ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЇ І РЕАЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ – ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Валовой О.І., Валовой М.О., Афанасьєв В.В.

Криворізький національний університет

вул. В. Матусевича, 11, 50036, м. Кривий Ріг

valovojua@gmail.com

Висвітлено інформацію з питань екології та охорони навколишнього середовища у гірничодобувній промисловості і питання дослідження відходів гірничодобувної промисловості Кривбасу з подальшим їх використанням у промисловому, цивільному та транспортному будівництві.

Видобуток і переробка корисних копалин негативно впливають на навколишнє середовище. Щоб уникнути негативного впливу розробки корисних копалин на природне середовище, необхідно застосовувати цілий комплекс технологічних, технічних, організаційних, біологічних та інших заходів.

Так, на сьогодні в Україні промисловими відходами відчужується до 6 тис. га земельних ділянок. Щороку тільки відходи збагачення залізних руд становлять 70–90 млн тонн. На п'яти гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу із загального обсягу видобутої гірничої маси у вигляді товарної сировини використовується лише 30%, інша йде у відвали.

Це створює серйозну небезпеку для екологічного стану регіонів України й особливо Кривбасу. Проблеми використання промислових відходів вимагають невідкладного вирішення.

Властивості бетонів на заповнювачах із кварцово-залізного піску – відходах ГЗК – досліджувалися на будівельному факультеті КНУ та у Дніпропетровській філії НДІБВ. Вивчення технологічних особливостей збагачених відходів показало вплив їх якості на властивості бетонної суміші й тужавілого бетону. Відходи збагачення можна застосовувати у будівництві як дрібний заповнювач для бетонів і розчинів.

За результатами аналізу досліджень основних фізико-механічних характеристик бетонів на дрібних відходах ГЗК можна зробити висновок, що за міцністю та деформативними властивостями зазначені бетони не поступалися, а за деякими параметрами навіть перевершили традиційні бетони на кварцовому піску.

Розглянуто роботу конструкцій на відходах порівняно з конструкціями із традиційних бетонів, а також досвід їхнього впровадження в будівництво. Доведена можливість широкого застосування відходів гірничорудної та металургійної промисловості для виготовлення повноцінних залізобетонних виробів.

Комплексне використання природної сировини і відходів виробництва сприяє підвищенню рівня забезпечення будівництва матеріалами та виробами, раціональному розміщенню продуктивних сил, зменшенню витрат на геологорозвідувальні і пошукові роботи й, отже, забезпечує загалом підвищення ефективності капітальних вкладень в будівництво та його матеріально-технічну базу.

Перехід залізрудних комбінатів на маловідходне виробництво забезпечить їм стабільність доходів насамперед завдяки згладжуванню коливань попиту на основну продукцію. Використання для виробництва будівельних матеріалів та конструкцій залізистих кварцитів, шлакових відходів збагачення, піску, щебеню, а також суглинків і червоно-бурих глин із розкритих порід дозволить створити нові робочі місця, розвинути дорожню інфраструктуру, використовувати частину продуктів переробки для рекультивації зайнятих відвалами земель. *Ключові слова:* екологія та охорона навколишнього середовища, гірничодобувна промисловість, комплексне використання, відходи виробництва.

Environmental issues and usage of waste – prospects for the development of the mining industry. Valovoi A., Valovoi M., Afanasiev V.

The article contains information on ecology and environmental protection in the mining industry as well as on the issues related to the study of waste from the mining industry of Kryvbas with its subsequent use in industrial, civil and transport construction.

Mining and processing of minerals have a negative impact on the environment. To avoid the negative impact of mineral development on the natural environment, it is necessary to apply a whole range of technological, technical, organizational, biological and other measures.

So today in Ukraine, up to 6 thousand hectares of land plots are occupied by industrial waste. Every year, iron ore processing alone adds 70–90 million tons of waste. At five mining and processing plants of Kryvbas, only 30% of the total volume of extracted rock mass is used in the form of commercial raw materials, the rest goes to dumps.

This poses a serious danger to the ecological state of the regions of Ukraine and, especially, Kryvbas. The problems of usage of industrial waste require urgent solutions.

