховищ мають сумарну площу поверхні 71 км^2 (у них заскладовано 1,6 млрд м^3 відходів збагачування залізних руд).

Тією чи іншою мірою при гірничодобувній діяльності зміни відбуваються в усіх його складових: геологічному і водному середовищах, атмосферному повітрі, тваринному і рослинному світах. Відбувається системне втручання, коли загроза (небезпека), яка виникає в одному середовищі, реалізується в іншому. Яскравим прикладом цього може бути взаємопов'язаний характер екологічних загроз, виникнення ризиків і збитків за їхньої реалізації в Криворізькому залізорудному басейні України (*Коржнев та Малахов, 2012*). Насамперед, до переліку критеріїв, які впливають на специфіку оцінки ризиків у Кривбасі, можна віднести атиповість ландшафту, що виражена у формах техногенного рельєфу і створює умови для активізації екзогенних геологічних процесів. Кар'єри та зони обвалення і зсуву можна віднести до денудаційних, а відвали та шламосховища – до акумулятивних форм рельєфу (*Коржнев та Малахов, 2012*). Процеси денудації надр (розвиток кар'єрів і зон обвалення) супроводжуються створенням акумулятивних, техногенних форм рельєфу – відвалів і шламосховищ. Чинники впливу видобутку і переробки залізних руд на довкілля та техногенні зміни геологічного середовища Кривбасу можна знайти в численних працях, у тому числі й цитованих у нашій статті. Не будимо зупинятися на них детально, а більше приділимо увагу аспектам, що визначають добробут і безпеку життєдіяльності населення та забезпечують розвиток регіону.

Моніторинг у контексті забезпечення розвитку Кривбасу. Будь-яке підприємство (гірничодобувне чи переробне) визначається конкретними екологічними показниками впливу його діяльності на навколишнє середовище, більшість з яких легко вивести на рівень державної статистичної звітності. Такі показники можна згрупувати за наступними основними чинниками впливу (*Довгий та ін., 2007, 2019*).

- *Порушення породного масиву внаслідок ведення гірничих робіт*: об'єм виробленого простору, зокрема із закладкою, м^3; загальна площа просідань поверхні, км^2; амплітуда просідань, м; площі підроблення річок, водосховищ, населених пунктів, км^2; площа, уражена зсувами, км^2; площа, уражена карстом, км^2.
- *Накопичення відходів гірничодобувного і збагачувального комплексу*: загальна кількість накопичених відходів, зокрема токсичних, тис. т; кількість відходів, тис. т/рік; кількість використаних відходів , тис. т/рік; кількість накопичених відходів, тис. т/рік.
- *Вилучення земель:* загальна кількість, зокрема сільськогосподарського призначення, км^2; під промислові споруди (промислові майданчики, хвостосховища, пруди-відстійники тощо), км^2; під розміщення відходів і некондиційних корисних копалин (складування вмісних і розкривних порід, некондиційних руд тощо), км^2.
- *Порушення гідрогеологічного режиму:* площа депресійних воронок, км^2; амплітуда воронок, м; площа підтоплених територій, км^2.
- *Забруднення ґрунтів, вод, повітря:* площі земель, на яких перевищені ГДК за групами забруднювачів, км^2; кількість скидів промислових (шахтних, пластових тощо) вод у водне середовище, м^3; мінералізація вод, г/л; кількість викидів забруднювальних речовин у повітря та їхній склад.

Наведено дуже приблизний перелік екологічних показників, пов'язаний з діяльністю підприємств мінерально-сировинного комплексу, які треба вивести на рівень державної статистики. Цей перелік потребує ретельного опрацювання для реального відображення впливу підприємства на довкілля, екологічних ризиків, що виникають на території його впливу, та економічних збитків. Останнє стосується не лише прямих збитків і тих, що виникають унаслідок неотримання прибутків від використання території для іншої діяльності (напр., сільськогосподарської чи туризму).

Якщо говорити про систему моніторингу геологічного середовища (ГС), то може йтись про створення так званої постійно діючої прогнозної моделі Кривбасу, в основу якої мають бути покладені налагоджені системи моніторингу різних його складових, і яка оперативно буде попереджати про найбільш імовірні ризики його катастрофічних змін. Слід пам'ятати, що нерівномірність розміщення спостережуваних точок у межах регіону суттєво зменшує можливості одержання достовірних відомостей щодо стану якості ГС і попередження виникнення надзвичайних ситуацій чи своєчасну ліквідацію наслідків впливу гірничодобувних і переробних підприємств. Така прогнозна модель має діяти в режимі реального часу і організована на основі географічної інформаційної системи (ГІС).

Необхідність оцінки ступеня екологічного навантаження, що обумовлює ризики для території, є одним із пріоритетних напрямів діяльності із завершення гірничодобувних робіт на родовищі. Завчасне прогнозування необхідних інвестиційних вливань у даного роду контролю значно спрощує подальше проведення робіт і збільшує імовірність упередження виникнення екологічних небезпек.

Створений прогноз щодо витрат на моніторинг двох типових об'єктів Кривбасу – ліцензійних площ Валявкинського родовища (кар'єр № 3) і кар'єру "Південний" по завершенню їхнього фактичного життєвого циклу базується на використанні середньозважуваної вартості моніторингу, що проводиться інвесторами на словацьких об'єктах – одному із родовищ залізорудної площі Нижньої Слани та Руднянському рудному полі (*Кошарна, 2019*).

Розрахунок означеної величини включає різні обсяги витрат на перший рік моніторингу, що є найбільш повним та всеохоплюючим, через необхідність якомога більш точної оцінки стану довкілля після припинення гірничих робіт, та другий із усіма наступними роками, на кожен з яких виділяється близько 82% від суми, що витрачається на перший рік.

Безпосередній прогноз виконано для вітчизняних об'єктів через підрахунок інтерпольованих значень витрат на моніторинг, використовуючи середньозважувані вартості з урахуванням відсоткової різниці вкладень у той чи інший рік:

$$B_{інт} = \overline{V} \times S_{поруш.}, \quad (1)$$

де $B_{інт}$ – інтерпольоване значення витрат на моніторинг площ вітчизняних родовищ; $\overline{V}$ – середньозважувана вартість; $S_{поруш.}$ – площі, порушені гірничими роботами та відвалами родовища/кар'єру.

