УДК 504.06:622.79
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.6-69.57

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ НА ОСНОВІ ОПЕРАЦІЙ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ ЯК БУДІВЕЛЬНОГО РЕСУРСУ

Максимова Н.М.[1] (orcid.org/0000-0003-1684-7479),
Железняк Є.М.[1] (orcid.org/0009-0006-1578-4858),
Петрушина Г.О.[2] (orcid.org/0000-0001-5508-5193),
Мацак А.О.[1] (orcid.org/0000-0003-2856-9437)
[1]ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка»
Південне шосе, 80, 69008, м. Запоріжжя
[2]Дніпровський державний аграрно-економічний університет
вул. Сергія Єфремова, 25, 49006, м. Дніпро
natalya.maksimova@mipolytech.education, yelizaveta.zhelezniak@mipolytech.education,
petrushyna.h.o@dsau.dp.ua, anton.matsak@mipolytech.onmicrosoft.com

Гірничо-збагачувальні комбінати, основним напрямом діяльності яких є виробництво концентрату та окатків, належать до потужних утворювачів відходів виробництва, зокрема розкривних порід і хвостів збагачення. На підставі аналітичних досліджень показано, що одним із перспективних напрямів удосконалення системи управління відходами є залучення мінеральних відходів до виробництва будівельних матеріалів, що сприятиме підвищенню ефективності використання ресурсів і скороченню витрат на поводження з відходами. Показана економічна доцільність використання відходів гірничодобувного виробництва з огляду на зменшення витрат підприємства на сплату екологічного податку за розміщення відходів. Теоретико-методологічною основою роботи став аналіз національного та закордонного досвіду відновлення й повторного використання відходів гірничодобувної промисловості в контексті екологізації виробничих процесів. В основі методичного підходу покладено систематизація видів відходів гірничо-збагачувального комбінату та їх ідентифікація відповідно до Національного переліку відходів, а також розрахунок екологічного податку за їх розміщення згідно з положеннями чинного Податкового кодексу України та відповідного законопроєкту. Результати розрахунків, виконаних з урахуванням обсягів основних видів будівельних робіт, передбачених проєктом реконструкції наявного хвостосховища, підтвердили економічну доцільність використання скельних розкривних порід для задоволення власних будівельних потреб підприємства. Впровадження ефективних технологічних рішень щодо відновлення відходів, зокрема шляхом інтеграції щебеневого виробництва у виробничу структуру комбінату, а також використання окремих видів відходів як побічних продуктів, є перспективним напрямом удосконалення екологічного менеджменту промислових підприємств. Реалізація таких заходів сприятиме не лише оптимізації виробничих витрат і зменшенню фіскального навантаження, а й скороченню негативного впливу на довкілля, раціональному використанню мінеральних ресурсів та реалізації принципів сталого розвитку промислового сектору. *Ключові слова:* управління відходами, операції відновлення, відвали гірських порід, відходи видобутку, циркулярна економіка, рециклінг, пуста порода, щебінь, будівельні матеріали.

Environmental and economic aspects of waste management at mining and concentration complexes based on their recycling as a construction resource. Maksymova N., Zhelezniak Ye., Petrushyna H., Matsak A.

