

Список литературы

1. Желтым Водам – 100, Пригожин Ю.И., Калюжный Н.И., Кривоносов Ю. М., Меркушев Н.А., Днепропетровск “СІЧ”, 1995г.- 118с.
2. Добыча и переработка урановых руд в Украине: Монография. – К.: «АФЕД-Украина», 2001.-238с.
3. Контроль радіаційної обстановки на залізородних шахтах України. СОУ-Н МПП 17.240-046:2005 Мінпромполітики України, 2005.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Собком Б.Ю.
Надійшла до редакції 30.05.2013*

УДК 504.064.36:550.4

© А.А. Коваленко, А.В. Павличенко

ДОСЛІДЖЕННЯ МІГРАЦІЙНОЇ АКТИВНОСТІ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ТЕРИТОРІЯХ РОЗМІЩЕННЯ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ

Проаналізовані особливості впливу породних відвалів на рівні забруднення об'єктів навколишнього середовища. Встановлені особливості міграції важких металів з породних відвалів залежно від їх внутрішнього та зовнішнього фізико-хімічного стану.

Проанализированы особенности влияния породных отвалов на уровни загрязнения объектов окружающей среды. Установлены особенности миграции тяжелых металлов из породных отвалов в зависимости от их внутреннего и внешнего физико-химического состояния.

The features of the impact of waste dumps on the contamination level of environment are analyzed. The peculiarities of heavy metals migration from waste dumps based on their internal and external physical and chemical state are established.

Відходи вугільного виробництва в більшості випадків являють собою масштабні техногенно-створені джерела постійного негативного впливу на об'єкти навколишнього середовища. Аналіз досліджень М.П. Зборщика, Л.Г. Зубової, В.В. Осокіна, Л.О. Петрової, М.Ф. Смирного та інших дозволяє зробити висновок, що на всіх етапах існування породних відвалів – з моменту видачі відвальної маси на поверхню до згасання внутрішніх та зовнішніх фізико-хімічних, мінералоутворюючих, біологічних та інших процесів – відбувається поступове внутрішнє нагрівання породних мас, окислення нестійких сполук, вилуговування активних елементів, кислотне стікання новоутворених розчинів, повітряна та водна ерозія схилів відвалів тощо [1, 2].

За даними В.С. Мельникова, відходи вугільного виробництва в більшості випадків представлені грубоуламковою сумішшю аргілітів, алевролітів, піщаників, піритизованих та інших різновидів порід [3]. Суміш мінералів різного походження та періоду утворення значною мірою визначає вище описані деградаційні процеси, які відбуваються одночасно для всіх компонентів. При вивченні внутрішніх та зовнішніх особливостей, притаманних породним масам, виникають проблеми, пов'язані саме з комплексними перетвореннями у відва-

лах, адже більшість реакцій проходять одночасно, нівелюючи або підсилюючи хімічну активність окремих компонентів.

Продукти фізико-хімічних перетворень являють собою переважно кислоти та лужні розчини, солі важких металів, органо-мінеральні комплекси та інші сполуки, не притаманні даній території та її природним циклам хімічних речовин. Утворені агресивні сполуки дренуються у верхні, а потім і в глибокі шари ґрунту, залучаються до кругообігів речовин і потрапляють у поверхневі та підземні води, що сприяє міграції токсичних компонентів та погіршує загальний екологічний стан території (А.Ф. Горовий, Т.І. Долгова, Н.А. Шевчук).

Головна небезпека винесення важких металів з техногенно-створених осередків обумовлена їх здатністю депонуватися у ґрунтах та накопичуватися у живих організмах, що призводить до вкрай небезпечних наслідків [4]. За даними Гришка В.М. важкі метали у ґрунтах знаходяться як у твердій фазі, так і в розчиненому стані, при цьому існує певна рівновага між цими формами, яка може порушуватися при потраплянні надмірної кількості насичених хімічними елементами сполук.

