

ПАЦЕВА І.Г.,
завідувачка кафедри екології та природоохоронних технологій, доцент, к.т.н.
КІРЕЙЦЕВА Г.В.,
к.е.н., доцент кафедри екології та природоохоронних технологій
ПАЛІЙ О.В.,
аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій,
Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ, ОТРИМАНИХ ВНАСЛІДОК ВИДОБУВАННЯ БЛОЧНОЇ СИРОВИНИ, ЯК ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ

За минуле століття видобуток рудних матеріалів та гірничо-хімічної сировини збільшився у 27 разів, видобуток корисних копалин для потреб будівництва – у 34 рази, в той час як обсяг продукування біомаси збільшився лише у 3,4 рази. Збільшення попиту на корисні копалини означає збільшення освоєння та експлуатації запасів, а також збільшення швидкості мінерального виснаження візних регіонів. Згідно зі статистичними даними, опублікованими у 2020 році країнами, де активно розвивається індустрія виробництва блочної сировини, загальна кількість матеріалу, що щорічно видобувається з кар'єрів з видобутку блочної сировини, становить близько 316 млн. т., а близько 161,5 млн. т. стають кар'єрними відходами, що становить 51% видобутої сировини. Це є суттєвим показником економічних втрат та екологічних збитків.

Україна належить до провідних мінерально-сировинних держав світу. Поєднання різновікових (від архею до кайнозою) структурних елементів, що сформувалися внаслідок впливу всіх властивих становленню земної кори процесів, зумовило широкий діапазон корисних копалин, що становлять мінерально-сировинну базу країни. Український кристалічний масив (також Український щит) - піднятий блок порід фундаменту в південно-західній частині Східноєвропейської платформи, що простягається вздовж середнього і нижнього Дніпра. Масив має площу близько 200 000 км². Саме в цій частині знаходяться запаси високоякісної сировини - гранітоїдів, що характеризуються міцністю на стиск 100-300 МПа/см², високою зносо- і морозостійкістю. Саме на Житомирщину припадає 60% видобутку порід цієї сировини - граніту, мармуру, травертину, вапняку тощо. Ці породи є основою для отримання будівельних матеріалів не тільки в Україні. Провівши аналіз можливих шляхів використання відходів гірничо-видобувної галузі (табл. 1) встановлено, що найчастіше їх використовують у будівництві. Розростання міст і будівельна індустрія є основними причинами забруднення навколишнього середовища, що призводить до серйозних проблем сталого розвитку. Одним із шляхів досягнення цієї мети є виробництво будівельних матеріалів з відходів, таких як кам'яний пил або перероблений камінь, перероблений гравій та інші продукти, які є нетоксичними, придатними для багаторазового використання, відновлюваними та/або такими, що піддаються вторинній обробці та/або переробці.

Таблиця 1. Можливі шляхи використання відходів гірничо-видобувної галузі

Тип відходів	Можливі шляхи використання відходів
Дрібні кам'яні відходи (включаючи шлам)	Виробництво асфальту та бетону Виробництво цегли Заповнювачі для будівельних матеріалів Виробництво синтетичних заповнювачів Засоби для систем біофільтрації або рекультивациі ґрунту Мінеральний заповнювач для ґрунту Виробництво шинних сумішей Будівельні суміші і як інгредієнт будівельних сумішей
Відходи у вигляді заповнювачів	Інгредієнт будівельних сумішей Заповнювач для доріг Рекультивациа при ландшафтному дизайні та декоративне застосування Засоби для систем біофільтрації Заповнювач для габіонних конструкцій та фундаменту
Великі елементи каменю та бруківка	Рекультивациа при ландшафтному дизайні та декоративне застосування Заповнювач фундаментів Виробництво заповнювачів
Пошкоджені блоки та плити (неконденційна сировина)	Для матеріалів невеликого розміру Виробництво бруківки та плитки

Розглянемо основні шляхи використання відходів для виробництва бетонних сумішей, отриманих внаслідок видобування блочної сировини трьох основних груп корисних копалин: осадові породи (вапняк), метаморфічні породи (мармур), магматичні породи (граніт).