Mining and processing plants, whose primary activities involve the production of iron ore concentrate and pellets, are major sources of industrial waste, particularly overburden rocks and mineral processing tailings. Based on analytical studies, the utilization of mineral waste in the production of construction materials has been identified as one of the most promising approaches to improving waste management systems, increasing resource efficiency, and reducing waste management costs. The economic feasibility of utilizing mining waste has also been demonstrated, taking into account the potential reduction in enterprises' environmental tax liabilities associated with waste disposal. The theoretical and methodological framework of the study is based on an analysis of national and international practices in the recovery and reuse of mining waste within the context of the transition to more environmentally sustainable production processes. The methodology involves systematizing the types of waste generated by mining and processing plants, identifying them in accordance with the National List of Waste of Ukraine, and calculating the environmental tax payable for waste disposal in accordance with the current Tax Code of Ukraine and relevant draft legislation. The calculations, based on the volumes of major construction works envisaged in the existing project for the reconstruction of the tailings storage facility (TSF), confirmed the economic feasibility of utilizing hard-rock overburden to meet the enterprise's internal construction needs. The implementation of effective waste recovery technologies, particularly the integration of crushed stone production into the plant's operations and the use of specific waste streams as by-products, represents a promising approach to improving the environmental performance of industrial enterprises. Implementing these measures would help optimize operating costs and reduce the tax burden while mitigating adverse environmental impacts, promoting the rational use of mineral resources, and advancing sustainable development in the industrial sector. *Key words:* waste management, recovery operations, rock waste dumps, mining waste, circular economy, recycling, waste rock, crushed stone, construction materials.

© Максимова Н.М., Железняк Є.М., Петрушина Г.О., Мацак А.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Постановка проблеми. Структура утворення відходів в Україні значною мірою визначається сировинною спрямованістю національної економіки. Переважна частина відходів припадає на добувну промисловість і представлена розкривними породами та продуктами збагачення корисних копалин, зокрема шламами й хвостами. За наведеними даними, частка цієї категорії становить понад 83,6 % загального обсягу утворених відходів, тоді як на інші види економічної діяльності припадає 16,4 % [1–2]. Зокрема, у 2020 році внаслідок діяльності підприємств, пов'язаної з відкритим видобуванням металевих руд, було утворено 366,9 млн т відходів [1]. Територіальний розподіл місць їх накопичення безпосередньо пов'язаний із розташуванням основних гірничодобувних районів України, серед яких Донбас, Кривбас, Львівсько-Волинський регіон та деякі інші території [2].

Тривале накопичення промислових відходів створює суттєві екологічні ризики та негативно позначається на функціонуванні природних екосистем. Зони наднормативного забруднення, зумовленого впливом об'єктів накопичення відходів видобування й перероблення мінеральної сировини, можуть виходити за межі встановлених санітарно-захисних зон (СЗЗ). Водночас передбачена санітарними вимогами відстань у 300 м для хвостосховищ і шламонакопичувачів розглядається як мінімально допустима, що свідчить про необхідність урахування фактичних масштабів їхнього впливу на довкілля під час оцінювання екологічної безпеки прилеглих територій [2–3].

Неефективне використання природних ресурсів посилює ризики їх виснаження та зумовлює необхідність переходу до більш раціональних моделей господарювання. За цих умов особливого значення набувають збереження мінерально-сировинної бази, відновлення ресурсів, перероблення промислових відходів і повторне використання матеріалів. Зазначені напрями стають важливими складовими стратегій розвитку національних економік і міжнародних економічних суб'єктів у різних галузях [4–5]. Наявність доступних мінеральних ресурсів є одним із визначальних чинників забезпечення довгострокової економічної стабільності та сталого розвитку держав [6].

Актуальність дослідження. Оптимізація матеріальних потоків шляхом рециклінгу великотоннажних відходів гірничодобувної промисловості, зокрема розкривних порід і хвостів збагачення, є одним із пріоритетних завдань у контексті переходу до циркулярної економіки. Такий підхід передбачає перетворення відходів на вторинні матеріальні ресурси, зменшення потреби у видобуванні первинної сировини та скорочення обсягів відходів, що підлягають остаточному розміщенню.