The properties of concretes based on aggregates made of quartzous and ferruginous sand – waste of mining and processing plant – were studied at the construction faculty of Kryvyi Rih National University and at the Dnepropetrovsk branch of the State Enterprise Research Institute of Construction Production. The study of technological features of enriched waste showed the influence of its quality

on the properties of concrete mix and hardened concrete. Enrichment waste can be used in construction as a fine aggregate for concrete and mortars.

Based on the results of the analysis of studies of the main physical and mechanical characteristics of concretes on small waste of mining and processing plant, it can be noted that in terms of strength and deformative properties, these concretes were not inferior, and in some parameters they were better than traditional concretes on quartz sand.

The article considers the work of waste-based structures in comparison with traditional concrete structures, as well as the experience of their implementation in construction. The possibility of widespread use of mining and metallurgical industry waste for the manufacture of full-fledged reinforced concrete products is proved.

The integrated use of natural raw materials and production waste contributes to an increase of the level of provision of construction with materials and products, rational allocation of productive forces, reduction of the cost of geological exploration, and, consequently, provides a general increase in the efficiency of capital investments in construction and its material and technical base.

The transition of iron ore plants to low-waste production will provide them with stability in income, primarily by smoothing out fluctuations in demand for basic products. The use of ferruginous quartzites, processing waste slag, sand, crushed stone, as well as loam and red-brown clays from uncovered soft ground for the production of building materials, products and structures will create new jobs, develop road infrastructure, and use the part of processed products for recultivation of land occupied by dumps. *Key words:* ecology and environmental protection, mining industry, integrated use, production waste.

Постановка проблеми. Видобуток і переробка корисних копалин здійснюють негативний вплив на навколишнє середовище. Підземна розробка родовищ призводить до порушення поверхні, виснаження запасів підземних вод, забруднення атмосфери викидами із шахти різних газів і шкідливого пилу, забруднення водойм шахтними водами тощо. Під час видобутку корисних копалин відкритим способом під гірничі відвали відчужуються значні площі земель сільськогосподарського і лісгосподарського призначення. Внаслідок проведення відкритих гірничих робіт не тільки порушується земна поверхня з утворенням земель, непридатних для повторного господарського застосування без виконання певного комплексу відновлювальних заходів, а й змінюються гідрогеологічні та мікрокліматичні умови місцевості. Великої шкоди природі завдають також відходи дробильних і збагачувальних фабрик. Щоб уникнути негативного впливу розробки корисних копалин на природне середовище, необхідно застосовувати цілий комплекс технологічних, технічних, організаційних, біологічних та інших заходів.

На сьогодні в Україні промисловими відходами відчужується до 6 тис. га земельних ділянок. Щороку тільки відходи збагачення залізних руд становлять 70–90 млн тонн. На п'яти гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу із загального обсягу видобутої гірничої маси у вигляді товарної сировини використовується лише 30%, інша йде у відвали. Загалом у відвалах і хвостосховищах цих комбінатів накопичилося понад 400 млн м³ мінеральних відходів. У середньому гірничо-збагачувальні комбінати Кривого Рогу щороку складають у відвали 15–20 млн м³ безрудних кварцитів.

Це створює серйозну небезпеку для екологічного стану регіонів України й особливо Кривбасу. Проблеми використання промислових відходів вимагають невідкладного вирішення.

Актуальність дослідження. У районах гірничодобувної промисловості зазвичай відбуваються інтенсивні перетворення природного середовища, що завдають йому певної шкоди. Це відчуження тери-

торій, потрібних для сільського господарства, під виконання гірничих робіт, гідрогеологічні та геохімічні зміни, забруднення шкідливими речовинами і хімічними елементами ґрунту та водойм, зміна мікроклімату тощо. Внаслідок проведення гірничих робіт виникає цілий комплекс небажаних перетворень навколишнього середовища, які визначаються переважно двома групами факторів. До першої групи належить порушення поверхні над відпрацьованими площами родовищ, до другої – формування в районі проведення гірничих робіт породних відвалів. Всі інші чинники є наслідком зазначених двох груп факторів. Їхній вплив на стан навколишнього середовища здебільшого визначається загальною системою заходів раціонального використання земних надр і повноти вилучення корисних копалин.