Крім прогнозних вартостей на кожен рік моніторингу, було визначено і сумарне інтерпольоване значення витрат на п'ять років моніторингу порушених площ кожного з родовищ

$$B_{інт} = \sum_{i=1}^{5} B_{інт} . \quad (2)$$

Результати проведених розрахунків подано в табл. 1.

Таблиця 1

Результати підрахунку інтерпольованого значення витрат на моніторинг площ Валявкинського родовища (кар'єр № 3) і кар'єру Південний

Об'єкт	Інтерпольоване значення витрат на моніторинг площ					
	На перший рік моніторингу		На другий та кожен наступний рік моніторингу		Сумарне значення витрат на п'ять років моніторингу	
	€	грн	€	грн	€	грн
Валявкинське родовище	59 187,3	1 887 483	48 461	1 545 421,29	253 031,3	8 069 168,16
Кар'єр "Південний"	38 675,63	1 233 365,84	31 666,55	1 009 846,28	165 341,83	5 272 750,96

У загальних кошторисах на проведення всіх рекультиваційних робіт і постліквідаційних досліджень екологічного спрямування історично відводиться від 10 до 15 % на моніторинг стану навколишнього середовища в межах площ, які зазнавали безпосереднього впливу від видобутку корисної копалини. Даний відсоток не є фіксованим, оскільки залежить від низки факторів, таких як: розміри площі, тривалість та інтенсивність негативного впливу родовища на прилеглі території, паралельна активність з порушення та відновлення складових навколишнього середовища, добросовісність користувачів надр та ін. Ілюстративним прикладом пропорційного співвідношення розмірів родовищ і витрат на контроль за станом прилеглих до нього територій є порівняння сумарних прогнозних витрат на п'ять років моніторингу на криворізьких об'єктах і сум, що були витрачені за цей же період на словацьких, де більш суттєві суми фіксуються саме на вітчизняних об'єктах.

За відсутності чітко фіксованих у звітах підприємств передбачуваних екологічних витрат можливе створення прогнозного загального кошторису, використавши умовний показник в 11 % (відсоток обумовлений середніми розмірами родовищ відносно інших криворізьких об'єктів), що буде відводитися на проведення п'ятирічного моніторингу в переліку всіх рекультиваційних робіт і постліквідаційних досліджень на Валявкинському родовищі (кар'єрі № 3) та кар'єрі "Південний". Таким чином, вираховується орієнтовна (можлива) сума всіх екологічних витрат (табл. 2), необхідна для повернення прилеглим до досліджуваних родовищ територіям первозданного вигляду.

Таблиця 2

Орієнтовні (можливі) кошториси загальних екологічних витрат на Валявкинському родовищі (кар'єр № 3) та Південному кар'єрі

	Валявкинське родовище		Південний кар'єр	
Прогнозні загальні екологічні витрати	€	грн	€	грн.
	2 300 284,54	73 402 079,67	1 503 107,54	47 964 161,60

Ураховуючи факт реалізації більшої частини екологічно спрямованих заходів на досліджуваних родовищах паралельно до гірничодобувних робіт, фінальні суми компенсаційної діяльності по завершенню, консервації чи ліквідації родовищ можуть бути змінені в бік зменшення.

Робота із зазначеними сумами має кілька шляхів. Перший передбачає їхнє накопичення під час експлуатації родовища за рахунок прибутків від продажу сировини. Даний процес супроводжується відкриттям спеціального рахунку підприємства із забороною витрачання накопичених засобів до початку ліквідації родовища. Накопичена сума має бути дисконтована на весь період розробки родовища і відповідати реальним майбутнім витратам на екологічну реабілітацію території.

Проте за результатами статистичного аналізу даних досліджуваних криворізьких родовищ і прогнозування екологічних витрат, що матимуть місце по завершенню їхньої добувної активності, можливо зробити висновок щодо доцільності проведення на гірничодобувних об'єктах активних робіт паралельної спрямованості відносно видобутку корисної копалини та рекультиваційної діяльності. Даний підхід (рис. 1) дає можливість суттєво зменшувати об'єми капіталовкладень у постліквідаційний період родовищ, коли видобуток уже припинено, але є необхідність нівелювання усіх завданих навколишньому середовищу збитків. Так, за умови реалізації хоча б 65–70 % робіт, вартість яких фіксується в кошторисі екологічних витрат на родовищі, по завершенню гірничодобувної активності, необхідні об'єми капіталовкладень будуть суттєво нижчі тих, що матимуть місце на родовищах, де активне інвестування в екологічну складову мало місце в основному на етапі виснаження надр.

Крім того, проведення означених робіт з початку першої третини етапу інтенсивного використання надр так чи інакше сприяє сповільненню ускладнення гірничотехнічних умов, які формально виражаються у змінах не лише глибини відпрацювання родовищ, але й фізико-механічних властивостей самого масиву.

Узятий за основу алгоритм дій, що мав місце на словацьких сидеритових родовищах, можна вважати доцільним до використання для прогнозування попутних і постліквідаційних екологічних заходів і витрат на українських залізорудних родовищах, що перебувають на стадії інтенсивного використання та виснаження.

На стадії пост-майнінгу (етапах інтенсивного використання і виснаження родовищ) важливим фактором є пристосування нормативно-правової бази діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу до нових умов. З одного боку, зміни в цій базі мають забезпечувати правильну геолого-економічну оцінку родовищ з максимальним урахуванням технічних і технологічних факторів їхньої експлуатації, геолого-екологічних ризиків, планування поточних екологічних витрат і передбачення наслідків їхньої розробки і відповідних компенсаційних витрат. З іншого боку, вони мають спонукати до накопичення фінансових ресурсів на ліквідацію родовищ і екологічну реабілітацію територій. Тобто метою цих змін має бути, по можливості, максимальна мінімізація впливу діяльності підприємства на довкілля під час його роботи і створення комфортних умов для життя людини й існування флори і фауни в природно-техногенному середовищі після його ліквідації. З цієї причини пошук шляхів забезпечення надрокористувачів найбільш якісною сировиною, а навколишнє середовище якомога меншими впливами від гірничодобувної діяльності є дуже актуальним, особливо в умовах таких гірничих районів, як Кривий Ріг.

