



13. Перероблення будівельних відходів: виклики та можливості для України. [Електронний ресурс] // Реанімаційний пакет реформ. – 2024. – Режим доступу: <https://rpr.org.ua/news/pereroblennia-budivelnnykh-vidkhodiv-vyklyky-ta-mozhlyvosti-dlia-ukrainy/> (дата звернення: 21.04.2025).

УДК 504.06

ОРИЕНТОВНИЙ ПРОГНОЗ ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА НАЙБЛИЖЧІ 30 РОКІВ

І.І. Чоботко¹

¹старший викладач кафедри спеціальної фізичної підготовки, Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Дніпро, Україна, e-mail: efilonov79@gmail.com

Анотація. Розглянуто поточний стан та перспективи управління відходами гірничодобувної промисловості України. Зазначено, що переважна частина відходів утворюється внаслідок видобутку металевих руд, вугілля та інших корисних копалин. Відходи накопичуються у териконах і хвостосховищах, часто без належної ізоляції, що створює загрозу довкіллю. Проаналізовано інноваційні напрями переробки, зокрема біовилуговання, фітореMediaцію, плазмову переробку, піроліз та нанотехнології. Особлива увага приділена концепції циркулярної економіки, впливу міжнародного екологічного законодавства та автоматизації процесів із застосуванням ШІ. Наголошено на економічній доцільності утилізації вторинної сировини, зниженні CO₂ та зменшенні площі відвалів. Визначено ключові виклики — високі витрати, недостатня нормативна база та потреба в міжнародній координації.

Ключові слова: Відходи, переробка, циркулярна економіка, інновації.

AN INDICATIVE FORECAST OF THE PROSPECTS FOR THE USE OF MINING WASTE TREATMENT TECHNOLOGIES FOR THE NEXT 30 YEARS

Ihor Chobotko¹

¹Senior Lecturer at the Department of Special Physical Training, Dnipro State University of Internal Affairs, e-mail: efilonov79@gmail.com

Abstract. The current state and prospects of waste management in the mining industry of Ukraine are considered. It is noted that the vast majority of waste is generated as a result of the extraction of metal ores, coal and other minerals. Waste is accumulated in waste heaps and tailings, often without proper insulation, which poses a threat to the environment. The article analyses innovative areas of processing, including bioleaching, phytoremediation, plasma processing, pyrolysis and nanotechnology. Particular attention is paid to the concept of circular economy, the impact of international environmental legislation and process automation using AI. The economic feasibility of recycling, reducing CO₂ and reducing the area of

landfills is emphasised. The key challenges are identified - high costs, insufficient regulatory framework and the need for international coordination.

Keywords: Waste, recycling, circular economy, innovation.

Вступ. Відповідно до Національного плану управління відходами до 2033 року, за даними Держстату, у 2020 році в Україні було утворено 391 077,9 тис. тонн відходів від діяльності видобувної промисловості. Переважна частка цих відходів — майже 94% — припадала на видобуток металевих руд. Інша частина відходів виникала внаслідок видобування кам'яного та бурого вугілля, а також інших корисних копалин.

Більшість відходів видобувної промисловості зосереджена у відвалах, териконах, шламосховищах, хвостосховищах та інших накопичувачах, кількість яких вже сягає кількох тисяч. Для їхнього розміщення вилучають великі площі земель, проте переважна частина таких об'єктів не має належної ізоляції, що створює загрозу забруднення довкілля. Зокрема, у Донецькому регіоні наявні численні терикони шахтних порід, у Маріуполі — відвали шлаків і шламосховища у Харкові — відвали горілої формувальної землі та інші подібні об'єкти [1]. Львівсько-Волинський вугільний басейн зокрема Червоноградський геолого-промисловий район де розташовано понад 18 відвалів і це тільки в Україні [2].

Протягом наступних 30 років технології переробки відходів гірничодобувних підприємств розвиватимуться в межах глобальних тенденцій сталого розвитку, циркулярної економіки та декарбонізації промисловості. Основними рушійними факторами цього процесу будуть посилення екологічних стандартів, економічна доцільність утилізації вторинної сировини та впровадження інноваційних технологій. Протягом наступних 10–15 років (до 2035–2040 років) технології переробки відходів гірничої промисловості можуть отримати значний поштовх завдяки концепції економіки замкнутого циклу. Відходи, такі як хвости збагачення, порожні породи та шлаки, перестануть розглядатися як проблема, а стануть сировиною для нових продуктів. Орієнтовно до 2055 року можна очікувати, що до 70–80% відходів гірничодобувних підприємств будуть перероблятися в будівельні матеріали (цеглу, бетон, дорожні покриття), альтернативне паливо або навіть добрива для сільського господарства [3]. Наприклад, технології вилучення рідкісноземельних елементів із відходів рудників стануть комерційно вигідними завдяки вдосконаленню гідро- та пірометалургійних процесів.