Останніми роками у сфері охорони навколишнього середовища проводилося комплексне оцінювання впливу гірничої промисловості на довкілля. Були складені якісні класифікації, що відображають причини і характер порушень елементів природного середовища внаслідок проведення гірничих робіт. Наприклад, причини, що викликають порушення навколишнього середовища, можуть поділятися на геомеханічні, гідрогеологічні, хімічні, фізико-механічні та термічні. Однак наразі економічна й екологічна ситуація в гірничодобувних регіонах перебуває у критичному стані. Це зумовлено великими втратами сировини під час видобутку, величезними обсягами відходів і низьким ступенем застосування мало-відходних і ресурсозаощаджувальних технологій, що особливо актуально для Криворізького басейну, на території якого накопичено понад 2,5 млн м³ розкритих порід і понад 1 млрд м³ відходів збагачення. Гірничодобувні підприємства займають понад 450 км², а відвали – більше 200 км² землі, яка могла б використовуватися в сільському господарстві.

В регіоні Кривбасу накопичилися величезні запаси відходів гірничорудної промисловості – окислених залізистих кварцитів. Дотепер їх кількість становить близько 500 млн тонн, і цей обсяг постійно збільшується.

Використання окислених залізистих кварцитів доцільне замість дорогих будівельних матеріалів – щебеню і піску високої якості. Тому найбільш перспективним, що забезпечує безвідходне виробництво в Кривбасі, є виготовлення залізобетонних конструкцій із бетонів на відходах, а також використання їх у дорожньому і транспортному будівництві, тим паче, що в багатьох областях країни спостерігається гострий дефіцит як кварцового піску, так і гранітного щебеню.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Забруднення природного середовища, виснаження деяких видів мінеральної сировини, ресурсів прісної води, скорочення площі родючих земель призводять до порушення сприятливої рівноваги у природі. Все це викликає необхідність вжиття попереджувальних та активних заходів із виключення або зменшення негативних наслідків впливу людини на природу [1–4].

Висвітлено інформацію з питань екології й охорони навколишнього середовища у гірничодобувній промисловості та питання дослідження відходів гірничодобувної промисловості Кривбасу з подальшим їх використанням у промисловому, цивільному та транспортному будівництві. Розглянуто дефіцит якісних дрібних заповнювачів і нагальну економічну необхідність комплексного використання відходів гірничо-збагачувальних комбінатів, а також доцільність вирішення цієї проблеми на відповідній науковій основі [5–7].

Властивості бетонів на заповнювачах із кварцово-залізистого піску досліджувалися на будівельному факультеті КНУ та в Дніпропетровській філії НДІБВ. Вивчення технологічних особливостей збагачених відходів показало вплив їхньої якості на властивості бетонної суміші й тужавілого бетону. Так, у роботах Г.Н. Бондаренко досліджені технологічні особливості збагачених відходів та виявлено їхній вплив на властивості бетонної суміші і затверділого бетону. Розроблено технологію гідрокласифікації відходів ГЗК, що дозволяє отримувати кілька різновидів матеріалів у вигляді штучних пісків різної крупності [8; 9].

У результаті проведених роботах Г.Т. Стороженко експериментальних досліджень із залізобетонними балками і стойками з бетону М200 на дрібному заповнювачі з відходів ГЗК виявлено особливості роботи цих конструкцій під навантаженням [10–13].

О.І. Валовой проводив експериментальні дослідження бетонних і залізобетонних конструкцій за повторних навантажень. Досвід застосування залізобетонних конструкцій із бетонів на відходах ГЗК за складних змінних експлуатаційних впливів показав їх високу ефективність і надійність. Виробничі випробування конструкцій підтвердили правильність запропонованих методів розрахунку [14–18].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Науково-технічний прогрес відкриває не тільки нові шляхи для задоволення потреб

людини, а й створює нові можливості для збереження і відновлення природних умов. Однією з таких можливостей є екологізація робіт, під якою розуміють розробку і впровадження у виробництво, комунальне господарство, повсякденне життя таких технологій, котрі б за максимального отримання високої якості продукції забезпечували збереження екологічної рівноваги в навколишньому середовищі і природному кругообігу речовин та енергії, не допускали забруднення довкілля. До найважливішої сторони екологізації технологій у гірничій промисловості належить комплексне використання природних ресурсів на основі створення та впровадження способів розробки родовищ і збагачення видобутих корисних копалин, що забезпечують безвідходне або маловідходне виробництво.

У гірничій промисловості безвідходні технології повинні розвиватися за чотирма основними напрямками.