Винесення важких металів з відвальних порід відбувається поступово і залежить від комплексу факторів. З одного боку, породний відвал є сумішню утворених мільйони років тому мінералів з хімічно зв'язаними компонентами, з іншого – його характеристики залежать від нових зовнішніх (зміна тиску, температур, циркуляція повітря, атмосферні опади, сонячна радіація, включення до біологічних ланцюгів тощо) та внутрішніх перетворень (інтенсифікація фізико-хімічних реакцій у збагаченому киснем середовищі, ущільнення порід, самонагрівання та самозаймання внутрішніх шарів відвалу, мікробіологічна активність, вивільнення продуктів внутрішніх реакцій через пори та тріщини тощо). Важкі метали входять до складу сольових розчинів, які стікають схилами, дренуються безпосередньо з тіла відвалу у ґрунти та гідрологічну мережу. Окрім того, забруднення довкілля вугледобувних регіонів важкими металами відбувається за рахунок повітряної ерозії, оскільки видування пилових часток з відвальної породи призводить до їх осідання на прилеглих територіях.

Однак невирішеними залишаються питання, які стосуються особливостей міграції важких металів різних класів небезпеки в залежності від стану відвалів, а саме: стадій внутрішніх та зовнішніх фізико-хімічних перетворень, штучного або природного втручання в перебіг процесів, порушення цілісності тіла та схилів раніше створеного відвалу тощо.

Метою роботи є дослідження особливостей міграції важких металів, які відносяться до різних класів небезпеки, з породних відвалів вугільних шахт у ґрунти прилеглих територій.

Для досягнення мети вирішувались такі задачі: визначення категорії породних відвалів, яка характеризує їх зовнішній та внутрішній стан, відбір проб порід та ґрунтів, проведення їх хімічного аналізу та визначення концентрацій елементів у зразках, аналіз отриманих даних та визначення основних особливостей міграції важких металів.

Дослідження проводилися на території розташування породних відвалів вугільної шахти ім. Я.М. Свердлова. Всі об'єкти дослідження знаходяться у межах

селітебної зони м. Свердловськ Луганської області. За результатами візуального обстеження породних відвалів були виявлені ділянки з активними процесами вилуговування та кислотного стікання агресивних розчинів поверхнею схилів. Інтенсивна повітряна ерозія проявлялася у винесенні пилу зі схилів відвалів, а також підвищеному вмісті зважених часток у повітрі прилеглих територій. Про процеси горіння відвальної маси свідчила підвищена температура порід в місцях виходу на поверхню диму та газів, які мали різкий аміачний та сірчаний запах.

Відвали були умовно розділені на категорії, які характеризують зовнішній та внутрішній стан порід (таблиця 1).

Таблиця 1

Класифікація категорій породних відвалів

Категорія	Характеристика стану відвалу
I	Відвал на стадії затухання внутрішніх та зовнішніх фізико-хімічних процесів
II	Відвал на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов порушення цілісності тіла відвала та оголення внутрішніх порід
III	Відвал на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов внесення свіжої відвальної породи

На досліджуваній території було проведено відбір зразків відвальної породи, ґрунтів біля підніжжя відвалів та на відстані 100 м. Для визначення концентрацій важких металів у пробах використовувався метод атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Рухома форма важких металів визначалася за допомогою буферної амонійно-ацетатної витяжки з рН 4,8. Важкими металами першого класу небезпеки, які аналізувалися, були цинк (Zn) та свинець (Pb), другого класу небезпеки – мідь (Cu) та кобальт (Co), третього класу небезпеки – марганець (Mn) (ГОСТ 17.4.1.02-83) [5].

Для виявлення закономірностей міграції важких металів було проаналізовано їх вміст з південної сторони світу за трьох умовних станів породних відвалів.

Важкі метали першого класу небезпеки у дослідженні представлені цинком (Zn) та свинцем (Pb). Сполуки цинку у більшості випадків за звичайних умов добре розчиняються у кислому та лужному середовищах з утворенням відповідних солей, і малорозчинні у воді. У вологому повітрі, особливо у присутності газу CO₂, відбувається руйнування металу навіть при звичайних температурах. Це пояснюється тим, що на поверхні цинку при реакції з водою утворюється практично нерозчинний гідроокис цинку, який перешкоджає подальшому перебігу реакції. Вміст цього важкого металу в ґрунтах значно коливається і залежить від багатьох факторів (материнської породи, реакції ґрунтового розчину, вмісту органічної речовини та її характеристиками тощо).

