

## **ЗАКОНОМІРНОСТІ ТА МЕХАНІЗМ ПРОЦЕСУ СУЧАСНОГО ВИВІТРЮВАННЯ ВІДВАЛЬНИХ ШАХТНИХ ПОРІД ЯК ОСНОВА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЙ**

Процес сучасного вивітрювання відвальних шахтних порід та відходів вуглезбагачення поданий як ланцюг сполучених хімічних реакцій, які об'єднані у систему. Запропоновано механізм процесу сучасного вивітрювання, виділено два типи вивітрювання, визначено фактори та індикатори для кожного з типів, що дозволяє прогнозувати ступінь екологічної небезпеки територій.

**Ключові слова:** відвальні шахтні породи, процеси сучасного вивітрювання, солевміст.

Процесс современного выветривания отвальных шахтных пород и отходов углеобогащения представлен в виде цепи сопряженных химических реакций, которые объединены в систему. Предложен механизм процесса выветривания, выделено два типа выветривания и определены индикаторы для каждого из типов, что позволяет прогнозировать степень экологической опасности территорий.

**Ключевые слова:** отвальные шахтные породы, процессы современного выветривания, солесодержание.

Physical-chemical processes taking place in mining wastes during their storage on the surface have been dealt with. It was been proven that mining wastes undergo processes has been established. Two types of current decomposition different in their reactions have been singled out. The dependence between the type of decomposition and quantitative qualitative composition of washed-out product has defined.

**Key words:** mining wastes, mining wastes undergo processes, soil contamination.

**Вступ.** У теперішній час у всьому світі спостерігається підвищена цікавість до багатотоннажних відходів та породних відвалів гірничодобувних підприємств, для яких використовують термін «техногенні родовища». Ці «техногенні родовища» можна розглядати як сировину для будматеріалів. Для того, щоб залучити відходи до переробки і включити в господарський колообіг необхідно уявляти, яким змінам підлягають відходи в умовах різких змін термодинамічних параметрів та в умовах переміщення порід з глибини на поверхню. Існуючі дослідження частіше спрямовані на оцінку запасів і ресурсів цінних компонентів, які знаходяться у відвалах з метою їх подальшого використання. Гео-екологічні проблеми виявлення особливостей зонального перерасподілу речовин за час зберігання відходів не знайшли достатнього обговорення [1-4].

Екологічний стан територій, на яких відбуваються складування відходів, безпосередньо пов'язаний з реальною небезпекою вторинного забруднення довкілля за рахунок процесів розсіювання компонентів, які здатні вилуговуватись з відходів природними і техногенними водами [5].

**Постановка проблеми.** Метою роботи є встановлення закономірностей процесу вилуговування та виносу речовин з відходів вугледобування для оцінки їх екологічної безпеки.

**Викладення основного матеріалу.** Дослідження проводились для відвальних шахтних порід і відходів вуглезбагачення Західного Донбасу. Особливість розміщення відходів вугледобування у Західному Донбасі полягає в тому, що вони не тільки складуються у відвали, але і використовуються для будівництва дамб, які огорожують русло річки Самари та штучних водойм, а також для проведення робіт з рекультиватії. Потребує відповідно оцінки їх екологічного впливу на довкілля, що дозволить прогнозувати винос речовин у процесі вивітрювання. Сучасне вивітрювання складається з процесів вилуговування виносу та утворення нових сполук. Вивчення кожного з цих процесів потребує спеціальних методів та методик, які дозволять врахувати той факт, що у відвали складуються породи з від-

мінними особливостями літологічного, мінералогічного та хімічного складу, що відповідно обумовлює особливості перебігу фізико-хімічних процесів. Геохімічні процеси у природно-техногенних системах, які сформувалися на територіях вугледобування, являють собою низку пов'язаних між собою і з довкіллям сукупностей підсистем з прямими і зворотніми потоками речовини і енергії. Складність фізико-хімічних перетворень у системах «тверді відходи-атмосферні осадки», «тверді відходи-грунти-рослини» та значна кількість можливих зв'язків між ними практично унеможливають чисто аналітичне відтворення процесів у часі та просторі. Тому перспективним напрямком досліджень у таких системах є моделювання. За його допомогою можливо варіювати різні зовнішні фактори, що впливають на процес, охопити багато властивостей об'єкту і встановити закономірності перебігу процесів, які відбуваються у природно-техногенних системах.

