

УДК 502/504: 622.7: 666.9

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-4>

**Ольга ПАЛІЙ**

аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

**ORCID:** 0000-0001-9239-4956

**Ірина ПАЦЕВА**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

**ORCID:** 0000-0002-6572-681X

**Ганна КІРЕЙЦЕВА**

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

**ORCID:** 0000-0002-1055-1784

**Ілля ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО**

аспірант, асистент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

**ORCID:** 0000-0002-3240-8719

**Бібліографічний опис статті:** Палій О., Пацева І., Кірейцева Г., Циганенко-Дзюбенко І. (2023). Використання відходів гірничо-видобувної галузі, як альтернативної сировини у будівництві. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 27–35, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-4>

## ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИРОВИНИ У БУДІВНИЦТВІ

Стрімкий розвиток промисловості та значні обсяги відходів, що утворилися за останні десятиліття, посилили необхідність поєднання економічного зростання зі сталим розвитком та захистом довкілля. За останні десять років частка утилізації промислових відходів складала 27-34%. Високий рівень утворення відходів та низькі показники їх повторного використання призвели до того, що в Україні щороку нагромаджуються значні обсяги твердих відходів. Це величезний за своїми масштабами ресурсний запас.

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 в різних регіонах. Гірничо-видобувна промисловість відіграє стратегічну роль як постачальник для решти галузей промисловості багатьох основних видів сировини для сучасного суспільства. Найбільший комерційний та економічний інтерес представляють декоративні породи, які завдяки своїм естетичним, фізико-механічним і полірувальним характеристикам є сировиною, що дала поштовх розвитку так званої індустрії природного каменю. У цьому контексті на національному рівні сектор декоративного каменю в основному складається з вапняку, мармуру, граніту та інших порід (пісковіку, кварциту тощо).

При регулюванні управління відходами гірничо-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. 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.

**Ключові слова:** сталий розвиток, управління відходами гірничо-видобувної галузі, будівельна промисловість, будівельні суміші, екологічна безпека.

**Iryna PATSEVA**

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005*

**ORCID:** 0000-0002-6572-681X

**Hanna KIREITSEVA**

*PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005*

**ORCID:** 0000-0002-1055-1784

**Olga PALIY**

*PhD Student (Ecology), Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005*

**ORCID:** 0000-0001-9239-4956

**Illia TSYHANENKO-DZIUBENKO**

*PhD Student (Ecology) Assistant Professor of the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005*

**ORCID:** 0000-0002-3240-8719

**To cite this article:** Paliy O., Patseva I., Kireitseva H., Tsyhanenko-Dziubenko I. (2023). Vykorystannia vidkhodiv hirnycho-vydobuvnoi haluzi, yak alternatyvnoi syrovyny u budivnytstvi [Mining waste using as an alternative raw material in construction]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 27–35, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-4>

## **MINING WASTE USING AS AN ALTERNATIVE RAW MATERIAL IN CONSTRUCTION**

*Rapid industrial development and significant amounts of waste generated over the past decades have increased the need to combine economic growth with sustainable development and environmental protection. Over the past ten years, the share of industrial waste utilization was 27-34%. The high level of waste generation and low indicators of its reuse have led to the fact that significant volumes of solid waste are accumulated in Ukraine every year. This is a huge resource stock in terms of its scale.*

*Over the past century, the extraction of ore materials and mining and chemical raw materials has increased 27 times, the extraction of minerals for construction needs – 34 times, while the amount of biomass production has increased only 3.4 times. An increase in the demand for minerals means an increase in the development and exploitation of reserves, as well as an increase in the rate of mineral depletion in various regions. The mining industry plays a strategic role as a supplier for the rest of the industries of many basic types of raw materials for modern society. The greatest commercial and economic interest is represented by decorative rocks, which, thanks to their aesthetic, physical, mechanical and polishing characteristics, are the raw materials that gave impetus to the development of the so-called natural stone industry. In this context, at the national level, the decorative stone sector mainly consists of limestone, marble, granite and other rocks (sandstone, quartzite, etc.).*

*When regulating mining waste management, it is necessary to proceed from the principles of the concept of sustainable development, i.e. the need to establish a balance between meeting the current economic needs of the country and its citizens and protecting the interests of future generations, including their need for a safe and healthy environment. On the basis of the conducted research, it can be stated that the reuse of waste generated during the development of quarries makes it possible to: change the comprehensive approach to production processes; reduce the need for extraction, enrichment and processing of raw materials, which leads to environmental pollution; reduce overall construction costs; create a new alternative building material.*