Вапняк - це тип осадової гірської породи, що складається в основному з кальциту і арганіту і є основним джерелом матеріального вапна. Було проведено ряд досліджень щодо використання відходів вапнякового порошку та інших компонентів в якості заміни цементу в легких бетонах. Таким чином, використання відходів вапнякових кар'єрів в якості заміни цементу дозволило б зменшити насипну щільність суміші та отримати

порівняно легший блок. Науковцями було проведено порівняльну характеристику використання відходів вапнякового порошку, золи рисового лушпиння та відходів деревних волокон як заміників цементу в легкому бетоні. Кожен вид відходів був доданий у співвідношенні 25% до цементу, а цемент був випробуваний на фізико-механічні властивості та довговічність. Результат випробувань показав, що серед змішаних відходів найкращі показники міцності на стиск спостерігалися при додаванні відходів вапнякового порошку. Також було відзначено, що використання відходів вапнякових кар'єрів в якості заміни цементу може знижувати насипну щільність суміші, що дозволить отримати порівняно легший блок.

Мармур - це метаморфічна гірська порода, яка утворюється, коли вапняк піддається впливу тепла і тиску. Він складається в основному з мінералу кальциту. Дослідження показало, що використання мармурового пилу в якості заміни піску в бетоні має значний вплив на механічні властивості бетону в порівнянні з заміною цементу. Дослідники використовували відходи мармурового кар'єру у виробництві цементу та бетону. Мармуровий пил додавали до цементу у співвідношенні 5%, 7,5%, 10% та 15% як заміник цементу при водоцементному відношенні 0,5 та 0,4. На основі експериментальних досліджень встановлено, що міцність на стиск підвищується при введенні мармурового пилу в якості заміни піску до 15% від маси піску. Також зафіксовано підвищення міцності при розтягуванні, покращення міцності зчеплення сталі з бетоном при введенні мармурового пилу до складу суміші. В цілому дослідження показало, що використання мармурового пилу в якості заміни піску в бетоні має значний вплив на механічні властивості бетону в порівнянні з заміною цементу.

Граніт - інтрузивна магматична гірська порода, що складається в основному з кварцу. Науковцями були проведені дослідження використання відходів гранітного кар'єру як часткової заміни річкового піску для виробництва бетонних сумішей. Включення таких відходів дало знижену оброблюваність, покращену міцність на стиск і кращу стійкість до стирання, ніж у контрольному варіанті суміші. У цьому дослідженні відходи гранітних кар'єрів використовувалися як часткова заміна річкового піску при відсотках заміни 10%, 25%, 40%, 55% і 70% при водоцементному відношенні 0,30, 0,35 і 0,40. Включення відходів дало підвищення міцності на стиск і кращу стійкість до стирання порівняно з контрольним складом суміші. Було відмічено, що при 55% заміненні гранітні відходи зменшили водопроникність та водопоглинання суміші, що покращило її стійкість до впливів хімічних компонентів, таких як хлориди, сульфати та луги. В цілому дослідження показало, що використання гранітних відходів в якості 25-40% заміни річкового піску позитивно вплинуло на міцність та довговічність сумішей.

На основі проведених досліджень можна стверджувати, що повторне використання відходів, що утворюються при розробці кар'єрів, дає змогу: змінити комплексний підхід до виробничих процесів; зменшити потребу у видобутку, збагаченні та переробці сировини, що призводить до забруднення навколишнього середовища; знизити загальні витрати на будівництво; створити новий альтернативний будівельний матеріал. Відходи можуть бути використані для виробництва нового продукту або як складова частина, що дозволяє більш ефективно використовувати природні ресурси та знизити рівень накопичення відходів, а отже дозволить наблизити суспільство до виконання цілей сталого розвитку. До завдань екологічно сталого розвитку добувних галузей відносять: впровадження маловідходних ресурсозберігаючих технологій добування комплексної поглибленої переробки сировини; удосконалення механізмів ліцензування та оплати за використання надр; пошук нових родовищ мінеральної сировини на принципах еколого-економічної доцільності їх освоєння; забезпечення можливості використання техногенних родовищ і відходів при формуванні балансу природних ресурсів на всіх рівнях природокористування; забезпечення державного контролю над обсягами, повнотою, ефективністю та доцільністю використання невідновлювальних природних ресурсів.

Отже, при регулюванні управління відходами видобувної галузі потрібно виходити з принципів концепції сталого розвитку, тобто необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних економічних потреб країни та її громадян і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному і здоровому довкіллі.