Формування більш сталих і циркулярних моделей управління мінеральними ресурсами посідає важливе місце серед політичних ініціатив Європейського Союзу, спрямованих на забезпечення економічного розвитку та підвищення конкурентоспроможності. Європейська політика у сфері управління відходами орієнтована на мінімізацію негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я населення, а також на підвищення ефективності використання природних ресурсів [7]. Реалізація політики забезпечення мінерально-сировинної безпеки в Європейському Союзі та інших країнах засвідчує стратегічну важливість надійного постачання мінеральних ресурсів для підтримання ефективності національних економік [8]. Водночас посилення обмежень щодо доступу до первинної сировини може стимулювати розроблення та впровадження нових організаційних і технологічних підходів. Їх реалізація передбачає скорочення потреби в первинних ресурсах, підвищення ефективності їх використання та розширення можливостей вилучення корисних компонентів із промислових відходів [9].

Довгостроковою стратегічною метою ЄС є формування так званого суспільства рециклінгу, функціонування якого ґрунтується на запобіганні утворенню відходів і максимальному залученні тих відходів, утворення яких неможливо уникнути, до повторного використання як вторинних ресурсів [9, 10].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Тематика досліджень відповідає за змістом цілям сталого розвитку 9 і 12, які зазначені в Указі Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». Забезпечення сталого використання природних ресурсів під час здійснення виробничої діяльності гірничо-збагачувальних комбінатів, а також під час проєктування і будівництва об'єктів, повною мірою відповідає принципам ієрархії управління відходами відповідно до Закону України «Про управління відходами».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Заміщення природної сировини вторинними матеріалами та побічною продукцією виробництва є важливим напрямом раціонального використання ресурсів, що відповідає принципам циркулярної економіки та підтримується державою. Згідно з ДСТУ 9171:2025, стале використання ресурсів у будівництві передбачає вдосконалення управління відходами й зменшення залежності економічного розвитку від споживання первинної сировини та енергії.

Обсяги утворення розкривних порід і хвостів збагачення залежать від багатьох факторів, зокрема геологічних умов залягання корисних копалин і технологій видобування: у Західній Австралії на тонну залізної руди припадає близько 2 тонн хвостів, тоді як у Бразилії – приблизно 0,4 тонни [11–13].

Використання залізорудних хвостів у будівництві дає змогу скоротити споживання природної сировини та вуглецевий слід галузі. Досліджується їх застосування у виробництві бетону [14], черепиці [15] і

цегли [16]. Зокрема, встановлено, що цегла з додаванням хвостів може бути екологічно безпечною завдяки переважному перебуванню елементів у складі матеріалу в іммобілізованому стані [17].

Оскільки заповнювачі становлять близько 70–80 % об'єму бетону, зростання потреб будівництва в цій продукції посилює видобування природних матеріалів і виснаження мінеральних ресурсів. Використання вторинної сировини зменшує потребу в первинних заповнювачах і скорочує обсяги відходів у відвалах [5, 18]. Подрібнені породи придатні для виробництва штучного піску й бетонних сумішей, однак їхні властивості можуть обмежувати застосування у високоміцних бетонах. Зокрема, підвищений вміст кам'яного порошку у матеріалах із магнетитового кварциту ускладнює використання їх як дрібного заповнювача [5, 19]. Тому необхідні подальші дослідження та вдосконалення технологій перероблення.

Важливим напрямком є також використання розкривних порід у дорожньому будівництві як мінерального заповнювача [20]. Інтеграція щебеневих комплексів до структури гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) дає змогу перетворювати відходи на товарну продукцію, розширювати сировинну базу підприємств і підвищувати ефективність використання ресурсів [21]. Економічна доцільність повторного використання розкривних порід значною мірою залежить від транспортних витрат і відстані до споживачів. За результатами дослідження [20], таке використання є перспективним у межах території до 100 км від відвалів.

Перехід до циркулярної економіки та реалізація Європейського зеленого курсу потребують системних змін у проєктуванні продукції, виробничих технологіях, бізнес-моделях і споживанні [22]. Важливими передумовами є класифікація, підготовка відходів до повторного використання, розвиток технологій переробки, а також удосконалення фінансових механізмів, екологічного оцінювання й державної політики [20, 23].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Перспективним напрямом удосконалення управління відходами гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) є перероблення мінеральних відходів на товарну продукцію. Це сприяє залученню вторинної сировини у виробництво, скороченню обсягів розміщення відходів і відповідних витрат. Водночас потребує комплексного оцінювання економічна доцільність використання розкривних порід як вторинної будівельної сировини з урахуванням технологічних можливостей та податкових наслідків.