Мета роботи. Зробити аналіз інформаційних ресурсів та дати орієнтовний прогноз розвитку технологій з переробки відходів гірничодобувних підприємств на 30 років. Характеристика та оцінка технологій з переробки відходів гірничодобувних підприємств, які найбільш вірогідні для реалізації з



економічної точки зору та дадуть потужний розвиток для промислової економіки країн.

Матеріал і результат досліджень. Технології переробки відходів гірничодобувних підприємств можна виділити за основними технологічними напрямками:

– Біовилуговування – використання бактерій для вилучення металів із хвостосховищ. Цей метод стане широко застосовуваним у гірничодобувній промисловості, оскільки дозволяє отримати цінні компоненти з низьковмістових руд та відходів.

– Фіторемедіація – застосування рослин для очищення ґрунтів і накопичення металів у біомасі. У майбутньому можливе культивування спеціально виведених генетично модифікованих рослин для ефективного вилучення важких металів.

– Плазмова переробка – термічне розкладання гірничих відходів із використанням високих температур (до 5000 °C). Очікується, що протягом наступних 30 років ці технології будуть застосовуватися для утилізації особливо небезпечних відходів та отримання високоякісних будівельних матеріалів.

– Високотемпературний піроліз – метод термічної деструкції органічних і мінеральних компонентів відходів, що дозволяє отримати нові корисні матеріали.

До 2050 року можливе активне використання наночастинок для селективного вилучення металів із відходів за допомогою нанофільтрів, а також застосування нанокапсул для точкового відновлення забруднених територій (малоймовірно адже потребує великих фінансових витрат на технологію). Нанотехнології відкривають нові можливості для обробки відходів, наприклад, для очищення кислих шахтних вод (КШВ), для створення сорбентів для вилучення важких металів, для виробництва нових будівельних матеріалів з використанням відходів [4].

Очікується подальше посилення екологічних норм щодо викидів та скидів від гірничодобувних підприємств, включаючи вимоги до управління відходами. Уряди різних країн будуть впроваджувати суворіші правила для зменшення впливу гірничої діяльності на довкілля. Концепція розширеної відповідальності виробника (РВВ) стане більш поширеною в гірничодобувній галузі. Це означає, що гірничі компанії нестимуть відповідальність за відходи протягом усього життєвого циклу продукції, включаючи їх переробку та утилізацію після закриття шахт. Уряди будуть використовувати економічні інструменти, такі як податки на захоронення відходів та екологічні збори, щоб стимулювати компанії зменшувати обсяги відходів та переробляти їх [5]. Міжнародні угоди щодо зміни клімату, біорізноманіття та забруднення



довкілля будуть впливати на національне законодавство, стимулюючи впровадження найкращих доступних технологій (НДТ) у сфері управління відходами.

Очікується подальший розвиток та вдосконалення гідрометалургійних, пірометалургійних, біометалургійних та інших методів вилучення цінних компонентів з відходів, включаючи селективне вилучення та методи, що забезпечують високу ефективність при низьких концентраціях цінних металів [6].

Щодо автоматизації то завдяки розвитку штучного інтелекту та великих даних (Big Data), у найближчі десятиліття може бути оптимізовано процес управління відходами, як: інтелектуальні системи контролю сортування та переробки; використання робототехніки для автоматизованого видобутку корисних компонентів; впровадження «блокчейн-технологій» для прозорості обліку та моніторингу екологічних зобов'язань компаній.

Економічна ефективність від переробки може бути у відновленні критичних мінералів де очікується, що попит на такі метали, як літій, кобальт, нікель та рідкісноземельні елементи, значно зросте у зв'язку з розвитком електромобільної промисловості та «зеленої» енергетики. Зниження вартості сировини буде полягати у переробці відходів, що дозволить гірничодобувним компаніям зменшити залежність від видобутку та розробки з нуля нових родовищ корисних копалин [7].

Екологічні переваги можуть бути у зниженні шкідливих викидів технології повторного використання відходів сприятимуть скороченню викидів CO₂ та зменшення площі відвалів, що вже до 2050 року площі хвостосховищ скоротяться на 40-50% завдяки активній переробці та рекультивації.

Основні виклики та обмеження, які можуть бути при переробці відходів це: висока вартість впровадження нових технологій; відсутність необхідної нормативної бази у багатьох країнах; складність у переробці багатокомпонентних відходів. Координація міжнародних зусиль для обміну технологіями; державна підтримка у вигляді субсидій і податкових пільг для компаній, що впроваджують переробку; освітні програми для підготовки фахівців у галузі сталого розвитку гірничої промисловості [8, 9].

Висновки. Наступні 30 років стануть періодом активного переходу до циркулярної економіки у гірничодобувній промисловості. Ключову роль відіграватимуть біотехнології, цифровізація, плазмова переробка та нанотехнології. Впровадження цих технологій дозволить не лише зменшити негативний вплив на довкілля, а й зробити відходи цінним ресурсом для майбутнього промислового розвитку економіки країн.