Свинець має перемінну валентність, низьку розчинність гідроокислів і високу здатність утворювати складні комплексні сполуки. При впливі повітряних потоків, води і різних кислот свинець виявляє велику стійкість, проте легко витісняється іншими металами з розчинів його солей, тому є дуже небезпечним. Інтенсивно поглинається кореневою системою рослин та накопичується в них.

Для встановлення особливостей міграції важких металів I класу небезпеки були визначені концентрації рухомої форми Zn та Pb, представлені на рис. 1.



Рис. 1. Концентрації рухомої форми цинку (Zn) та свинцю (Pb) (I – відвал на стадії затухання внутрішніх та зовнішніх процесів, II – відвал на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов порушення цілісності тіла відвала та оголення внутрішніх порід, III – відвал на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов внесення свіжої відвальної породи)

Наведені дані свідчать про те, що концентрація важких металів Zn та Pb у відвалі на стадії затухання внутрішніх та зовнішніх процесів не перевищує ГДК, метали зосереджені у відвальній породі і поступово мігрують у ґрунти, при цьому спостерігається більш інтенсивне винесення свинцю і його значне накопичення у навколишніх ґрунтах.

Відвал II категорії має іншу тенденцію розподілу важких металів. Спостерігаються майже однакові концентрації металів у породі з проявами вивітрювання та у ґрунтах біля підніжжя відвалу, що говорить про наближення хімічних характеристик ґрунту до пустих порід, що викликає занепокоєння екологічним станом даної території.

Міграція Zn з відвалу III категорії відбувалася поступово, і за роки існування відвалу цинк включався у біохімічні ланцюги оточуючого середовища. Проте внесення свіжої відвальної породи призвело до небажаних наслідків, коли концентрація важкого металу у ґрунтах на відстані 100 м від джерела забруднення перевищує цей показник у перегорілій породі у 8 разів, при цьому свіжа порода є джерелом потрапляння цинку у довкілля. Що стосується свинцю, то у відвалі даної категорії його концентрації перевищують ГДК як у перегорілій

породі (у 1,9 рази), так і у свіжій (у 4,2 рази). Враховуючи вище наведені фізико-хімічні характеристики Pb, варто очікувати підвищення вмісту важкого металу у навколишніх ґрунтах.

До важких металів II класу небезпеки належать мідь (Cu) та кобальт (Co). Мідь – порівняно мало активний важкий метал. У сухому повітрі за звичайних умов мідь не окислюється, досить легко вступає в реакції з сіркою та галогенами, проте з вуглецем, азотом і воднем не взаємодіє навіть при високих температурах. Мідь реагує з кислотами, які мають окисні властивості.

Кобальт – важкий метал, який не окислюється у повітрі, проте в розведених сірчаній та соляній кислотах повільно розчиняється з інтенсивним виділенням водню і утворенням солей. Всі солі кобальту добре розчиняються у воді. При нагріванні важкий метал взаємодіє з вуглецем, кремнієм, сіркою та іншими елементами, та проявляє валентність від +1 до +6.

Результати визначення концентрацій важких металів II класу небезпеки представлені на рис. 2.



Рис. 2. Концентрації рухомої форми міді (Cu) та кобальту (Co) (I – відвал на стадії затухання внутрішніх та зовнішніх процесів, II – відвал на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов порушення цілісності тіла відвала та оголення внутрішніх порід, III – відвал на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов внесення свіжої відвальної породи)

Згідно з отриманими даними (рис. 2) вміст міді у породі майже у всіх умовних категоріях відвалів перевищує ГДК (окрім відвалу II категорії, де концентрація металу 2,25 мг/кг, при ГДК 3 мг/кг), проте за рахунок порівняно ма-

лої хімічної активності міграція міді у навколишні ґрунти незначна для всіх трьох категорій відвалів.

Протилежна ситуація спостерігається стосовно кобальту: відвал на стадії затухання внутрішніх та зовнішніх процесів є джерелом значного винесення металу до ґрунтів, де його концентрація менше, ніж у породі, лише на 35%. Активна міграція з порід до навколишнього середовища призвела до перевищення його концентрацій відносно джерела розповсюдження у 3 рази в ґрунтах біля підніжжя, та в 4 рази на відстані 100 м від відвалу з порушеною цілісністю та оголеними внутрішніми породами. Така ж тенденція спостерігається і в районі розташування відвалу III категорії: концентрація металу у ґрунтах в 6 разів вища за цей показник у перегорілій породі, при цьому варто брати до уваги можливість потрапляння важкого металу зі свіжої породи з вмістом Co – 5,07 мг/кг, що перевищує показник ГДК.