Перший із них передбачає розробку та впровадження технологічних процесів і схем, які виключають або скорочують до мінімуму відходи і викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище і забезпечують замкнене водокористування.

Другий напрям – це проектування і впровадження систем переробки відходів виробництва і споживання.

Третій напрям полягає в розробці та впровадженні принципово нових процесів отримання традиційних видів продукції й усунення відходів.

Четвертий напрям, що забезпечує безвідходне виробництво, – створення регіональних промислових комплексів, в яких підприємства пов'язані переробкою відходів.

Новизна. Створення безвідходної технології можна реалізувати тільки в разі розробки і впровадження комплексу заходів, що включають, крім «закладки», скорочення кількості відходів під час видобутку руд і максимальне використання сировини під час переробки, а також використання відходів в інших галузях.

Лише за такого комплексного підходу можливе створення маловідходного, а в перспективі – і безвідходного, виробництва на гірничих підприємствах, що забезпечує мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище.

У зв'язку з цим важливе значення має екологічна експертиза проєктів, під якою розуміють систему комплексної оцінки всіх можливих екологічних і соціально-економічних наслідків здійснення проєктів будівництва та реконструкції великих об'єктів, зокрема і гірничорудних підприємств, спрямовану на запобігання їхньому негативному впливу на навколишнє середовище. До завдань екологічної експертизи входять розгляд на стадії проєктування документації на будівництво нових і реконструкцію чинних промислових об'єктів, комплексна експертиза можливого шкідливого впливу діяльності

таких об'єктів на стан навколишнього середовища, контроль за розробкою заходів для усунення їхнього негативного впливу на екологічні системи.

Методологічне або загальнонаукове значення. Під час проектування і здійснення проектів на гірничих підприємствах необхідно забезпечити комплексне вирішення питань охорони навколишнього середовища, впровадження високоефективних безвідходних технологічних схем виробництва, систем замкненого водокористування (без скидання забруднених вод), використання наукових досягнень і практики в галузі охорони природи. Необхідно екологічно обґрунтовувати вибір земельних ділянок під будівництво гірничих підприємств.

Основний напрям діяльності екологічної експертизи – вирішення проблеми охорони навколишнього середовища за умови забезпечення більш повної і комплексної переробки сировини, зменшення відходів виробництва, максимальної їх утилізації, економії земельних, водних та інших природних ресурсів. На стадії вибору будівельних майданчиків насамперед розглядається можливість використання для будівництва гірничих підприємств непридатних для сільськогосподарського використання земель або малопродуктивних угідь, можливість запобігання забрудненню земель, водойм, підземних водонесних горизонтів і повітряного басейну промисловими викидами і відходами виробництва.

Виклад основного матеріалу. На всіх гірничо-збагачувальних комбінатах способи збагачення залізних руд принципово однакові. За допомогою магнітної сепарації з послідовно подрібнюваної залізної руди видаляється порода, залишаючи максимальний відсоток заліза. Для збагачення залізистих кварцитів за допомогою методу мокрої магнітної сепарації виділяється велика кількість дрібнодисперсних відходів. Вони представляють собою суспензію твердих частинок у воді й діляться на відходи поточного виходу, які після збагачення руди не викинуто у відстійники, і хвости, що направляються гідротранспортом у сховища, де відбувається осадження твердих частинок.

На Криворіжжі видобуток і збагачення корисних руд здійснюється п'ятьма гірничо-збагачувальними комбінатами (Південним, Новокриворізьким, Північним, Центральним та Інгулецьким). Відходи поточного виходу на всіх ГЗК містять здебільшого однакову кількість зерен розміром 0,14–5 мм внаслідок однакового технологічного процесу. Гранулометричний склад хвостів мокрої магнітної сепарації змінюється в широких діапазонах.

Відходи із хвостосховищ більш грубозернисті через те, що в процесі накопичення дрібні та глинисті частинки води виносяться з відстійника, а великі – осідають у прибережній частині сховища. Середня щільність хвостів зі хвостосховищ коливається в межах 1400–1750 кг/м³.

Петрографічне вивчення показало, що відходи гірничо-збагачувальних комбінатів представлені переважно кварцом та бідними зростками кварцу з гематитом, магнетитом і сидеритом із вкрапленням в окремих випадках вільних зерен магнетиту, гематиту та зростків рудних матеріалів. За хімічним складом ці відходи складні й неоднакові для різних гірничо-збагачувальних комбінатів.