Метою дослідження є підвищення ефективності управління відходами ГЗК шляхом обґрунтування можливостей виробництва вторинної будівельної сировини та оцінювання потенціалу скорочення витрат на розміщення відходів.

Наукова новизна. Запропоновані практичні підходи спрямовані на підвищення ефективності операційної діяльності гірничо-збагачувальних комбінатів, на забезпечення сталого використання природних ресурсів і здешевлення будівельних робіт та мінімізації впливів на довкілля за рахунок зменшення кількості відходів, що видаляються.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження ґрунтується на аналітичному оцінюванні ефективності управління відходами, їх класифікації відповідно до Національного переліку відходів і порівняльному аналізі підходів до екологічного оподаткування.

Виклад основного матеріалу. Ієрархія управління відходами передбачає пріоритетність запобігання їх утворенню, повторного використання, рециклінгу та інших операцій відновлення з метою мінімізації обсягів остаточного видалення [24]. На ГЗК цей підхід може реалізуватись через скорочення утворення відходів та інтеграцію операцій їх відновлення у виробничі процеси.

Основними категоріями відходів видобування й перероблення залізних руд є 01 01 01 Відходи видобування металічних корисних копалин (рудні), 01 03 06 Хвости інші, ніж зазначені за кодами 01 03 04 і 01 03 05, тобто хвости збагачення [25]. Значні обсяги цих матеріалів зумовлюють необхідність їх залучення до внутрішніх виробничих і господарських потреб підприємств [26–27].

Відповідно до додатка 2 Закону України «Про управління відходами», розкривні породи можуть спрямовуватися на операцію D1 Розміщення на поверхні чи в землі, у тому числі захоронення тощо, зокрема складування у відвалах, або на R5 Рециклінг/відновлення інших неорганічних матеріалів. До останнього операції належать використання скельних порід для зведення дамб хвостосховищ і перероблення порід на щебінь для будівництва та облаштування доріг.

В Україні вже розроблено технології використання скельних порід і відходів сухого магнітного збагачення залізистих кварцитів для виробництва будівельних матеріалів. Зокрема, ДСТУ Б В.2.7-34-2001 поширюється на щебінь із середньою густиною зерен понад 2,8 до 3,2 г/см^3, отриманий із відходів видобування. Інтеграція щебеневого комплексу до структури ГЗК дає змогу забезпечувати власні будівельні потреби та реалізовувати продукцію стороннім споживачам [4, 21, 28].

Економічною передумовою перероблення скельних розкривних порід є можливість уникнення витрат на екологічний податок за їх розміщення. Наприклад, згідно з проєктом нарощування ярусів хвостосховища [27], для будівельних робіт передбачено використання 12 373 м^3 щебеню для баластної призми, 301 422 м^3 гірської маси для кріплень і 996 м^3 кварцитового відсіву. Крім того, близько 1 063 858 м^3 хвостів збагачення планується залучити

до спорудження ярусів хвостосховища. За умови, що в будівництві можна використати 314 791 м^3 гірської породи, середньої щільності 1,5 т/м^3, то її приблизна маса становитиме 472 186,5 т. Використання цього обсягу як вторинної будівельної сировини замість складування у відвалах потенційно зменшить податкові витрати підприємства.

Відповідно до підпункту 14.1.223 Податкового кодексу України, розміщення відходів передбачає їх постійне перебування або захоронення у спеціально відведених місцях чи на відповідних об'єктах. Платниками екологічного податку є суб'єкти господарювання, діяльність яких передбачає розміщення відходів, з урахуванням установлених законодавством винятків [29].

