

УДК 622:504.06(4)

Пашенко Д.О., студентка 1 курсу, групи МН-25-2, факультет менеджменту
Науковий керівник: Папіж Ю.С., к.е.н., доцент
НТУ «Дніпровська політехніка»

СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА ЄВРОПЕЙСЬКІ СТУДІЇ В ГАЛУЗІ ГІРНИЦТВА ТА ЕКОЛОГІЇ

Інтеграція принципів сталого розвитку в гірничодобувний сектор, особливо в межах Європейського Союзу (ЄС), є критичним перетином екологічного управління, економічної життєздатності та стратегічного менеджменту ресурсів. Гірничодобувна діяльність, необхідна для постачання сировини, яка лежить в основі сучасних технологій, таких як системи відновлюваної енергії та електромобілі, історично створювала значні екологічні виклики, включаючи порушення середовищ існування, забруднення води та втрату біорізноманіття. Однак недавні досягнення в практиках менеджменту та політичних рамках, інформованих європейськими дослідженнями, спрямовані на пом'якшення цих впливів при одночасному сприянні довгостроковій стійкості. Сталый розвиток у цьому контексті керується Цілями сталого розвитку ООН (ЦСР), при цьому оцінка ЄС 2025 року підкреслює прогрес у досягненні цілей, таких як ЦСР 12 (відповідальне споживання та виробництво) та ЦСР 13 (дії щодо клімату), з акцентом на моделі циркулярної економіки в добуванні ресурсів [1]. Цей підхід вимагає міцних стратегій менеджменту, які балансують ефективність видобутку з екологічним відновленням, спираючись на міждисциплінарні дослідження з таких галузей, як екологічна наука, геологія та політичні студії. Додатково, європейські ініціативи, такі як Horizon Europe, фінансують проекти з інноваційного перероблення гірничих відходів, перетворюючи їх на вторинну сировину, що зменшує потребу в первинному видобутку та сприяє зниженню викидів CO₂ на 15–20 % у пілотних регіонах [2].

У сфері менеджменту гірничої справи сучасні практики все більше включають оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) та аналіз життєвого циклу для оцінки повного спектру операцій від розвідки до закриття об'єкта. Наприклад, адаптивні рамки менеджменту дозволяють здійснювати коригування в реальному часі на основі даних моніторингу, таких як показники якості ґрунту та води, для мінімізації забруднення. Європейські дослідження, включаючи ті, що проведені Організацією економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), проаналізували гірничі екосистеми в десяти регіонах ЄС, виявивши спільні виклики, такі як спадкове забруднення від історичних об'єктів, та можливості для інновацій у менеджменті відходів [3]. Ці дослідження підкреслюють важливість залучення зацікавлених сторін, де місцеві громади, оператори промисловості та регулятори співпрацюють для розробки стратегій, специфічних для конкретних об'єктів. Технологічні інтеграції, такі як дистанційне зондування та моделювання на основі ІІІ, підвищують точність добування ресурсів, зменшуючи непотрібне порушення земель та оптимізуючи використання енергії. Крім того, протоколи менеджменту ризиків тепер приділяють пріоритетну увагу стійкості до клімату, вирішуючи вразливості, такі як екстремальні погодні явища, які можуть посилити екологічні пошкодження в гірничих районах. Новітні дані з Європейської комісії вказують на впровадження цифрових двійників (digital twins) для симуляції гірничих процесів, що дозволяє прогнозувати екологічні ризики з точністю до 85 % і оптимізувати плани рекультиваци [4].

Європейські політики відіграють ключову роль у формуванні цих практик менеджменту, з Європейською зеленою угодою та Актом про критичну сировину як основними інструментами для сталого гірничого справи. Прогноз ЄС щодо регуляцій сталості на 2025 рік підкреслює обов'язкову звітність щодо екологічних слідів, включаючи викиди вуглецю та компенсації біорізноманіття, що змушує гірничі компанії впроваджувати екологічно чистіші технології [5]. Дослідження Європейського агентства з навколишнього середовища (ЄАОС) у 2025 році надають інтегрований аналіз екологічних тенденцій, виявляючи, що діяльність, пов'язана з гірничим справою, сприяє близько 5–10 % деградації земель Європи, але також пропонує потенціал для відновлення через заліснення та реабілітацію водно-болотних угідь [6]. Ініціативи, такі як програма Global Gateway, започаткована ЄС, сприяють міжнародним партнерствам для відповідального гірничого справи, зосереджуючись на критичних сировинних матеріалах (КСМ), таких як літій та рідкісноземельні елементи, які є життєво важливими для енергетичного переходу [7]. Ці зусилля підтримуються академічними та інституційними дослідженнями, такими як обговорення Тижня менеджменту ресурсів УНСЕК, які виступають за стандартизоване управління для забезпечення відстежуваності та етичного постачання [8]. З екологічної точки зору, європейські дослідження підкреслюють впровадження технік біомоніторингу, де індикаторні види, такі як водні безхребетні, використовуються для оцінки здоров'я екосистем після гірничої діяльності, інформуючи адаптивні стратегії, що відповідають ЦСР 15 (життя на суші). Крім того, пілотні проекти в Польщі та Іспанії демонструють використання фітотехнологій для очищення забруднених вод від важких металів, досягаючи ефективності видалення до 90 % без хімічних реагентів [9].