Запропонована методика лабораторного моделювання процесів вилуговування дозволяє виділити вплив окремих факторів на хімічний склад речовини, яка надходить у довкілля у процесі виносу з шахтних порід хімічних речовин. Для того, щоб одержати уявлення щодо якісного та кількісного складу виносу та обґрунтувати хімізм процесів, які при цьому відбуваються, ми вивчали склад рівноважних водних розчинів для порід, які відсипані у відвали у різний час та в різних геоморфологічних умовах. Моделювали зональні геохімічні закономірності гіпергенезу, які обумовлені режимом зволоження. У процесі вивітрювання вивчали найбільш рухому водно-солеву складову. Модельні експерименти проводились для вивчення порід з відвалів, ділянок рекультивациі, а також проб порід, які були відібрані з різної глибини і знаходились на поверхні різний за тривалістю час.

Літологічне, мінералогічне і хімічне дослідження відвальних порід і відходів вуглезбагачення Західного Донбасу показало, що вони складаються з дрібнозернистих піщаників (5-10 %), алевролітів та алевритових порід (18-32 %), глинистих порід (38-40 %), вуглистих алевролітів (15-21 %), піритових та карбонатних конкрецій (5-10 %). У відходах вуглезбагачення знайдено такі мінерали: каолініт (18-30 %), гідрослюда (36,5-56,0 %), мусковіт (1,4-1,8 %), кварц (2,7-9,7 %), карбонат (2,9-3,0 %), пірит (до 5 %).

Для оцінки складу порід використовували метод водних фракцій модифікований у двох варіантах. У першому варіанті проводили експериментальні дослідження щодо послідовного вилуговування речовин з однієї і тієї ж наважки породи постійною кількістю розчинника (дистильованої води) та за умов постійного часу дії розчинника на породу. Максимальний винос визначався як сума результатів окремих дослідів, кількість яких складала 4-5. Другий варіант експериментів включав вивчення впливу на динаміку вилуговування співвідношення «порода-вода», яке змінювалось від 1:1 до 1:10. У одержаних таким чином фракціях визначали вміст наступних іонів: карбонат, бікарбонат, хлорид, сульфат, кальцій, натрій, магній та значення кислотно-лужного показника. Встановлені закономірності вилуговування солевих компонентів з шахтних порід під дією розчинників показали, що кількість солей, які виносяться з породи у довкілля, з підвищенням кількості розчинника відповідно росте. Доведено, що маса речовини (у мг), яка при цьому вилуговується з шахтної породи і має нейтральну реакцію водної фракції, прямопропорційна об'єму розчинника ( $x$ ,  $\text{дм}^3$ ) у діапазоні співвідношень «Т:Р» від 1:1 до 1:5 і описується рівнянням:  $y=0,60x + 0,19$ . Для порід с кислою реакцією водної фракції кількість солей, які вилуговуються, у масовому відношенні буде вищою:  $y=0,75x + 0,29$ . У обох випадках вилуговування солей з порід апроксимується кривою, яка має характер кривої насичення, при цьому у діапазоні співвідношень між твердою та рідкою фазами від 1:5 до 1:20 маса виносу речовин підвищується лише на 5 %.

Підвищення об'єму розчинника, який діє на породу, призводить не тільки до підвищення кількості солей, які вилуговуються, але й викликає зміну їх якісного складу, у водній фракції зростає вміст карбонат іонів. У діапазоні співвідношень між твердою та рідкою фазами від 1:1 до 1:5 залежність вмісту карбонатів від кількості розчинника описується рівнянням:  $y=0,75x + 1,2$ .