Одним із таких шляхів може стати врахування залежності кількості та якості запасів від включення постліквідаційних витрат до техніко-економічних розрахунків. І як основний параметр у дослідженні доцільно використати мінімальний промисловий вміст корисного компонента як параметр кондицій, що застосовується з метою підрахунку балансових запасів.

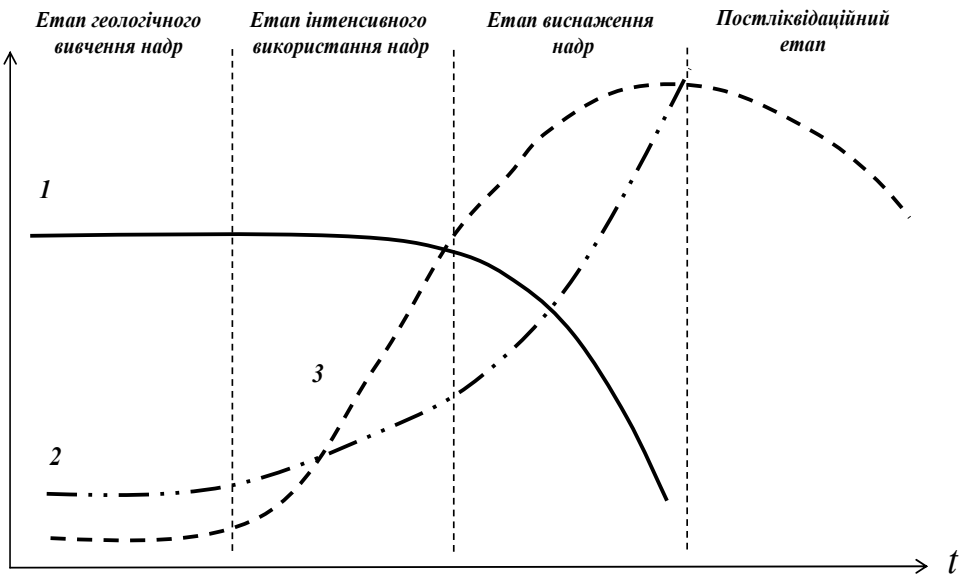

Рис. 1. Характерні зміни геологічних та еколого-економічних показників на родовищах за умови паралельної добувної та рекультиваційної діяльності (*Кошарна, 2019*):
1 – складність гірничотехнічних умов; 2 – поточні витрати; 3 – інвестування екологічної складової

По своїй сутті, *мінімальний промисловий вміст корисного компонента* (C_{min}) є вмістом корисного компонента, який забезпечує рівність витрат на видобуток корисної копалини і переробку товарної продукції та цінності корисного компонента, який при цьому вилучається. Цей показник визначає рівень беззбиткового видобутку та переробки і при цьому забезпечує найбільш тісний зв'язок гірничо-геологічних, технічних, технологічних і економічних характеристик родовища. І в стандартному випадку дана величина визначається таким чином:

$$C_{\min} = \frac{Z \times a}{Ц_{руди} \times (1-p) \times K_{вил}} \times 100\% , \qquad (3)$$

де Z – собівартість; a – вміст корисного компонента в товарній продукції; $Ц_{руди}$ – ціна товарної продукції; p – коефіцієнт розубожування (збіднення); $K_{вил}$ – коефіцієнт вилучення.

Структура ж собівартості у свою чергу обов'язково включає амортизаційні відрахування

$$A = \frac{K_t}{T_{експл}}, \qquad (4)$$

де A – амортизація; K_t – капіталовкладення в постліквідаційні роботи та дослідження; $T_{експл}$ – експлуатаційні витрати.

Об'єктом для розрахунків був обраний кар'єр "Південний", для якого раніше був створений загальний прогнозний кошторис на проведення усіх постліквідаційних робіт і досліджень. Мінімальний промисловий вміст $Fe_{заг}$ було розраховано для двох варіантів вихідних даних:

1) за прогнозними показниками останньої геолого-економічної оцінки запасів багатих залізних руд 2013 р. – C_{min};

2) за прогнозними показниками з урахуванням додаткових капіталовкладень у постліквідаційні дослідження $C_{min\ відкориг.}$;

За проведеними за фактичними, зазначеними у звітах гірничодобувними підприємствами, даними розрахункамии, величина мінімального промислового вмісту корисного компонента сягає 46 %. І за встановленої ціни об'єми запасів руд повторної розробки будуть відповідати тим, що наведені у звітах при розрахунку цієї величини з використанням бортового вмісту $Fe_{заг}$ = 46 %.

Урахування при визначенні мінімального промислового вмісту корисного компонента розрахованих раніше витрат на постліквідаційні роботи та дослідження обумовлює певні зміни його величини. Перш за все амортизаційні відрахування для кар'єру "Південний" на планові 14 років його можливої активності становитимуть 107364,8243 €/рік або ж 3 426 011,543 грн/рік. Тобто відкоригована собівартість формуватиметься за рахунок прийняття до уваги як цієї величини, так і введення інших, таких як: річна собівартість і річна продуктивність з видобутку, і в кінцевому результаті $C_{min\ відкориг.}$ зростає до 51,42 %.

Як випливає із проведених розрахунків, нарощування витрат на постліквідаційні роботи та дослідження певною мірою спричиняє зростання собівартості і відповідно мінімального промислового вмісту корисного компонента. Ще одним фактором, який може вплинути на досліджувану величину (C_{min}), стала ціна руди, що є достатньо динамічною величиною. За її певної величини, для прикладу 500 грн, суттєвих змін не відбувається і зазначений параметр не буде впливати на підрахунок запасів. Проте якщо ціна буде падати ефект буде зворотнім.

