

## ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ГІРНИЧИХ ВІДХОДІВ ЛІКВІДОВАНИХ ШАХТ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ

Досліджено рівні екологічної небезпеки відходів ліквідованих шахт. Розроблено комплекс заходів спрямованих на підвищення ефективності поводження з гірничими відходами.

Исследованы уровни экологической опасности отходов ликвидированных шахт. Разработан комплекс мероприятий, направленных на повышение эффективности обращения с горными отходами.

The levels of ecological danger of wastes from the liquidated mines were studied. The complex of measures targeted on the efficiency improvement of mining wastes treatment was developed.

**Вступ.** Проблеми накопичення та утилізації відходів вугледобувних підприємств з кожним роком набувають все більшої актуальності. При підземному видобутку вугілля, в середньому, на кожну тону видобутого вугілля припадає 110-150 м<sup>3</sup> пустих порід, які піднімаються на поверхню. На кожну тисячу тонн збагачення вугілля припадає 100-120 м<sup>3</sup> відвальних порід. В результаті багаторічного видобутку вугілля накопичено понад 8 млрд. т відходів, які розміщуються на земній поверхні і є екологічно небезпечними для навколишнього середовища. На теперішній час існує понад 900 породних відвалів, четверта частина яких активно горить або має осередки самозаймання. Породними відвалами зайнято площу понад 150 тис. га [1].

Більшість відвалів розміщуються на відкритій поверхні і тому породна маса підпадає під вплив факторів навколишнього середовища, зокрема атмосферних опадів, перепадів тиску, температур, циркуляції повітряних мас тощо. В результаті на тілі відвалу формуються вимоїни, провали, щілини, якими стікають атмосферні опади, що несуть у собі розчинені хімічні компоненти з поверхні відвалу. Кліматичні зміни провокують процеси фізичного, хімічного та біологічного вивітрювання породних мас. Спостерігається винесення твердих речовин у вигляді дрібнодисперсних часток. Поступово породний відвал перетворюється з відокремленого нагромадження породної маси на компонент навколишнього середовища, який постійно негативно впливає на перебіг фізико-хімічних, біологічних та екологічних процесів на місці свого розташування [2-4].

Активне виділення агресивних речовин з породних відвалів призводить до значного послаблення екологічної рівноваги на територіях розміщення відходів. Не менш серйозною проблемою є неконтрольовані зміни стану самих відвалів, спричинені внутрішніми та зовнішніми чинниками. При цьому, близько 80% відвалів пройшли стадію самозаймання і горіння, або все ще горять. При відкритому горінні породних відвалів в атмосферне повітря потрапляють оксиди і діоксиди вуглецю, оксиди азоту, сірки та інші забруднюючі речовини.

Слід відмітити, що відходи вуглевидобутку можна вважати техногенними родовищами, придатними для промислового освоєння. Використання промислових відходів дозволяє зменшити їх обсяги з додатковим отриманням корис-

них компонентів та мінімізувати потребу в подальшому видобутку окремих видів мінеральної сировини [5].

Породні відвали є техногенно-створеними небезпечними об'єктами зі складними внутрішніми перетвореннями. Характер та інтенсивність хімічних реакцій всередині відвалів та на їх поверхні обумовлює ступінь небезпеки відходів вуглеводобутку для навколишнього середовища та населення, яке проживає поблизу місця їх розташування. Погіршує цю ситуацію відсутність чітких та обґрунтованих критеріїв оцінки рівнів екологічних ризиків для об'єктів довкілля.

**Метою роботи** є дослідження екологічної небезпеки відходів вуглевидобувних підприємств та обґрунтування комплексу природоохоронних заходів, які одночасно знижували б забруднення довкілля на територіях розміщення гірничих відходів та не підвищували, у значній мірі, собівартість видобутку вугілля.

**Викладення матеріалу та результати досліджень.** Дослідження проводилися на території Червоноградського гірничопромислового регіону (ЧГПР). Видобуток вугілля в регіоні проводиться понад 50 років. Басейн хоча і займає незначну територію, але на ній розташована значна кількість вугільних шахт, а також Червоноградська Центральна збагачувальна фабрика (ЧЦЗФ).