Згідно зі статтею 246 Податкового кодексу України (редакція від 17.09.2026 і від 01.11.2026) [29], ставка податку за розміщення відходів IV класу небезпеки в розглянутому випадку становить 0,54 грн/т. За умов, коли місце розміщення не забезпечує повного запобігання забрудненню повітря або води чи розташоване в межах населеного пункту або на відстані до 3 км від нього, застосовується коефіцієнт 3. Тому розглянуто два сценарії: сприятливий (К = 1) і несприятливий (К = 3). Податкове зобов'язання визначається як добуток ставки податку, маси відходів і відповідного коефіцієнта [29]. Для 472 186,5 т гірської породи сума податку становитиме 254 980,71 грн та 764 942,13 грн за К = 1 та К = 3 відповідно.

На початку 2024 року у законопроєкті [30] запропоновано ставку 6,43 грн/т для розміщення безпечних відходів видобувної промисловості та понижувальний коефіцієнт 0,2 для кодів відходів 01 01 01 і 01 01 02. За цих умов фіскальне зобов'язання становитиме Пзв = 607 231,84 грн.

Отже, використання розкривних порід у будівництві замість їх розміщення у відвалах потенційно дасть змогу уникнути податкових витрат у розмірі 255,0–764,9 тис. грн за чинними положеннями Податкового кодексу України або близько 607,2 тис. грн за сценарієм законопроєкту [30]. Хоча запропонована ставка 6,43 грн/т майже в 12 разів перевищує чинну ставку 0,54 грн/т, застосування коефіцієнта 0,2 частково пом'якшує фінансове навантаження на підприємства.

У законопроєкті, оприлюдненому 30 липня 2026 року, запропоновано встановити ставку податку за 1 тонну захоронених безпечних відходів групи 01 Національного переліку в розмірі 0,02 % мінімальної заробітної плати, установленої на початок звітного року. На період воєнного стану передбачено застосування 30 % базової ставки [31]. За мінімальної заробітної плати 8 647 грн екопадаток складе: 244 979,80 грн при 30% (перехідні положення) та 816 599,33 грн при 100%. Цим законопроєктом також пропонується виключити з оподатковуваних обсягів відходи видобувної промисловості, які використовуються для відновлення, зокрема зворотного заповнення, відповідно до плану управління відходами, а також матеріали, передані протягом року після утворення на об'єкти оброблення для відновлення або видалення.

Головні висновки. Великотоннажні відходи гірничодобувної промисловості мають значний потенціал як вторинна сировина для будівництва, що дає змогу скоротити використання первинних мінеральних ресурсів. Створення щебеневих комплексів на ГЗК забезпечить перероблення скельних розкривних порід для власних потреб і реалізації стороннім споживачам. Це сприятиме зменшенню накопичення відходів у відвалах, скороченню потреби в природній сировині та зниженню техногенного навантаження на довкілля.

На прикладі проєкту реконструкції хвостосховища оцінено потенціал скорочення податкових витрат у разі використання розкривних порід як вторинної будівельної сировини. Розрахунки виконано з урахуванням чинного Податкового кодексу України та запропонованих законодавчих змін.

Перспективи використання результатів дослідження. Інтеграція щебеневого комплексу у виробничу структуру ГЗК дасть змогу вдосконалити управління відходами, сприятиме скороченню обсягів розміщення відходів, зменшенню податкових витрат і додатковому економічному ефекту відповідно до принципів циркулярної економіки. Подальші дослідження доцільно спрямувати на оцінювання технологічної й економічної ефективності щебеневих комплексів, визначення можливих обсягів виробництва вторинної сировини та оптимізацію логістики її використання.