Так, маючи ціну руди, можливим є встановлення згаданої різниці шляхом перевірки даних по блоках, використавши один із запропонованих гірничодобувними підприємствами розрахунків об'єму запасів руд повторної розробки з найвищими з прогнозованих варіантів вмістами $Fe_{заг}$ (розрахунок був виконаний з урахуванням бортового вмісту $Fe_{заг}$ = 50,6 %). За умови використання відкоригованого мінімального промислового вмісту корисного компонента (51,42 %) два блоки із дев'яти можуть бути відбраковані внаслідок менших за встановлену планку значень. Як результат із підрахованих запасів випадає 353,6 тис. т, але якість запасів дещо збільшується (табл. 3).

Проведений аналіз двох варіантів визначення балансових запасів, один з яких включав розраховані постліквідаційні витрати, доводить реальність запропонованого шляху забезпечення користувачів надр більш якісною сировиною, а навколишнього середовища – меншими впливами від гірничодобувної діяльності.

Таблиця 3

Зміни обсягів запасів руд повторної розробки при використанні відкоригованого мінімального промислового вмісту корисного компонента ($C_{min\ відкориг}$)

№ блока	Запаси блока, тис. т	Вміст $Fe_{заг}$, %	Запаси блока, тис. т	Вміст $Fe_{заг}$, %
Розрахунок об'єму запасів руд повторної розробки при бортовому вмісті Fe_{ar} = 50,6 %			Розрахунок об'єму запасів руд повторної розробки з урахуванням відкоригованого C_{min} = 51,42 %	
Категорія C_1				
1	347,6	51,31	-------	-------
2	345,4	52,89	345,4	52,89
3	196,4	54,03	196,4	54,03
4	115,1	53,06	115,1	53,06
Усього по C_1	1004,5	52,58	656,9	53,26
Категорія C_2				
5	22,0	51,72	22,0	51,72
6	51,8	52,26	51,8	52,26
7	121,8	51,83	121,8	51,83
8	59,8	51,99	59,8	51,99
9	6,0	51,40	-------	-------
Усього по C_2	261,4	51,93	255,4	51,95
Усього по родовищу:	1265,9	52,45	912,3	52,89

Напрями забезпечення сталого розвитку Кривбасу та підходи до екологічної реабілітації його території. У регіональних аспектах мінерально-сировинна база (МСБ) країни має відповідати не лише загальнодержавним напрямам, а також забезпечувати збалансовану структуру і раціональність використання надр у межах окремих областей, районів. Важливим напрямом, з точки зору раціонального використання надр, є комплексне освоєння родовищ. Висновки щодо комплексного освоєння залізорудних родовищ Кривбасу зводяться до такого (*Плотніков та Курило, 2018*):

1. Характеристики освоєння залізорудних родовищ Кривбасу свідчать про великі можливості комплексного освоєння надр, які базуються на найбільш повному і раціональному використанні наявних ресурсів у межах певної ділянки надр. У першу чергу це стосується супутнього використання нерудної сировини (будівельних матеріалів) іі розробки відходів гірничо-збагачувального виробництва.

2. Доцільність і раціональність певних видів комплексного освоєння надр визначається за результатами геолого-економічної оцінки, яку проводять з урахуванням раціонального використання інших видів природного середовища.

3. Комплексне використання мінеральних ресурсів на початкових етапах (у 1970–1980-х рр.) поліпшувало техніко-економічні показники роботи гірничодобувних підприємств в основному за рахунок збільшення об'єму виробництва та номенклатури товарної продукції.

4. В умовах сучасних ринкових відносин господарювання, промислове значення об'єктів користування надрами, у тому числі й техногенних родовищ, визначається не тільки якісними і кількісними, але й вартісними характеристиками запасів корисних копалин.

Промислове значення техногенних об'єктів має визначатися з урахуванням усіх екологічних, гірничотехнічних, технологічних та екологічних критеріїв і раціонального використання інших складових природного середовища, у тому числі:

- вартості запасів природних і техногенних родовищ, що залежить від кон'юнктури ринку даної мінеральної сировини, зокрема, наявності попиту на продукцію даної якості;
- екологічних наслідків використання не тільки надр, але й земель та інших складових довкілля;
- економічної ефективності розробки основної корисної копалини родовища (основного виробництва гірничого підприємства);
- наявності технічних і технологічних рішень для ефективного освоєння сировини.

Велике значення в забезпеченні розвитку залізорудних регіонів мають рециклінг сировини і переробка відходів. Сталь переробляється на 100 %, це означає, що її можна повторно переробляти в один і той же матеріал з такою ж якістю знову і знову. Розрахунки показують, що при її рециклінгу відбувається значна економія енергії та сировини (більше 1400 кг залізної руди, 740 кг коксівного вугілля та 120 кг вапняку зберігаються для кожної тонни сталевого лому, перетвореного в нову сталь) (*Minerals and Metals, 2016*). Прогнозується, що світовий ринок металобрухту найближчі роки перевищить 800 млн т унаслідок зростання попиту на сталь і більш широкого використання електродугових печей у виробництві сталі. У Кривому Розі вченими успішно розроблено і реалізується інноваційна технологія безвідходної переробки техногенної сировини (окалини прокатних металургійних станів, металургійних шлаків, шламів збагачення руд і будь-яких відходів і річкового осаду, що містять рудні мінерали), яка базується на досягненнях фізики твердого тіла і наномінералогії. Процеси реалізуються у вихровому повітряно-мінеральному потоці й супроводжуються глибокою трансформацією морфології й властивостей мінеральних часток сировини, що переробляється (*Довгий та ін., 2017, 2019*). На виході отримуються рудні концентрати і нерудні продукти широкого використання.