За період понад 50 років видобутку вугілля у ЧГПР на гірничих підприємствах накопичилось більше 37 млн. т відходів у вигляді породних відвалів, які призводять до значного забруднення довкілля. Понад 560 га земель в регіоні знаходяться в зоні впливу гірничих підприємств. Під породними відвалами зайнято 137,6 га, що становить близько 25% від загальної площі гірничого відводу.

Таке техногенне навантаження призвело до трансформації природних ландшафтів та їх компонентів, утворення техногенних форм рельєфу та вилучення значних територій родючих земель для розміщення відходів вугледобувних підприємств. На сьогодні в регіоні закрито 3 шахти (№1 «Червоноградська», «Візейська» та № 5 «Великомостівська»), а ще одна з шахт – «Зарічна» готується до ліквідації. Отже, екологічна ситуація в ЧГПР, як і в інших гірничопромислових регіонах України є надзвичайно складною.

Для запобігання самозаймання порід та контролю температурного стану породних відвалів проводили їх температурне обстеження. Спочатку проводили аналіз технічної документації з метою вивчення параметрів та показників відвалу. Потім проводили визначення дослідних ділянок та нанесення їх на топографічний план. Заміри температури поверхні та шару порід проводили за допомогою пірометра та бурових штанг на глибині 0,5-2,5 м. Якщо температура порід на глибині 2,5 м перевищує 80°C, відвал горить і тому необхідно впроваджувати заходи з його гасіння.

Візуальний огляд териконів дозволив виділити на них зони – жовтого, білого кольору та осередки горіння. Зазвичай на границях териконів, де не спостерігається підвищення температури, можна виділити локальні осередки окислення порід. В зонах горіння відбувається виділення парів, в яких крім води міститься – сірчана кислота, вуглекислота та діоксид азоту. В процесі горіння змінюється мінералогічний склад порід, як в осередках горіння, так і поза ним. Навколо таких осередків формуються своєрідні зони, які представлені порода-

ми від природного кольору до бурого і на яких в свою чергу спостерігається наліт сульфатів – жовтого кольору. Далі у напрямку від первинних порід спостерігали зони білого кольору – розвиток білої сульфатної мінералізації.

В результаті дослідження ґрунтів, які межують з породними відвалами, встановлено, що їх кислотність, в зоні впливу породних відвалів, коливається в межах від 4,6 до 7,4. Такий рівень рН вказує на те, що ґрунти за рівнем кислотності в різних точках спостережень змінюються від кислих до лужних. Відомо, що у кислих відвальних породах, при рН 4,0-5,5, мінерали, які містять марганець, цинк, хром свинець й інші елементи, розчиняються сірчаною кислотою і мігрують з поверхневим стоком на прилеглі території. Підвищена кислотність ґрунтів також негативно впливає на рослинний світ, оскільки такі елементи як залізо, алюміній та марганець переходять у легкодоступні для засвоєння рослинами форми, а їх концентрація може досягати токсичного рівня. Надлишок цих металів порушує вуглеводневий та білковий обмін рослин, що зменшує їх врожайність.

Підвищена кислотність ґрунту погіршує фільтраційну здатність, капілярність та його проникність. Щодо інших результатів якісної оцінки стану ґрунтів, необхідно звернути увагу на те, що ґрунти прилеглі до териконів також забруднені сульфатами. Концентрація водорозчинного сульфат-іона коливалася в ґрунтах від 518 до 4219 мг/кг, відповідно спостерігалось перевищення ГДК у 3,2-26,4 рази. Необхідно зазначити, що на шахті «Великомостівська», за виключенням деяких точок спостереження, вміст марганцю та кобальту знаходився на рівні встановлених норм. Наявність хлоридів, у всіх досліджених зразках по шахтах, вказував на засоленість ґрунтів, що також негативно впливає на рослинний світ.