Література

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-v-ukrayini/ (дата звернення: 01.07.2026).
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-v-ukrayini/ (дата звернення: 01.07.2026).
3. Davila R. B., Fontes M. P. F., Pacheco A. A., Ferreira M. S. Heavy metals in iron ore tailings and floodplain soils affected by the Samarco dam collapse in Brazil. *Science of the Total Environment.* 2020. Vol. 709. Article 136151. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136151.
4. Koval V., Kryshtal H., Udovychenko V., Soloviova O., Froter O., Kokorina V., Veretin L. Review of mineral resource management in a circular economy infrastructure. *Mining of Mineral Deposits.* 2023. Vol. 17, No. 2. P. 61–70. DOI: https://doi.org/10.33271/mining17.02.061.

5. Li Y., Huang M., Li J., Zhang S., Yang G., Chen X., Du H., Ni W., Song X., Hitch M. Performance Assessment of All-Solid-Waste High-Strength Concrete Prepared from Waste Rock Aggregates. *Materials*. 2025. Vol. 18, No. 3. Article 624. DOI: https://doi.org/10.3390/ma18030624.
6. Tiess G., Sokolova I., Klochkov S. Effective mineral policy as a key factor for sustainable economy. *Геолог України*. 2021. № 1–2 (44–45). С. 34–40. DOI: https://doi.org/10.53087/ug.2021.1-2(44-45).238854.
7. Europe 2020 A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. COM/2010/2020 final. EUR-Lex : official website. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52010DC2020 (дата звернення: 01.07. 2026).
8. Popescu A. The geopolitical impact of the emerging technologies. *Bulletin Of Carol I National Defence University*. 2022. 10 (4). P. 7-21. DOI: https://doi.org/10.53477/2284-9378-21-38.
9. Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. COM/2010/2020 final. EUR-Lex. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52010DC2020 (дата звернення: 01.07.2026).
10. Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy. COM/2015/0614 final. EUR-Lex : official website. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52015DC0614 (дата звернення: 01.07. 2026).
11. Kuranchie F.A., Shukla S.K., Habibi D. Utilisation of iron ore mine tailings for the production of geopolymer bricks. *Int. J. Min. Reclam. Environ*. 2016. 30 (2). P. 92-114. DOI: https://doi.org/10.1080/17480930.2014.993834
12. Dauce P.D., de Castro G.B., Lima M.M.F., Lima R.M.F. Characterisation and magnetic concentration of an iron ore tailings. *J. Mater. Res. Technol*. 2019. 8 (1). P. 1052-1059. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.07.015
13. Thejas H.K., Nabil Hossiney. Alkali-activated bricks made with mining waste iron ore tailings. *Case Studies in Construction Materials*. 2022. Vol. 16. Article e00973. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00973.
14. Lv X., Lin Y., Chen X., Shi Y., Liang R., Wang R., Peng Z. Environmental impact, durability performance, and interfacial transition zone of iron ore tailings utilized as dam concrete aggregates. *J. Clean. Prod*. 2021. 292. Article 126068. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126068
15. Eugênio T.M.C., Fagundes J.F., Viana Q.S., Vilela A.P., Mendes R.F. Study on the feasibility of using iron ore tailing (iot) on technological properties of concrete roof tiles. *Constr. Build. Mater*. 2021. 279. Article 122484. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122484
16. Zhang N., Tang B., Liu X. Cementitious activity of iron ore tailing and its utilization in cementitious materials, bricks and concrete. *Constr. Build. Mater.* 2021. 288. Article 123022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123022
17. Mendes B.C., Pedroti L.G., Fontes M.P.F., Ribeiro J.C.L., Vieira C.M.F., Pacheco A.A., de Azevedo A.R.G. Technical and environmental assessment of the incorporation of iron ore tailings in construction clay bricks. *Constr. Build. Mater*. 2019. 227. Article 116669. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.08.050
18. Feng W., Dong Z., Jin Y., Cui H. Comparison on micromechanical properties of interfacial transition zone in concrete with iron ore tailings or crushed gravel as aggregate. *J. Clean. Prod.* 2021. 319. Article 128737. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128737.