Проте успіх залежатиме від скоординованих зусиль науки, бізнесу та



держави. Без належного фінансування та політичної волі прогрес може сповільнитися, особливо в регіонах із застарілою інфраструктурою. Якщо ж ці умови будуть виконані, то до середини століття ми побачимо гірничу промисловість, яка не просто мінімізує свій екологічний слід, а й активно сприяє відновленню довкілля та економічному зростанню. На мою думку, наступні 30 років стануть вирішальними для трансформації цієї галузі в бік сталого розвитку.

У підсумку, протягом наступних 30 років відбудеться глибока трансформація ролі гірничих відходів — від екологічного тягаря до цінного джерела ресурсів. Інноваційні технології, поєднані з цифровими інструментами, біологічними рішеннями та ефективним законодавчим регулюванням, дозволять гірничим підприємствам перейти до екологічно відповідального та економічно вигідного виробництва. Усе це дає підстави вважати, що технології переробки гірничих відходів не лише збережуть, а й суттєво розширять свою актуальність, ставши одним із ключових чинників сталого розвитку гірничої промисловості у XXI столітті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кабінет Міністрів України розпорядження «Про затвердження Національного плану управління відходами до 2033 року», №1353-р від 27.12.2024 р. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1353-2024-%D1%80?fbclid=IwY2xjawJeYCTleHRuA2FbQIxmQABHlm4pK2Rasurlg2UZMjsiriZgNnNbbVR259BGouEyK6mJTlj4oM0gBNMd-61c_aem_1kbN5r6mxAiQP5wPH2LOAQ#Text
2. Андрій Побережський, Ірина Бучинська, Олена Шевчук, Тарас Муқан Гірничовидобувний комплекс Львівсько-Волинського вугільного басейну та його вплив на екосистему регіону // Геологія і геохімія горючих копалин. – Вип. №3 180. – 2019. – С. 52-59. <https://doi.org/10.15407/ggcm2019.03.052>
3. Чоботько І.І. Дослідження обробки розчинами натрієвої групи палаючих відходів вуглевидобутку на взаємодію з навколишнім середовищем. // Збірник наукових праць національного гірничого університету. – Вип. 69. – 2022. – С. 112-119. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/69.112>
4. Чоботько І.І. Обґрунтування способів та методів усунення самозаймання відходів гірничого виробництва // Вісті Донецького гірничого інституту. – Вип. 1(50). – 2022. – С. 166-171. <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-1-166-171>
5. Чоботько І.І., Тинина С.В. Моніторинг теплового стану породних відвалів // «Гірничий вісник» Криворізького національного університету. – Вип. 106. – 2019. – С. 9-13. <https://doi.org/10.31721/2306-5435-2019-1-106-9-13>
6. Тинина С.В., Чоботько І.І., Кулак Є.А., Шевельова Г.М., Про моніторинг геомеханічних систем які знаходяться під техногенним впливом // Фізико-технічні проблеми гірничого виробництва. Вип. 25. 2023. – С. 141-152. <https://doi.org/10.37101/ftpgv25.01.011>
7. Global Tailings Review. Global Tailings Review. URL: <https://globaltailingsreview.org/> (date of access: 05.04.2025).
8. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions – Analysis - IEA. IEA.

URL: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
(date of access: 05.04.2025).

9. Our Insights. McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights> (date of access: 05.04.2025).

УДК 631.363.7

НАПРЯМКИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТВАРИННИЦТВІ

Р.О. Гончар

здобувач ступеня вищої освіти, магістр, Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна, e-mail: kuzya7dobro@gmail.com

Анотація. У статті розглядаються аспекти інтенсифікації технологічних процесів у тваринництві, таких як заготівля, зберігання та переробка кормів, зважування та дозування кормів, годівля тварин, контроль їх виробництва, ідентифікація кожної тварини, виробництво продуктів тваринництва.

Ключові слова: тваринництво, технологічні процеси, інтенсифікація, механізація, автоматизація.

DIRECTIONS OF INTENSIFICATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN LIVESTOCK PRODUCTION

R.O. Gonchar

student, Poltava State Agrarian University, Ukraine, e-mail: kuzya7dobro@gmail.com

Abstract. The article examines aspects of intensification of technological processes in livestock farming, such as procurement, storage and processing of feed, weighing and dosing of feed, feeding and watering of animals, control of their production, identification of each animal, production of livestock products.

Keywords: livestock farming, technological processes, intensification, mechanization, automation.

Вступ. У тваринництві багато складних технологічних процесів розглядаються і реалізуються в класі автономних підсистем і кожна з яких, виконуючи певне завдання, може бути компонентом більш складної системи управління.

Деякі схеми автоматизації технологічних процесів, наприклад схема сировинного відділення цеху технічних виробів із застосуванням засобів автоматизації, функціонально представляють схему автоматизації виробництва кормового борошна та схему автоматизації процесу спалювання жиру. Ці