Перспективним напрямком, що забезпечує безвідходне виробництво продукції, є порошкова металургія, яка охоплює виробництво металевих порошків, а також виробів з них або їхніх сумішей з неметалевими порошками (*Порошкова металургія, н.д.*). Серед наявних різноманітних способів обробки металів вона займає своє особливе місце, оскільки дозволяє не тільки робити вироби різних форм і призначень, але й створювати принципово нові матеріали, одержати які іншими шляхом украй важко або взагалі неможливо. Порошкова металургія успішно конкурує з литтям, обробкою тиском, різанням та іншими методами, доповнюючи або заміняючи їх. Вона застосовується в металообробці на заміну технологій обробки різанням з досягненням значного зниження (у 3–5 разів) показників витрат металів, собівартості виробів і підвищення у 1,5–2 рази продуктивності праці. Завдяки структурним особливостям продукти порошкової металургії більш термостійкі, краще переносять дію циклічних коливань температури і напруги, а також ядерного опромінювання, що дуже важливо для матеріалів нової техніки. Але в Україні поки що слабо розвиваються недоменні способи виробництва чорних металів, які є екологічно чистими, а саме електрометалургія і порошкова металургія. У безпосередній близькості до Криворізького басейну – у Правобережному зроблено прогнозну

оцінку запасів і ресурсів магнетитових залізистих кварцитів, придатних для порошкової металургії (*Плотников и Курило, 2010*). Річ тільки в організації й поширенні виробництв, що її застосовують.

На етапі інтенсивного використання і виснаження родовищ, на якому перебуває Кривбас, важливим є пристосування нормативно-правової бази діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу до нових умов. З одного боку, зміни в цій базі мають забезпечувати правильну геолого-економічну оцінку родовищ з максимальним урахуванням технічних і технологічних факторів їхньої експлуатації й геолого-екологічних ризиків, плануванням поточних екологічних витрат і передбаченням наслідків їхньої розробки і відповідних компенсаційних витрат. З іншого боку, такі зміни мають бути спрямовані на накопичення фінансових ресурсів на ліквідацію родовищ та екологічну реабілітацію територій.

Усі технологічні інноваційні рішення так чи інакше впливають на соціально-політичну складову сталого розвитку регіону, що відображаються у комплексі соціальних проблем. Кількість робочих місць на підприємствах та її зміни із введенням нових технологій чи в разі закриття нерентабельних підприємств, заробітна плата та соціальний захист працівників, створення нових робочих місць і працевлаштування звільнених працівників, травматизм і загибель шахтарів тощо мають передбачатися і бути відображені в цифрах державної статистики. Особливо це важливо для розробки масштабної довгострокової програми реструктуризації залізорудної промисловості Кривбасу.

Довготривала експлуатація родовищ і переробки залізних руд басейну мають катастрофічний вплив на навколишнє природне середовище і викликає критичні порушення породного масиву, порушення режиму та забруднення поверхневих і підземних вод, забруднення повітря і ґрунтів. Повністю компенсувати екологічні й економічні збитки в Кривбасі неможливо не лише тому, що на практиці неможливо відновити на території використання надр біоценози, які тут були до розробки родовищ. Також неможливо відновити рельєф, геохімічні й гідрологічні умови та багато іншого. Крім того, при спробі приведення території до початкового стану витрати на їхню екологічну реабілітацію зростають настільки, що втрачаються економічні стимули роботи гірничодобувних і переробних підприємств. Стає очевидним, що треба по можливості максимально мінімізувати вплив на довкілля діяльності підприємств під час їхньої роботи і створити комфортні умови для життя людини та існування флори і фауни в природно-техногенному середовищі після їхньої ліквідації (*Довгий та ін., 2017*).

І.М. Малахов (*Коржнев та Малахов, 2012*) свого часу звернув увагу на можливість використання одного інструмента для ринкового управління процесами техногенезу в геологічному середовищі, який дозволить не тільки залучити додаткові фінансові ресурси на екологічну реабілітацію територій, а й поступово позбавитись від відходів гірничо-металургійного комплексу і повернути заняті ними землі в господарське використання. Мета платежу за використання ресурсу, згідно з І.М. Малаховим, має бути протилежною до тієї, яка існує в природній системі. У природній системі підприємство платить за використання ресурсу. У техногенній екосистемі платити треба навпаки за невикористання техногенних ресурсів – штучних елементів рельєфу, створених у результаті гірничодобувної діяльності. Методику такої плати треба розробити, а саму плату ввести.

Необхідним є наукове обґрунтування і введення в нормативно правову базу проведення гірничих робіт плату за асиміляційний потенціал територій використання надр, яка вже існує в деяких країнах. Накопичення екологічного збитку території починається ще на етапі її геологічного вивчення і триває під час усього періоду експлуатації родовища. Частина цього збитку гаситься (компенсується) за рахунок асиміляційного потенціалу території, а частина за рахунок поточних витрат на екологічну реабілітацію, передбачених розділом проекту робіт "Оцінка впливу на довкілля". У разі введення плати за асиміляційний потенціал вона повинна концентруватися на екологічних статтях державного бюджету і витрачатися у вигляді дотацій на екологічну реабілітацію територій.

Фінансові ресурси на екологічну реабілітацію, що супроводжуть ліквідацію родовища, реально можна зібрати тільки під час його експлуатації за рахунок прибутків від продажу сировини. Для цього доцільно відкрити спеціальний рахунок підприємства. Сума накопичених на цьому рахунку коштів має бути дисконтована на весь період розробки родовища і відповідати реальним майбутнім витратам на екологічну реабілітацію території зі створенням комфортних умов для життя людини та існування флори і фауни. Для цього й потрібна геолого-економічна оцінка (ГЕО) майбутнього екологічного збитку, накопиченого на етапах геологічного вивчення й експлуатації родовища. Розрахунок відрахувань на згаданий вище спеціальний рахунок має проводитися за детальної ГЕО перед початком будівництва гірничодобувного підприємства, коли визначаються показники економічної ефективності й доцільності його проектування і будівництва. Потім сума цих відрахувань буде уточнюватися і коригуватися на етапах інтенсивної експлуатації й виснаження родовища (*Кошарна, 2019*).

Крім того, серед основних напрямів поліпшення екологічної ситуації в районах діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу треба відмітити економічну доцільність поступового зміщення акцентів металургійних комбінатів з використання продуктів переробки залізних руд на металобрухт, а переробних підприємств – на переробку відходів.