19. Benarchid Y., Taha Y., Argane R., Tagnit-Hamou A., Benzaazoua M. Concrete containing low-sulphide waste rocks as fine and coarse aggregates: Preliminary assessment of materials. *J. Clean. Prod*. 2019. 221. P. 419–429. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.227.
20. Amrani M., Taha Y., Kchikach A., Benzaazoua M., Hakkou R. Field and Economic Studies on Mine Waste: Sustainable Reuse as Aggregates for Low Traffic Pavement Structure. *Sustainability*. 2022. 14(19), Article 12540. DOI: https://doi.org/10.3390/su141912540
21. Koken E. Evaluation of the capacity of apron feeders used in crushing–screening plants by response surface methodology and artificial intelligence methods. *Mugla Journal of Science and Technology*. 2024. 10(1). P. 142-151. DOI: https://doi.org/10.22531/muglajsci.1408783.
22. Thejas HK., Hossiney N. A short review on environmental impacts and application of iron ore tailings in development of sustainable eco-friendly bricks. *Mater. Today: Proc*. 2021. 61 (2). P. 327-331. DOI: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.522
23. Про затвердження Методичних рекомендацій з підготовки звіту з оцінки впливу на довкілля для видів діяльності у галузі видобування корисних копалин. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : офіційний веб-сайт. URL: https://mepr.gov.ua/diyalnist/otsinka-vplyvu-na-dovkillya/normatyvno-metodychne-zabezpechennya/ (дата звернення: 01.07.2026).
24. Сучасне керування відходами відповідно до принципів циркулярної економіки : Посібник курсу ZWA deep level / за ред. Ю. Уманського ; ГО «Український центр європейської політики», ГО «Центр громадських та медійних ініціатив». 2021. 140 с. URL: https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2023/08/Сучасне-керування-відходами-відповідно-до-принципів-циркулярної-економіки.pdf (дата звернення: 01.07.2026).
25. Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів : Постанова Кабінету Міністрів України. Редакція від 25.12.2025. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1102-2023-%D0%BF#Text (дата звернення: 01.07.2026).
26. Shahba S., Arjmandi R., Monavary M., Ghodusi J. Iron ore waste classification according to unep guidelines (case study: golgohar mining and industrial complex in Sirjan, Iran). *Ecology and environmental research*. 2017. 15(4). С. 943-956. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1504_943956.
27. Звіт з оцінки впливу на довкілля «Реконструкція існуючого хвостосховища для підтримання потужності комбінату» : реєстр. № справи 20187161252 / ПРАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат». Київ, 2018. 109 с. URL: https://eco.gov.ua/categories/e-ovd (дата звернення: 01.06.2026).
28. Valovoi O., Brovko D., Afanasiev V., Valovoi M., Popruha D. Results of the Study of Mining and Processing Plant Waste for the Construction of Motor Roads and Railway Tracks. *Academic Journal Industrial Machine Building Civil Engineering*, 2025. 1 (64), 112–118. DOI: https://doi.org/10.26906/znp.2025.64.4053.
29. Податковий кодекс України. Державна податкова служба України : веб-сайт. URL: https://tax.gov.ua/nk/ (дата звернення: 01.07.2026).
30. Проєкт Закону України «Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо екологічного податку, що справляється за захоронення відходів та розміщення відходів видобувної промисловості». Новини від 03.01.2024. Оновлено 13.08.2024. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : офіційний веб-сайт. URL: https://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2024/08/2952-1.pdf (дата звернення: 11.10.2026).
31. Проєкт Закону України «Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо екологічного податку, що справляється за захоронення відходів» : оприлюднено Міністерством економіки України 30 липня 2026 року. Огляд законопроєкту. ЕкоПолітика : веб-сайт. URL: https://www.me.gov.ua/view/2aabdeb0-11d0-41ce-8143-48ced326e829 (дата звернення: 11.10.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 16.10.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.11.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.11.2026