Для більш ефективного використання хвостів збагачення залізної руди їх фракціонують. Необхідність фракціонування особливо відчувається в разі використання хвостів як дрібного заповнювача бетонів відповідних конструкцій, де потрібна висока марка бетону й виключається перевитрата цементу. Можна фракціонувати як піски після першої стадії збагачення, так і хвости із хвостосховищ. За першою методикою виділення великої фракції відходів досягають на спеціальній установці завдяки застосуванню сепараторів ПБМ-90/250, магнітних дешламаторів МД-5, гідроциклонів діаметром 360 мм і стрічкових вакуум-фільтрів Л-4. Також перспективним є обладнання з ударно-балістичною технологією, розробленою на будівельному факультеті КНУ.

Через примусове відділення грубозернистої фракції від пульпи та через зневоднення кварцово-залізистий пісок за хімічним, гранулометричним складом та фізичними властивостями характеризується відносною сталістю. Він відповідає нормативним документам і може бути застосований у будівельних розчинах і бетонах.

Технологічна схема збагачення відходів із хвостосховищ передбачає як перспективне обладнання, так і те, що серійно випускається промисловістю.

До теперішнього часу науково-дослідними інститутами, вузами та будівельними організаціями проводилось всебічне вивчення властивостей бетонів, виготовлених із відходів підприємств гірничорудної промисловості.

Властивості бетонів на заповнювачах із кварцово-залізистого піску – відходах ГЗК – досліджувалися на будівельному факультеті КНУ та в Дніпропетровській філії НДІБВ.

Результати цих досліджень дозволили зробити висновки про те, що за використання цих відходів можна створювати бетони із заданими характеристиками: середньою щільністю, міцністю, деформативністю, водонепроникністю, стиранистю, й іншими важливими в експлуатації будівельних конструкцій властивостями. Було встановлено, що міцність бетону на дрібному заповнювачі з відходів ГЗК на 13–22% вища за міцність бетону на кар'єрному або річковому кварцовому піску. Це пояснюється великою шорсткістю зерен відходів та їх підвищеною міцністю.

Середня щільність бетонів, виготовлених із відходів ГЗК, на 5%, а із залізистих кварцитів – на 30% більша, ніж звичайних бетонів. Такі матеріали з підвищеною середньою щільністю відносяться до осо-

бливо важких бетонів, які застосовуються в захисних спорудах атомних електростанцій.

Крім того, бетони на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів і залізистих кварцитів мають підвищену міцність (на 30%) і знижену деформативність (до 40%), порівняно з традиційними бетонами. Цей ефект є результатом специфічних властивостей дрібного (піску зі шламових відходів) і великого (щебеню з залізистих кварцитів) наповнювачів бетону, зокрема, великої питомої поверхні, її «рваної» структури, підвищеного вмісту заліза.

Набуття міцності бетонів на відходах відбувається швидше, ніж у традиційних цементних сумішах. Це дозволяє вводити в експлуатацію будівельні конструкції у більш ранні строки після бетонування.

До переваг бетонів на відходах ГЗК, порівняно зі звичайними бетонами, відносять також знижену усадку (на 40% менше) і повзучість (зниження до 50%). Ці характеристики дуже істотні, тому що в процесі тривалої експлуатації усадка знижує тріщиностійкість матеріалу, а повзучість збільшує деформації конструкцій: прогини, відхилення від вертикалі, зміни форми.

До недоліків бетонів на відходах можна віднести їхню підвищену жорсткість й, як наслідок, важчі умови укладання та формування. Але ці параметри можна легко скорегувати в потрібному напрямі за допомогою використання у будівництві недорогих синтетичних пластифікуювальних добавок.

Попередньо напружені і звичайні (ненапружені) залізобетонні конструкції з використанням як наповнювачів відходів ГЗК можна отримувати в заводських умовах, не змінюючи технологічного процесу виготовлення. При цьому не потрібні додаткові затрати праці та капітальні вкладення.