Вивчення розподілу важких металів на техногенних об'єктах гірничозбагачувальних комбінатів Кривого Рогу підтвердило висновок інших дослідників про те, що основним джерелом надходження важких металів у ґрунти в Кривому Розі є шлаки і дими металургійних підприємств (*Довгий та ін., 2017*). Таким джерелом не можуть бути шлами переробних підприємств унаслідок низького вмісту елементів-домішок у породах залізисто-кременевих формацій. Практичним кроком до зменшення забруднення територій видобутку і переробки залізних руд важкими металами є рекомендація підприємствам, які переробляють вторинну металургійну сировину, відмовитись від існуючої надзвичайно шкідливої практики циклічного (багаторазового) її залучення до переробки. Більш ефективною й екологічно безпечною є одноразова переробка такої сировини з максимальним вилученням залізовмісних мінералів і повним використанням відходів збагачення в будівельній та інших галузях народного господарства (*Довгий та ін., 2019*).

Крім зазначеного вище, у Кривому Розі необхідно активно запроваджувати різноманітні екологічні програми від державного до місцевого рівня із чітким розподілом фінансування заходів, спрямованих на охорону та відновлення окремих складових геологічного середовища (*Кошарна, 2019*). Процеси децентралізації зі зростанням наповнення місцевих бюджетів сприяють цьому. Будь-які програми екологічної реабілітації повинні спиратися на постійно діючу прогнозну модель геологічного середовища Кривбасу, в основу якої мають бути покладені налагоджені системи моніторингу різних його складових

(гідрогеологічної, інженерно-геологічної, сейсмічної, забруднення ґрунтів і поверхневих водойм та ін.). При створенні й функціонуванні такої моделі фінансові ресурси будуть розподілятися більш раціонально на попередження і розв'язання конкретних екологічних проблем, які можуть виникати у випадку реалізації розрахованих у такій моделі найбільших екологічних ризиків.

Висновки. Розвиток України як сировинної держави обумовив високий ступінь виснаження окремих природних ресурсів і переобтяженість економіки важкими галузями виробництва. Ресурсо- та енергоємність застарілих технологій початку минулого століття, які використовуються у вітчизняній промисловості, призвели до важких екологічних наслідків, критичних порушень довкілля і балансу біосфери, особливо в межах розвинутих пост-майнінгових територій, найбільш типовим представником яких є територія Криворізького залізорудного басейну. Вона добре вивчена в геологічному, ресурсному, економічному та екологічному відношенні. Треба скласти стратегію і чітку програму її подальшого сталого (збалансованого) розвитку як пост-майнінгової території з урахуванням досвіду інших країн. Зрозуміло, що така програма має бути основана на даних екологічного моніторингу всіх складових геологічного середовища. З урахуванням досвіду зарубіжних країн необхідно розробити і на законодавчому рівні закріпити механізми реалізації програм сталого розвитку окремих пост-майнінгових територій України залежно від їхніх індивідуальних економічних, екологічних і соціальних умов.

Список використаних джерел

Амоша, О.І., Булєєв, І.П., Землянкін, А.І. та ін. (2017). Промисловість України – 2016: стан та перспективи розвитку. Ін-т економіки промисловості.

Довгий, С.О, Коржнев, М.М., Трофимчук, О.М. та ін. (2017). Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони. К. : Ніка-Центр.

Довгий, С.О., Трофимчук, О.М., Яковлєв, Є.О. та ін. (2019). Стратегічні напрями реструктуризації Донецького вугільного і Криворізького залізорудного басейнів в умовах трансформацій енергетичної сфери. К. : Ніка-Центр.

Довгий, С.О., Шестопалов, В.М., Коржнев М.М. та ін. (2007). Реструктуризація мінерально-сировинної бази Украйни та її інформаційне забезпечення. К. : Наук. думка.

Коржнев, М.М., Малахов, І.М. (2012). Техногенні форми рельєфу та оцінка екологічних ризиків і збитків гірничодобувної діяльності у Криворізькому залізорудному басейні. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченко. Геологія,* 58, 46–50.

Кошарна, С.К. (2019). Геолого-економічна оцінка залізорудних родовищ Криворізького басейну на етапі інтенсивного використання і виснаження запасів : *автореф. дис. … канд. геол. наук: 04.00.19*. Київ.

Міщенко, В.С. (1998). Екоресурсні платежі в Україні. *Економіка України*, 10, 40–46.

Плотников, А.В., Курило, М.М. (2010). Прогнозная оценка запасов и ресурсов Правобережного района Украинского щита – наиболее перспективной сырьевой базы для качественной металлургии. *Горная промышленность*, Спецвыпуск, 42–47.

Плотніков, О.В., Курило, М.М. (2018). Геолого-економічні чинники промислового значення супутніх корисних копалин залізорудних родовищ Кривбасу. *V міжнар. наук.-практ. конф. "Надрокористування в Україні. перспективи інвестування", 8-12 жовт. 2018 р., Трускавець,* 1, 261–265

Порошкова металургія. (н.д.). Отримано 27 січня 2020, із https://uk.wikipedia.org/wiki/

Рудько, Г.І., Яковлєв, Є.О. (2018). Регіональні техногенні зміни еколого-геодинамічних умов розробки залізорудних родовищ Кривбасу. *Мінеральні ресурси України*, 2, 43–50.

Batterham, R. (2014). Lessons in sustainability from the mining industry. *2nd International Symposium on Innovation and Technology in the Phosphate Industry "SYMPHOS 2013". Procedia Engineering*, 83(2014), 8–15.

Chen, K.H. (2018). Research of mining wasteland reclamation and regeneration modes in Shendong Mining Region. *4th International Conference on Agricultural and Biological Sciences, Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 185, 14. doi :10.1088/1755-1315/185/1/012027.

Cojean, R., Franco, N., Lazarewicz, J.-C. et al. (2005). The post-mining context at Decazeville-Firmi concession (Aveyron, France): analysis of impacts resulting from the cessation of pumping at the central shaft. Survey of various scenarios related to the water level of the Pit lake in the Grande Decouverte. *Post mining Symposium, Nov 2005, Nancy, France*. Retrieved January 25, 2020, from https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00972519

Cotula, L., Mouan, C. (2018). Special economic zones: engines of development or sites of exploitation? Retrieved January 20, 2020, from http://pubs.iied.org/17481IIED

Fagiewicz, K., Mękarski, M. (2018). Ecological and social aspects in the management of post-mining areas. An example of the Adamów lignite basin. *Civil and environmental engineering reports,* 28 (3), 50–64. doi: 10.2478/ceer-2018-0034

Heymann, E., Vetter, S. (2013). Europe's re-industrialization. The gulf between aspiration and reality. Frankfurt am Main: Deutsche Bank AG, DB Research, 2

Kokko, K., Buanes, A., Koivurova, T. et al. (2015). Sustainable mining, local communities and environmental regulation. *Barents Studies: Peoples, Economies and Politics*, 2, 50–81.