До важких металів III класу небезпеки відноситься марганець (Mn). Він малорухливий в окислювальному середовищі і енергійно мігрує у відновних умовах. Хімічно досить активний, при нагріванні взаємодіє з неметалами – сіркою, вуглецем, киснем, азотом та ін. За звичайних умов дуже повільно реагує з водою, легко розчиняється у кислотах, утворюючи солі. Концентрації марганцю представлені на рис. 3.



Рис. 3. Концентрації рухомої форми марганцю (Mn)

(I – відвал на стадії затухання внутрішніх та зовнішніх процесів, II – відвал на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов порушення цілісності тіла відвала та оголення внутрішніх порід, III – відвал на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов внесення свіжої відвальної породи)

Аналіз даних рис. 3 виявив поступове винесення рухомих сполук марганцю з породи та його накопичення в ґрунтах. Більша частина рухомого марганцю знаходиться в породі. При внесенні свіжої породи до вже перегорілої відбувається

активація хімічних реакцій та винесення елемента в навколишні ґрунти. Хоча концентрація важкого металу не перевищує показник ГДК, проте відвали як на стадії затухання фізико-хімічних процесів, так і при внесенні свіжої породи є чинником, який посилює екологічну небезпеку процесу вуглевидобутку для довкілля.

Проведені дослідження дозволили зробити наступні **висновки**:

- відвали являють собою постійне джерело додаткового екологічного навантаження, незалежно від внутрішнього та зовнішнього стану порід;
- тенденція повільного та поступового винесення важких металів з відвалів на стадії затухання внутрішніх та зовнішніх процесів порушується при технологічному втручанні (оголенні внутрішніх порід, привнесенні свіжої породи), що призводить до інтенсифікації процесів міграції забруднювачів;
- залежно від фізико-хімічних властивостей підвищується активність важких металів, спостерігається їх накопичення у навколишніх ґрунтах;
- важкі метали I класу небезпеки (Zn, Pb) мають майже однакові концентрації металів у породі з проявами вивітрювання та у ґрунтах біля підніжжя відвалу, що говорить про наближення хімічних характеристик ґрунту до пустих порід, що викликає занепокоєння екологічним станом даної території;
- міграція важких металів II класу небезпеки характеризується незначним винесенням малоактивного Cu, і активною міграцією Co, вміст якого перевищує концентрації відносно джерела розповсюдження у 3 рази в ґрунтах біля підніжжя, в 4 рази на відстані 100 м від відвалу з оголеними внутрішніми породами, та у 5 разів у ґрунтах, прилеглих до відвалу з підсипаною свіжою породою;
- міграція важкого металу III класу небезпеки (Mn) з відвальної породи у навколишні ґрунти відбувається поступово, з підвищенням активності у відвалах, що зазнали технологічного втручання;
- результати дослідження свідчать про необхідність розробки заходів щодо зниження інтенсивності міграції важких металів та переведення їх у неактивну форму, що покращить екологічний стан навколишнього природного середовища у гірничодобувних регіонах.

Список літератури

1. Петрова Л.О. Воздействие на окружающую среду отходов угледобычи и углепереработки / Л. О. Петрова // Геологический журнал. - 2002. - № 2. - С.81-87.
2. Зборщик М.П. Предотвращение самовозгорания горных пород. / М.П. Зборщик, В.В. Осокин. - К.: Техника, 1990. – 176 с.
3. Мельников В.С. Минералогенезис в горящих угольных отвалах: фундаментальные и прикладные аспекты неоминералогии / В.С. Мельников, Е.Е. Греченовская // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: „Гірничо-геологічна”. Випуск 81 / Редкол.: Башков Є.О. (голова) та інші. — Донецьк, ДонНТУ, 2004. – с. 30-36
4. Екологічна безпека ґрунтів у гірничодобувних районах: монографія / Т.І. Долгова. – Дніпропетровськ: НГУ, 2009. – 170 с.
5. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.4.1.02-83. – [Действующий от 1985-01-01]. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 4 с. – (Межгосударственный стандарт)

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Колесником В.Є.
Надійшла до редакції 16.04.2013*