Результати, одержані при моделюванні процесу вилуговування, дозволяють стверджувати, що механізм цього процесу складається з конгруентного розчинення хлоридних і сульфатних сполук, а також гідролізу та розчинення карбонатів породи. Активне надходження у довкілля солей за рахунок вилуговування обмежується періодом, який відповідає встановленню термодинамічної рівноваги з обмінним поглинальним комплексом породи. Експериментально визначена ємність катіонного обміну для різних порід Західного Донбасу, встановлено, що вона знаходиться в межах 13-15 мг-екв/100г. Можна вважати, що саме перебіг обмінних процесів більшою мірою характерний для осінньої та вес-

няної пори року, тобто за умов максимального зволоження України. Підтвердженням цього процесу є те, що на окремих ділянках дамб Західного Донбасу, які складені з відвальних шахтних порід, спостерігаються карбонатні стяжіння.

Загальний вміст хлоридних солей в породах досягає 13 %, що зв'язано з високою розчинністю цих солей. Для повного їх видалення зі зразка породи достатньо співвідношення Т:Р=1:1. Для порід, які мають кислу реакцію водної фракції, хлорид натрію не є характерним, у цьому разі вилуговується лише хлорид магнію. Оскільки хлорид натрію є антогонистом сульфату кальцію, то наявність у породі навіть 2 % хлориду натрію призводить до повного розчинення гіпсу. Встановлено, що у породах з кислою реакцією водної фракції переважають сульфатні солі, які представлені сульфатами магнію, натрію і кальцію. Переважаючий вміст сульфатних сполук у породах безперечно пов'язаний з процесами окислення піриту, наявність якого є характерною ознакою для порід Західного Донбасу. Сума усіх сульфатних сполук, які вилуговуються з шахтних порід за умов кислої реакції водної фракції складає 70 % від загальної кількості проти 40 % для порід з нейтральною реакцією водної фракції. Потенційний запас солей та інтенсивність їх виносу з відвальних порід Західного Донбасу одержані також за результатами моделювання процесів вилуговування шляхом послідовної обробки одного зразка породи п'ятьма об'ємами води.

Найменша кількість розчинника потрібна для вилуговування хлоридних солей, вони вимиваються швидко і, практично, повністю. Зниження загального солевмісту ( $y$ ) у процесі вилуговування порід контролюється зміною вмісту саме сульфатних солей ( $x$ ):  $y=1,2x + 0,09$ , при цьому винос речовин змінюється від 0,5 % до 1 %. Доведено, що за мірою зниження вмісту солей у породі інтенсивність їх вилуговування також знижується. Так, для порід з нейтральною реакцією водної фракції процес виносу при послідовному вилуговуванні таким чином змінюється, %: 41,0-18,8-14,3-25,5; відповідно для порід з кислою реакцією, %: 73,0-14,7-5,4-3,6-3,2. Встановлено, що незалежно від того, чи відбувається процес вилуговування під дією розчинника в вигляді одного етапу чи декількох послідовних етапів, загальна кількість солей, які перейшли у розчин, залишається постійною (різниця між цими двома варіантами не перевищує 5 %).

Таким чином, результати досліджень, які одержані у модельних експериментах, дозволили встановити, що при зміні термодинамічних умов, пов'язаних з переміщенням шахтних порід на денну поверхню, приводить до змін у хімічному складі та поглинальному комплексі порід. Моделювання вилуговування солей з порід дозволило встановити основні фізико-хімічні процеси, які контролюють сучасне вивітрювання шахтних порід Західного Донбасу. Характер процесів, які при цьому відбуваються, покладений в основу механізму сучасного вивітрювання. Виділено два типи процесів сучасного вивітрювання та запропоновано індикатори для кожного з них. Перший тип вивітрювання – це процеси конгруентного розчинення хлоридних і сульфатних солей лужних та лужноземельних елементів, гідроліз алюмосилікатів і карбонатів, заміщення у обмінному поглинальному комплексі порід. Встановлено, що індикатором першого типу вивітрювання є значення кислотно-лужного показника у діапазоні від 6,8 до 8,4 та наявність наступних солей: гідрокарбонату, сульфату і хлориду натрію. Доля окремих компонентів від загального виносу солей за першим типом становить: хлоридів від 60 % до 70 %, сульфатів – від 25 % до 35 %, гідрокарбонатів – від 5 % до 10 %. Другому типу вивітрювання відповідають: процеси окислення піриту, сірчаноокисле розчинення силікатів і карбонатів. Наявність у водної фракції сульфату магнію і кальцію та рН водної фракції від 2,9 до 4,2 слугує індикатором другого типу вивітрювання. Винос солей під дією атмосферних вод за другим типом вивітрювання у 2-4 рази більший, ніж при першому.