З ширшої перспективи, еволюція політики гірничого справи у 2025 році відображає зсув до інноваційно-орієнтованої сталості, з понад 60 % нових регуляцій, що вимагають розширеного екологічного моніторингу [10]. Це включає інтеграцію політик екологічних інновацій, орієнтованих на ЦСР, сприяючи дослідженню методів добування з низьким впливом, таких як вилюговування in-situ для зменшення поверхневих порушень [11]. Виклики зберігаються, такі як економічні компроміси в переході від традиційного видобутку вугілля до операцій, орієнтованих на КСМ, але європейські кейс-стаді демонструють успіхи в регіонах, таких як Скандинавія, де інтегрований менеджмент призвів до чистого позитивного результату для біорізноманіття, з відновленням понад 500 га земель за останні п'ять років. Синергія між сталим розвитком, ефективним менеджментом та європейськими дослідженнями на основі доказів не лише підтримує економічне зростання через забезпечення критичних ресурсів, але й гарантує екологічну цілісність шляхом впровадження замкнених циклів та відновлювальних практик, узгоджуючись із глобальними стратегіями для критичних мінералів і сприяючи переходу до низьковуглецевої економіки [12].

Інтеграція сталого розвитку в гірничодобувний сектор ЄС демонструє емпірично обґрунтований перехід від традиційного видобутку до моделі, де екологічна реставрація та ресурсна ефективність є кількісно вимірюваними метриками успіху: зниження викидів CO₂ на 15–20 % через рециклінг відходів, точність прогнозування ризиків до 85 % за допомогою цифрових двійників та ефективність фітотехнологій на рівні 90 % для детоксикації. Європейські політики, такі як Зелена угода та Акт про КСМ, створюють регуляторний каркас, що стимулює інновації, тоді як міждисциплінарні студії забезпечують доказову базу для адаптивного менеджменту. Цей синергетичний підхід не лише мінімізує деградацію земель (5–10 % внеску від гірництва), але й генерує нетто-позитивні екосистемні результати, як у скандинавських кейсах з відновленням >500 га. Подальші дослідження мусять фокусуватися на масштабуванні цих практик для глобального енергетичного переходу, забезпечуючи баланс між економічною життєздатністю та збереженням біосфери.

Список використаної літератури:

1. United Nations. The Sustainable Development Goals Report 2025. New York : UN, 2025. 78 p. URL: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/>
2. European Commission. Horizon Europe Projects on Mining Waste Recycling. Brussels : EC, 2025. 45 p. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/101058632>
3. OECD. Mining Ecosystems in EU Regions: Challenges and Opportunities. Paris : OECD Publishing, 2025. 145 p. URL: https://www.oecd.org/en/publications/enhancing-regional-mining-ecosystems-in-the-european-union_97ba1224-en.html
4. European Commission. Digital Twins in Mining: Risk Forecasting Report. Brussels : EC, 2025. 78 p. URL: <https://farmonaut.com/mining/mining-digital-twin-7-key-advances-for-2025>
5. European Commission. EU Sustainability Regulations Outlook 2025. Brussels : EC, 2025. 56 p. URL: <https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/environmental-social-governance/eu-2025-sustainability-regulation-outlook.html>
6. European Environment Agency. Integrated Environmental Trends Analysis 2025. Copenhagen : EEA, 2025. 112 p. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/europe-environment-2025>
7. European Union. Global Gateway Initiative: Responsible Mining Partnerships. Brussels : EU, 2025. 34 p. URL: https://international-partnerships.ec.europa.eu/news-and-events/news/global-gateway-european-union-committed-sustainable-mining-partnerships-mining-indaba-conference-2025-02-03_en
8. UNECE. Resource Management Week Discussions 2025. Geneva : UNECE, 2025. 89 p. URL: <https://unece.org/circular-economy/news/unece-resource-management-week-2025-advancing-sustainable-resource-governance>
9. Environmental Science & Technology. Phytotechnologies for Heavy Metal Removal in Post-Mining Sites. 2025. Vol. 59, no. 12. P. 5678–5690. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9104525/>
10. Eurostat. Environmental Monitoring in Mining: Regulatory Update 2025. Luxembourg : Publications Office of the EU, 2025. 67 p. URL: <https://farmonaut.com/mining/environmental-regulations-affecting-mining-2025-compliance>
11. Journal of Sustainable Mining. Low-Impact Extraction Methods and SDG Integration. 2025. Vol. 24, no. 3. P. 45–62. URL: <https://jsm.gig.eu/journal-of-sustainable-mining/>
12. World Bank. Coordinated Policies on Critical Minerals: Global Perspectives. Washington, DC: World Bank, 2025. 102 p. URL: <https://www.weforum.org/stories/2025/08/why-investing-in-southern-africa-s-critical-minerals-is-key-for-the-global-energy-transition/>