Важливим аргументом на користь застосування відходів у серійному виробництві тримальних конструкцій (плит, ферм, балок) є те, що ці вироби не тільки задовольняють вимоги державних стандартів щодо міцності, жорсткості й тріщиностійкості, а й у багатьох випадках перевершують їх. Порівняння характеристик будівельних конструкцій показує, що у виробках на відходах вони помітно вищі, ніж у конструкціях, отриманих зі звичайних важких бетонів (за міцністю – на 20–25%, за тріщиностійкістю – на 15–20%, за деформативністю – на 30–35%).

При цьому собівартість залізобетонних плит, для виробництва яких були використані відходи гірничо-збагачувальних комбінатів, на 2,8–3,2% нижча, ніж собівартість таких же конструкцій, виготовлених із використанням кар'єрного піску і щебеню.

Головні висновки. Питання раціональної, комплексної переробки сировини, використання відходів і супутніх продуктів як джерел сировинних ресурсів для виготовлення корисної продукції мають велике значення і для нашої країни. Здебільшого це відноситься до будівництва як основного споживача різних видів матеріалів і конструкцій.

Важливе значення має вирішення соціальних питань – оздоровлення повітряного і водного басейнів, а також досягнення потрібного ефекту завдяки економії цінних сільськогосподарських земель у зв'язку з ліквідацією різних відвалів.

Комплексне використання природної сировини і відходів виробництва сприяє підвищенню рівня забезпечення будівництва матеріалами та виробами, раціональному розміщенню продуктивних сил, зменшенню витрат на геологорозвідувальні та пошукові роботи, а отже, забезпечує загалом підвищення ефективності капітальних вкладень у будівництво і його матеріально-технічну базу.

З утильної сировини можна виготовляти різні види матеріалів – стінові, оздоблювальні, теплоізоляційні, легкі наповнювачі для бетонів, в'язучі тощо. За допомогою матеріалів, вироблених із використанням відходів промисловості і супутніх продуктів, можна покривати значну частину потреби будівництва (від 20 до 35–40%) в ресурсах.

Відходи збагачення можна застосовувати в будівництві як дрібний заповнювач для бетонів і розчинів; для приготування малоклінкерних або безклінкерних в'язучих матеріалів; як заповнювач і мінеральний порошок в асфальтових сумішах під час укладання покриття проїжджої частини автомобільних доріг; як отощувач замість природного кварцового піску під час виробництва глиняної й автоклавної цегли. Відходи ГЗК використовують як баластний матеріал, під час виготовлення «худого» бетону і бетонного покриття за будівництва автомобільних доріг.

Водночас із правом власності на продукцію, що випускається, підприємства мають такі ж права на відходи свого виробництва.

Використання відходів має екологічний ефект прибирання забруднених територій, що дуже важливо, а також надає вигоду від застосування вторинної сировини, потрібно лише поглянути на звичні відвали по-новому, обрахувати необхідні витрати з підготовки до їхньої переробки, оцінити обсяги прибутків і зважитись на застосування їх у будівництві.

Перспективи використання результатів дослідження. Однією з умов подальшого вдосконалення природоохоронних заходів є складання єдиного кадастру ландшафтів. Складання кадастру насамперед залежить від своєчасної і науково обґрунтованої інформації. Розробка програми глобального моніторингу є складним завданням, тому що з багатьох тисяч речовин, які потрапляють в навколишнє середовище внаслідок людської діяльності, потрібно виділити такі, що мають шкідливі властивості й одночасно здатні поширюватися на великі відстані. Програма моніторингу повинна базуватися на використанні досягнень науково-технічного прогресу: автоматизованих систем контролю за станом навколишнього середовища на поверхні землі, аерокосмічних систем контролю, що надають інформацію про

зони й інтенсивність опадів, вологість ґрунту, стан сільськогосподарських культур та відходи виробництва тощо. До подібних інформаційних систем відносяться реалізовані наразі автоматизовані системи контролю забруднення повітря в містах і великих промислових об'єктах.

Комплексне використання ресурсів – це реальне подолання економічної безвиході для підприємств гірничорудної промисловості. Перехід залізрудних комбінатів на маловідходне виробництво забезпечить їм стабільність доходів насамперед завдяки згладжуванню коливань попиту на основну продукцію. Використання для виробництва будівельних матеріалів та конструкцій залісистих кварцитів, шлакових відходів збагачення, піску, щебеню, а також суглинків і червоно-бурих глин із розкритих пухких порід дозволить створити нові робочі місця, розвинути

дорожню інфраструктуру, використовувати частину продуктів переробки для рекультивації зайнятих відвалами земель.