**Висновки.** Таким чином, на основі використання запропоновані методики лабораторного моделювання, а також зіставлення результатів цього моделювання і натурних спостережень, визначено закономірності та запропоновано механізм процесів сучасного вивітрювання шахтних порід, які складуються у відвали і терикони. У залежності від перебігу процесів у системі «відвальна порода-атмосферні осадки» виділено два типи вивітрювання. Визначено особливості цих типів та одержані математичні залежності, які дозволяють оцінити ступінь екологічної небезпеки відходів. Доведено, що відвальні шахтні породи за рахунок вилуговування з них речовин та наступної міграції становлять реальну загрозу для функціонування екосистеми.

### Література

1. Gislason S.R., Eigster N.R. Meteoric water basalt interactions: II. A field study in N.E. Iceland // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1987. – V. 51. – P. 28-41, 28-55.
2. Глазовский Н.Ф. Техногенные потоки вещества в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука, 1982. – С.7-28.
3. Калабин Г.В. Исследование процессов выветривания минеральных доходов добычи и переработки апатито-нефелиновых руд // *Геоэкология*. – 2000. – № 1. – С. 111-116.
4. Кроик А.А. Экологическая безопасность: проблемы загрязнения объектов окружающей среды при хранении твердых отходов // *Вісник Дніпропетр. ун-ту. Геологія. Географія*. – 2004. – № 5. – С. 96-101.
5. Мазухина С.И. Физико-химическое моделирование процесса выщелачивания нефелина под воздействием кислых атмосферных осадков / С.И. Мазухина, Г.В. Калабин, В.К. Коржавин, О.К. Карпов // *Геоэкология*. – 1997. – № 5. – С. 96-101.

*Поступила в редакцію 20 березня 2012 р.*

## ЗБАЛАНСОВАНЕ РЕСУРСОКОРИСТУВАННЯ

*Приходько М.М.<sup>1</sup>, Приходько М.М.<sup>2</sup> (старший),  
Приходько Н.Ф.<sup>3</sup>, Косило Л.С.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Івано-Франківській національний технічний  
університет нафти і газу,*

*<sup>2</sup>Карпатський національний природний парк,*

*<sup>3</sup>Український науково-дослідний інститут  
гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака*

### ЗБАЛАНСОВАНЕ РЕСУРСОКОРИСТУВАННЯ (ТЕОРЕТИЧНИЙ АСПЕКТ)

Викладені теоретичні основи збалансованого ресурсокористування. Обґрунтована необхідність формування у процесі ресурсокористування гармонійних взаємовідносин з природним середовищем і створення культурних ландшафтів.

**Ключові слова:** збалансоване ресурсокористування, концепція, принципи, геосистема.

Изложены теоретические основы сбалансированного ресурсопользования. Обоснована необходимость формирования в процессе ресурсопользования гармонийных взаимоотношений с природной средой и создания культурных ландшафтов.

**Ключевые слова:** сбалансированное ресурсопользование, концепция, принципы, геосистема.

The article deals with the theoretical basis of a balanced resource management. In the article has been observed the necessity of forming in the process of resource relationship with the natural environment and the creation of cultural landscapes.

**Keywords:** balanced resource management, concept, principles, geosystem.

**Актуальність теми та аналіз попередніх досліджень.** Протягом багатьох століть суспільство дотримувалось і дотримується тепер шляху свого розвитку, принципом якого є «споживання ресурсів заради економічного зростання». У середині ХХ-го століття криза у взаємовідносинах суспільства