Аналізуючи результати радіологічних досліджень потужності еквівалентної дози зовнішнього гамма-випромінення на породних відвалах, які розташовані в ЧГПР перевищень допустимого рівня не виявлено.

Значну небезпеку для регіону становить процес самозаймання породних відвалів. Згідно статистичної звітності усі породні відвали ЧГПР не горять, але згідно проведених нами температурних зйомок у грудні 2014 року зафіксовано осередки горіння породного відвалу шахти «Червоноградська», де середня температура на глибині 0,5 м становила 75°C, при температурі атмосферного повітря +2°C. Вже протягом декількох років на неробочому породному відвалі закритої шахти «Візейська» є ділянки з температурою 128°C.

В регіоні знаходяться не лише відходи вуглевидобутку, але й відходи збагачення вугілля. Породний відвал ЧЦЗФ займає найбільшу площу серед усіх породних відвалів, його площа сягає 89 га, а висота 68 м. Цей відвал також є небезпечним для довкілля регіону, оскільки вміст важких металів значно перевищує ГДК. Так наприклад, для свинцю у 45,5 рази (ГДК – 6 мг/кг), для міді у 81,3 рази (ГДК – 3 мг/кг), нікелю у 19,8 рази (ГДК – 4 мг/кг) і цинку у 31 раз (ГДК – 2 мг/кг). Також на ньому спостерігаються осередки горіння [6, 7].

Деформаційні процеси, які спостерігаються на породних відвалах шахт характеризуються утворенням в різних частинах териконів вимоїн, ширина

яких коливається від 2 до 4 м, а глибина 1-3,5 м, по яких відбувається пересування породи зверху вниз на відстань до 6 м.

Результати хімічного аналізу води відібраної біля підніжжя породних відвалів вказують на її незадовільний стан. Проведені дослідження дозволяють стверджувати про те, що відбувається міграція шкідливих речовин з поверхні териконів, яка в подальшому продовжується з ґрунтовим стоком і зумовлює забруднення ґрунтів та підземних вод.

Для оцінки токсичності води відібраної біля підніжжя породних відвалів був обраний ростовий тест з використанням біоіндикатору *Allium cepa* L. [8]. Перевагою цього тесту є те, що за його допомогою оцінюються вплив лише водорозчинних компонентів досліджуваних зразків води. Він є простим у проведенні і чутливим при визначенні загальної токсичності води. Показником токсичності виступає ступінь пригнічення росту корінців *Allium cepa* L., оскільки встановлено, що цей процес пригнічується при більш низьких концентраціях токсиканту, ніж проростання рослин.

Для кожного зразка води було підготовлено 12 пробірок, які в подальшому заповнювалися 25 мл досліджуваних зразків води. На кожену пробірку розміщували попередньо підготовлені і очищені від луски цибулини таким чином, щоб їх денце торкалося рідини в пробірці. Кожну добу воду в пробірках міняли на нову. Після двох діб експерименту з кожного варіанту були відкинуті по 2 цибулини з найбільш короткими корінцями. Експеримент тривав 72 годин. Після закінчення експерименту для 10 цибулин визначали довжину кореневої системи (найдовші і найкоротші корінці не враховували). Отже, для кожного із досліджуваних зразків води було пророщено по 12 цибулин, у яких вимірювали від 4 до 30 корінців. Достовірність кожного експерименту була підтверджена трьохкратним відтворенням на 48 пробірках для кожного періоду дослідження. Для визначення токсичності досліджуваних зразків води за ростовим тестом використана методика та оціночна шкала [8].

Результати дослідження опрацьовували з використанням математико-статистичного аналізу, а також було обчислено помилку середнього арифметичного та коефіцієнт Стьюдента.

Результати дослідження морфологічних змін фітоіндикаторів при оцінці токсичності води за 2014 р. наведено в табл. 1.