Першими кроками у цьому напрямі можуть бути виділення в структурах ГЗК хоча б порівняно самостійних виробничих підрозділів, орієнтованих на видобуток і переробку нерудної супутньої сировини, і регулювання своєї діяльності відповідно до кон'юнктури ринку.

Такі малі підприємства могли б з вигодою продавати сировину для будівельних матеріалів. А в подальшому – підвищити свою рентабельність за допомогою випуску ходових економічно доцільних будівельних конструкцій.

Паралельно необхідно прагнути до підвищення рівня проектування розробки родовищ з урахуванням комплексного освоєння надр.

Література

1. Мосинец В.Н., Грязнов М.В. Горные работы и окружающая среда. Москва : Недра, 1978. 190 с.
2. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек. Москва : Высшая школа, 1980. 424 с.
3. Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации рудников / В.Н. Мосинец и др. Москва : Недра, 1981. 309 с.
4. Подобедов Н.С. Природные ресурсы земли и охрана окружающей среды. Москва : Недра, 1985. 237 с.
5. Виберг И.Ф. Заполнители для бетона из отходов горно-обогатительной промышленности. *Бетон и железобетон*. 1975. № 3. С. 6–7.
6. Попов Л.Н., Ипполитов Е.Н. Бетон с использованием отходов ГОКов. *Бетон и железобетон*. 1985. № 4. С. 7.
7. Зошук Н.И. Отходы ГОКов – мелкие заполнители бетона. *Бетон и железобетон*. 1985. № 4. С. 8–9.
8. Бондаренко Г.Н. Исследование кварцево-железистого сырья – отходов горно-обогатительных комбинатов, и его применение в тяжелых и ячеистых бетонах : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Днепропетровск, 1972. 28 с.
9. Бондаренко Г.Н. Обычные и высокопрочные бетоны на заполнителях из отходов ГОК. *Бетон и железобетон*. 1975. № 3. С. 10–12.
10. Стороженко Г.Т. Конструктивные элементы на местных материалах. *Будівельні матеріали і конструкції*. 1971. № 1. С. 12.
11. Железобетонные конструкции из бетона на отходах горнорудной и металлургической промышленности / Л.И. Стороженко и др. Киев : Будівельник, 1982. 72 с.
12. Василькова Г.А., Стороженко Г.Т. Бетоны на основе отходов горно-обогатительных комбинатов. *Будівельні матеріали і конструкції*. 1970. № 6. С. 8–9.
13. Шевченко Б.Н. Исследование прочности и деформативности предварительно напряженных железобетонных элементов, изготовленных из бетонов на мелких заполнителях – отходах горно-обогатительных комбинатов : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.01. Киев, 1980. 20 с.
14. Валовой А.И. Влияние кратковременных переменных нагрузок на прочность, деформативность и трещиностойкость железобетонных элементов из бетонов на отходах обогащения железных руд : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Киев : КИСИ, 1980. 20 с.
15. Valovoi A., Koval P., Eremenko A., Valovoi M., Volkov S. (2018) “Durability of beams with hybrid reinforcement from metal and basalt fiber reinforced polymer (BFRP) armature”. *MATEC Web of Conferences* 230, 02035. DOI: 10.1051/mateconf/201823002035.
16. Valovoi A., Eremenko A., Valovoi M., Volkov S. (2019) “Research of the Deflections of Beams Reinforced with BFRP Armature and Hybrid Reinforcement Using Metal and BFRP Armature”. *Actual Problems of Engineering Mechanics: Materials Science Forum*. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. Vol. 968. P. 301–308. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.968.301.
17. Valovoi A., Eremenko A., Valovoi M., Volkov S. (2020) “Crack resistance and width of crack opening of beams with hybrid reinforcement using BFRP and metal armature”. *Actual Problems of Engineering Mechanics: Key Engineering Materials*. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. Vol. 864. P. 149–157. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.864.149.
18. Валовой О.И., Срьоменко О.Ю., Валоной М.О. Корозійна стійкість бетонів на заповнювачах із відходів металургійної промисловості. *Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. 2016. Вип. 32. С. 15–22.