Kretschmann, J., Efremenkov, A., Khoreshok, A. (2017). From Mining to Post-Mining: The Sustainable Development Strategy of the German Hard Coal Mining Industry. Ecology and safety in the technosphere: current problems and solutions. *Earth and Environmental Science,* 50, 9. doi:10.1088/1755-1315/50/1/012024

Mehta, P.S. (2002). The Indian Mining Sector: Effects on the Environment & FDI Inflows. *CCNM global forum on international investment and the Environment: Lessons to be learned from the Mining Sector. 7-8 February, Paris, France*.

Minerals and Metals Fact Book. (2016). Natural Resources Canada.

Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD). (n.d.). Retrieved January 24, 2020, from https://www.iied.org/mining-minerals-sustainable-development-mmsd.

Sardinha, I., Carolino, J., Mendes, I., Verga Matos, P. (2010). The rehmine research project: the threefold value of São Domingos abandoned mine rehabilitation in southern Portugal. *WIT Transactions on Ecology and the Environment,* 141, 28-38. WIT Press: ISSN 1743-3541. Retrieved January 18, 2020, from www.witpress.com. doi:10.2495/BF100031,

Sklenicka, P., Prikryl, I., Svoboda, I.,Lhota, T. (2004). Non-productive principles of landscape rehabilitation after long-term opencast mining in north-west Bohemia. *Journal of The South African institute of Mining and Metallurgy*, 83–88.

References

Amosha, O., Bulieiev, I., Zemliankin, A. et al. (2017). Ukrainian Industry - 2016: state and prospects of development. Institute of Industrial Economics. [in Ukrainian]

Batterham, R. (2014). Lessons in sustainability from the mining industry. *2nd International Symposium on Innovation and Technology in the Phosphate Industry"SYMPHOS 2013". Procedia Engineering*, 83 (2014), 8–15.

Chen K.H. (2018). Research of mining wasteland reclamation and regeneration modes in Shendong Mining Region. *4th International Conference on Agricultural and Biological Sciences, Conf. Series: Earth and Environmental Science,* 185, 14. doi :10.1088/1755-1315/185/1/012027.

Cojean, R., Franco, N., Lazarewicz, J.-C. et al. (2005). The post-mining context at Decazeville-Firmi concession (Aveyron, France): analysis of impacts resulting from the cessation of pumping at the central shaft. Survey of various scenarios related to the water level of the Pit lake in the Grande Decouverte. *Post mining Symposium, Nov 2005, Nancy, France*. Retrieved January 25, 2020, from https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00972519.

Cotula, L., Mouan, C. (2018). Special economic zones: engines of development or sites of exploitation? *IIED Briefing*. Retrieved January 20, 2020, from http://pubs.iied.org/17481IIED.

Dovhyi, S., Korzhnev, M., Trofymchuk, O. et al. (2017). Geological structure and modern geological, economic and ecological conditions of extraction and processing of iron ores of Kryvyi Rih-Kremenchug zone. [in Ukrainian]

Dovhyi, S., Shestopalov, V., Korzhnev, M. et al. (2007). Restructuring of the Ukrainian Mineral and raw materials Base and its information provision. Kyiv. [in Ukrainian].

Dovhyi, S., Trofymchuk, O., Yakovliev, E. et al. (2019). Strategic directions of restructuring of Donetsk coal and Kryvyi Rih iron ore basins in the conditions of transformations of energy sphere. Kyiv. [in Ukrainian].

Fagiewicz, K., Mękarski, M. (2018). Ecological and social aspects in the management of post-mining areas. An example of the Adamów lignite basin. *Civil and environmental engineering reports*, 28 (3), 50–64. doi: 10.2478/ceer-2018-0034.

Heymann, E., Vetter, S. (2013). Europe's re-industrialization. The gulf between aspiration and reality. Frankfurt am Main: Deutsche Bank AG, DB Research, 2.

Kokko, K., Buanes, A., Koivurova, T. et al. (2015). Sustainable mining, local communities and environmental regulation. *Barents Studies: Peoples, Economies and Politics*, 2, 50–81.

Korzhnev, M., Malakhov, I. (2012). Technogenic landforms and estimation of ecological risks and losses of mining activities in Kryvyi Rih iron ore basin. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 58, 46-50. [in Ukrainian]

Kosharna, S. (2019). Geological and economic estimation of iron-ore deposits of the Kryvyi Rih basin on the stage of the intensive use and exhaustion of reserves. *Extended abstract of Candidate's thesis (Economic geology).* Kyiv. [in Ukrainian]

Kretschmann, J., Efremenkov, A., Khoreshok, A. (2017). From Mining to Post-Mining: The Sustainable Development Strategy of the German Hard Coal Mining Industry. Ecology and safety in the technosphere: current problems and solutions. *Earth and Environmental Science,* 50, 9. doi:10.1088/1755-1315/50/1/012024

Mehta, P.S. (2002). The Indian Mining Sector: Effects on the Environment & FDI Inflows. *CCNM global forum on international investment and the Environment: Lessons to be learned from the Mining Sector, 7-8 February, Paris, France*.

Minerals and Metals Fact Book. (2016). Natural Resources Canada.

Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD). (n.d.). International Institute for Environment and Development. Retrieved January 24, 2020, from https://www.iied.org/mining-minerals-sustainable-development-mmsd

Mishchenko, V. (1998). Eco-Resource Payments in Ukraine. *Economy of Ukraine*, 10, 40–46. [in Ukrainian]

Plotnikov, A., Kurylo, M. (2010). Predictive estimation of the the reserves and resources of the Right-Bank District of the Ukrainian Shield - the most promising raw material base for qualitative metallurgy. *Mining,* Special issue, 42–47. [in Ukrainian]

Plotnikov, A., Kurylo, M. (2018). Geological and economic factors of industrial value of associated minerals of Kryvbas iron ore deposits. *Conf. Subsurface use in Ukraine: prospects for investing, Truskavets, 8-12 October, 2018,* 1, 261–265. [in Ukrainian]

Powder metallurgy. (n.d.). Retrieved January 25, 2020, from https://uk.wikipedia.org/wiki/ [in Ukrainian]

Rudko, G., Yakovliev, E. (2018). Regional technogenic changes of ecological-geodynamic conditions of Kryvbas iron ore deposits development. *Mineral resources of Ukraine*, 2. 43-50. [in Ukrainian]

Sardinha, I., Carolino, J., Mendes, I., Verga Matos, P. (2010). The rehmine research project: the threefold value of São Domingos abandoned mine rehabilitation in southern Portugal. *WIT Transactions on Ecology and the Environment,* 141, 28-38., WIT Press: ISSN 1743-3541. Retrieved January 18, 2020, from www.witpress.com. doi:10.2495/BF100031

Sklenicka, P., Prikryl, I., Svoboda, I., Lhota, T. (2004). Non-productive principles of landscape rehabilitation after long-term opencast mining in north-west Bohemia. *Journal of The South African institute of Mining and Metallurgy*, 83-88.

Надійшла до редколегії 07.09.2020

M. Korzhnev, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.,
E-mail: mnkorzhnev@google.com;
Institute of Telecommunications and Global Information Space,
13 Chokolivsky Ave., Kyiv, 03386, Ukraine;
M. Kurilo, PhD (Geol.), Assoc. Prof.,
E-mail: kurilo@mail.univ.kiev.ua;
S. Kosharna, PhD (Geol.), E-mail: sofiia.kosharna@ukr.net;
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology,
90 Vasilkivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

APPROACHES TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE KRYVYI RIH IRON ORE BASIN PLANNING AT THE POST-MINING STAGE

Environmental problems in Ukraine's post-mining territories critically worsen the living conditions of the population and do not contribute to the country's growth under conditions of sustainable development. The programs of their ecological rehabilitation and further development should be individual, taking into account the specificity of the territories. The list of criteria that affect the specificity of risk assessment in the Kryvyi Rih basin can be supplemented with the atypical landscape, which is expressed in the forms of man-made relief and creates conditions for activation of exogenous geological processes. Any environmental rehabilitation programs should be based on a permanent forecast model of the Kryvbas geological environment, which should be based on well-established monitoring systems of its various components (hydrogeological, geological engineering, seismic, soil and surface water pollution and others). With the establishment and operation of such model, financial resources will be more rationally allocated to prevent and solve specific environmental problems that may arise in case the highest calculated in this model environmental risks are realized. The created forecast of monitoring costs for typical Kryvbas post-mining objects at the end of their actual life cycle is based on the use of monitoring (done by investors on Slovak sites) weighted average cost. Also for the Kryvyi Rih objects two variants of balance reserves determination were analyzed. One of them, which included calculated post-liquidation expenses, proves the reality of the proposed way of providing subsurface users with better quality raw materials, and the environment - with less impacts from mining.

The purpose of the study is to identify the main approaches to the planning process of the Kryvyi Rih basin sustainable development at the post-mining stage. The directions of ensuring Kryvbas sustainable development and approaches to ecological rehabilitation of its territory were also contemplated.

Keywords: territories of post-mining, environmental monitoring, environmental risks, permanent forecasting model of the geological environment, directions of ensuring Kryvbas sustainable development, environmental rehabilitation programs.

М. Коржнев, д-р геол.-минералог. наук, проф.,
E-mail: mnkorzhnev@gmail.com;
Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства,
бул. Чоколовский, 13, г. Киев, 03386, Украина;
М. Курило, канд. геол. наук, доц.,
E-mail: kurilo@mail.univ.kiev.ua;
С Кошарна, канд. геол. наук,
E-mail: sofiia.kosharna@ukr.net;
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ПОДХОДЫ К ПЛАНИРОВАНИЮ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КРИВОРОЖСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО БАССЕЙНА НА СТАДИИ ПОСТ-МАЙНИНГА

Проблемы окружающей среды на территориях пост-майнинга Украины критически ухудшают условия жизнедеятельности населения и не способствуют росту страны на условиях устойчивого развития. Программы их экологической реабилитации и дальнейшего развития должны быть индивидуальными, с учетом специфики территорий. В перечень критериев, влияющих на специфику оценки рисков в Криворожском бассейне, можно отнести атипичность ландшафта, которая выражена в формах техногенного рельефа и создает условия для активизации экзогенных геологических процессов. Любые программы экологической реабилитации должны опираться на постоянно действующую прогнозную модель геологической среды Кривбасса, в основу которой должны быть положены налаженные системы мониторинга различных его составляющих (гидрогеологической, инженерно-геологической, сейсмической, загрязнения почв и поверхностных водоемов и других). При создании и функционировании такой модели финансовые ресурсы будут распределяться более рационально на предупреждение и решение конкретных экологических проблем, которые могут возникать в случае реализации рассчитанных в такой модели крупнейших экологических рисков. Сделанный прогноз расходов на мониторинг для типичных объектов пост-майнинга Кривбасса по завершению их фактического жизненного цикла базируется на использовании средневзвешенной стоимости мониторинга, проводимого инвесторами на словацких объектах. Проведенный для криворожских объектов анализ двух вариантов определения балансовых запасов, один из которых включал рассчитанные постликвидационные расходы, доказывает реальность предложенного пути обеспечения пользователей недр более качественным сырьем, а окружающую среду – меньшими воздействиями от горнодобывающей деятельности.

Целью исследования является определение основных подходов к планированию устойчивого развития Криворожского бассейна на стадии пост-майнинга. Намечены направления обеспечения устойчивого развития Кривбасса и подходы к экологической реабилитации его территории.

Ключевые слова: территории пост-майнинга, экологический мониторинг, экологические риски, постоянно действующая прогнозная модель геологической среды, направления обеспечения устойчивого развития Кривбасса, программы экологической реабилитации.