Отримані дані, виявили достовірну токсичну дію води відібраної біля підніжжя породних відвалів на ростові процеси корінців *Allium cepa* L. у всіх досліджуваних пробах. Виключенням є зразки відібрані на шахті «Надія». Встановлено, що усі ростові процеси корінців біоіндикатора пригнічені у всіх точках спостереження – це вказує на те, що досліджувана вода має токсичні властивості. Найбільші рівні пригнічення кореневої системи спостерігали у пробах підтериконної води відібраних біля підніжжя відвалу ЧЦЗФ, оскільки ростові процеси на цих зразках води взагалі були відсутні. Щодо інших зразків, то можна стверджувати, що рівні пригнічення росту корінців біоіндикатора відрізнялись відносно контролю від 1 до 7 раз. Так, найбільша інтенсивність ростових процесів спостерігалися на зразках підтериконної води відібраних на шахті

«Надія», а найменша – «Лісова» і №5 «Великомостівська». Щодо зразків підтериконної води відібраної на шахті «Надія», то вони достовірно не відрізняються від контролю, оскільки інтенсивність ростових процесів на даному зразку води знаходились на тому ж рівні, що і у контролі.

Таблиця 1

Показники довжини кореневої системи фітоіндикатору *Allium cepa* L. вирощеного на досліджуваних зразках води, відібраної у підніжжя териконів, 2014 р.

Точки відбору проб	Середні значення довжини кореневої системи, $x \pm m$	Достовірність, $t$
Шахта «Великомостівська»	1,75±0,1	3,55
Шахта «Червоноградська»	1,59±0,08	4,98
Шахта «Лісова»	0,33±0,02	16,3
Шахта «Зарічна»	1,76±0,09	3,61
Шахта «Надія»	2,18±0,1	0,78
Шахта №5 «Великомостівська»**		
- Породний відвал з перегорілою породою (червоний)	0,61±0,03	13,98
- Породний відвал з негорілою породою (чорний)	0,36±0,05	15,06
ЧЦЗФ	*	*
Контроль (відстояна водопровідна вода)	2,3±0,12	-

\* ростові процеси у всіх досліджуваних зразках відсутні; \*\* закрита шахта

Слід відмітити, що формування наземної частини індикаторних рослин при вирощуванні на досліджуваних зразках практично не спостерігались. Результати встановленої токсичності води відібраної у підніжжя породних відвалів Червоноградського гірничопромислового регіону у 2014 р. наведені в табл. 2.

В результаті аналізу даних табл. 2 виявлено, що значення фітотоксичного ефекту коливаються в межах від «слаботоксичного» для шахт «Лісова» та «Надія», до «максимального» для шахт «Лісова», №5 «Великомостівська» та ЧЦЗФ. Такий рівень токсичності підтверджуються хімічними аналізами підтериконної води.

Отже, породні відвали – це одні із найнебезпечніших техногенних об'єктів, які знаходяться на територіях вугледобувних регіонів України. Причому вони постійно призводять до значного забруднення компонентів навколишнього природного середовища.

Слід відмітити, що крім того, що відходи вугільних підприємств є не лише джерелами негативного впливу на навколишнє середовище, але й потенційною сировиною для різних галузей економіки. І тому виникає потреба в вивченні

шляхів використання відходів для виробництва матеріалів для промислового будівництва, ремонту автомобільних доріг, а також для закладки виробленого простору на гірничих підприємствах.

Таблиця 2

## Рівні токсичності води відібраної у підніжжя породних відвалів

Точки відбору проб	Рівні пригнічення росту кореневої системи біоіндикатора, %	Рівень токсичності
Шахта «Великомостівська»	24	середній
Шахта «Червоноградська»	31	середній
Шахта «Лісова»	86	максимальний
Шахта «Зарічна»	18	слаботоксичний
Шахта «Надія»	5	слаботоксичний
Шахта №5 «Великомостівська»		
- Породний відвал з перегорілою породою (червоний)	73	високий
- Породний відвал з негорілою породою (чорний)	85	максимальний
ЧЦЗФ	100	максимальний

Для підвищення ефективності управління у сфері поводження з відходами вугледобувних підприємств, у тому числі ліквідованих, необхідно забезпечити:

- проведення інвентаризації та паспортизації відходів на вугільних шахтах та збагачувальних фабриках;
- створення та впровадження нових методів оцінки ризиків забруднення об'єктів навколишнього середовища для збереження здоров'я населення, яке мешкає у вугледобувних регіонах;
- удосконалення санітарних правил щодо поводження з відходами вуглевидобутку;
- зниження ризиків забруднення об'єктів навколишнього середовища на територіях складування відходів шляхом проведення технічної рекультивациі з використанням природних матеріалів;
- формування захисних екранів, які забезпечать захист територій прилеглих до породних відвалів від фільтрації забрудненої води у ґрунти та підземні води;
- удосконалення методики оцінки класу екологічної небезпеки відходів вуглевидобутку за рахунок використання високочутливих методів біоіндикації та біотестування;
- визначення класу небезпеки за стандартними та удосконаленими методиками;
- розробка електронних паспортів місць розміщення відходів, які вклю-

чають інформацію про параметри відвалів, вміст корисних компонентів, а також рівні забруднення об'єктів довкілля на прилеглих територіях;

- розробка технологій детоксикації відходів вугледобувної промисловості з використанням природних матеріалів.

- переробка породних відвалів, як техногенних родовищ шляхом вилучення корисних компонентів тощо.

**Висновки.** Породні відвали на будь-якій стадії свого існування є джерелом підвищеної екологічної небезпеки для об'єктів навколишнього середовища та здоров'я населення. Незначні обсяги використання відходів видобутку корисних копалин та впровадження технологій їх рециклінгу гальмують процеси забезпечення сталого розвитку вугільної галузі України.

На основі проведених досліджень вивчені особливості протікання внутрішніх та зовнішніх фізико-хімічних перетворень, які відбуваються в породних відвалах вугільних шахт. В результаті біоіндикаційних досліджень визначено рівні токсичності води відібраної у підніжжя породних відвалів вугільних шахт, як діючих, так і ліквідованих.

Запропоновано комплекс заходів спрямованих на зменшення негативного впливу породних відвалів на стан навколишнього середовища та умови проживання населення у вугледобувних регіонах.

#### Список літератури

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2011 році. – К. : Міністерство екології та природних ресурсів України, LAT & K. – 2012. – 258 с.
2. Павличенко А.В. Екологічна небезпека породних відвалів ліквідованих вугільних шахт / А.В. Павличенко, А.А. Коваленко // Геотехнічна механіка. – 2013. – Вип. 110. – С. 116-123.
3. Кроик, А.А. Оценка загрязнения подземных вод, почвогрунтов в зоне складирования промотходов / А.А. Кроик // Науковий вісник Державної гірничої академії України. – Дніпропетровськ: 2001. – №5. – С.130-131.
4. Pavlychenko, A. The investigation of rock dumps influence to the levels of heavy metals contamination of soil / A. Pavlychenko, A. Kovalenko // Mining of Mineral Deposits. Leiden, The Netherlands : CRC Press / Balkema, 2013. – pp.237-238.
5. Колесник В.Е. Обобщенный алгоритм диверсификации технологий обращения с породными отвалами угольных шахт / В.Е. Колесник, В.В. Федотов, Ю.В. Бучавый / Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ, 2012. – № 4. С. 138-142.
6. Баранов В.І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ „Львівсистеменерго” як об'єкта для озеленення // Вісник Львівського університету. Сер. біол. 2008. – Вип. 46. – С. 172–178.
7. Баранов В.І., Книш І.Б. Хіміко-мінералогічний склад порід відвалу вугільних шахт ЦЗФ “Львівсистеменерго” та їх вплив на проростання насіння // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку: Матеріали V міжнар. наук. конф. Донецьк: 2007. – С. 36–37.
8. Руденко С.С. Загальна екологія: практичний курс [Текст] : для студ. вузів. . Ч. 1 / С.С. Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова. Чернівці : Рута, 2003. – 320 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Колесником В.Є.  
Надійшла до редакції 20.01.2015*