**Key words:** *sustainable development, mining waste management, construction industry, construction mixtures, environmental safety.*

**Актуальність проблеми.** Стрімкий розвиток промисловості та значні обсяги відходів, що утворилися за останні десятиліття, посилили необхідність поєднання економічного

зростання зі сталим розвитком та захистом довкілля. Використання ресурсів та підвищення ефективності такого використання було розроблено в Рамковій директиві про управ-

ління відходами 2008/98/ЄС (Рамкова директива про управління відходами, 2008). У статті 3 цієї директиви вперше визначено низку термінів, таких як відходи, управління відходами, збирання, запобігання, відновлення, утилізація та побічні продукти. Крім того, стаття 4 встановлює ієрархію пріоритетів для законодавства та політики щодо запобігання утворенню відходів та управління ними за схемою (рис. 1). Під «переробкою», відповідно до цієї директиви розуміють «будь-яку операцію, основним результатом якої є те, що відходи слугують корисній меті шляхом заміни іншого матеріалу, який в іншому випадку був би використаний для виконання певної функції, або що відходи підготовлені для виконання цієї функції в установці або в економіці загалом».

Встановлено, що використання доменного шлаку, як альтернативної добавки у виробництві цементу дозволило зменшити на 29% кількість вапняку, що видобувається в кар'єрі на тону клінкеру, а також уникнути складування цих відходів на звалищах і зменшити викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу на 149 кг CO<sub>2</sub>/т клінкеру. У свою чергу, таке зменшення кількості вапняку, необхідного для виробництва клінкеру, пов'язане зі скороченням витрат енергії приблизно на 130-150 ккал/кг клінкеру в термічному процесі прожарювання вапняку (García, 2010)

За даними Державного комітету статистики (Офіційний сайт Державної служби статистики України), в Україні в 2021 році утворилося понад 352 млн.т відходів і 3,86 млн.т викидів

речовин, що забруднюють повітря. Більшість відходів – 96,63%, або 340 млн.т, – промислові, і лише 3,37%, або 11,85 млн.т – побутові. За останні десять років частка утилізації промислових відходів складала 27-34%. Високий рівень утворення відходів та низькі показники їх повторного використання призвели до того, що в Україні щороку нагромаджуються значні обсяги твердих відходів. Це величезний за своїми масштабами ресурсний запас.

Отже, при регулюванні управління відходами гірничо-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.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемами дослідження теоретичних та практичних аспектів щодо забезпечення утилізації, переробки та повторного використання відходів гірничо-видобувної галузі займається велика кількість зарубіжних вчених: Р. Ілангована, Н. Махендрана, К. Нагаманіб (Pangovana, Mahendrana, Nagamanib, 2008), К.К. Бабу, Р. Радхакрішнан, Е. Намбіар (Babu, Radhakrishnan, Nambiar, 1997), А.К. Саху, Суніл Кумар, А.К. Сачан (Sahu, Sunil Kumar, Sachan, 2003), Правін Кумар, С.К. Каушкік (Kumar, Kaushik, 2005), Суміт А. Бальваїк, С.П. Раут (Balwaik, Raut, 2022), Валерія Коріналдесі, Джіакомо Маріконі, Р. Тарун (Corinaldesi, Giacomo Moriconi, Tarun, 2005), Саліх Язікіо-



Рис. 1. Ієрархія управління відходами

глу (Yazicioglu, 2005), Сарбжіет Сінгх, Равіндра Нугар, Вінай Агравал, Адітья Рана, Аншуман Тіварі (Singh, Ravindra Nagar, Vinay Agrawal et al., 2016), Г. Медіна, І.Ф. Саез дел Боскуе, М. Фріаз, М.І. Санчез де Ройас, С. Медіна (Medina, Sáez del Bosque, Frías, 2017), Алі А. Аліабдо, Абд Елмоаті, Есраа М. Ауда (Aliabdo, Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty, 2014), М. Сахул Хамид, А.С.С. Секар (Sahul Hameed, Sekar).

Стратегічний аналіз передумов для впровадження управління відходами на регіональному рівні вивчали: О. Герасимчук, В. Шамрай, І. Коцюба (Kotsiuba, Herasymchuk, Shamrai, 2023). Сучасні методи утилізації і знешкодження відходів, в тому числі відходів гірничо-видобувної галузі у своїх працях вивчали такі вітчизняні вчені: С.В. Станкевич, Л.В. Головань, Є.М. Білецький, А.Є. Тітова, В.О. Меленті (Станкевич, Головань, Білецький та ін., 2020). Можливість застосування композитних матеріалів для армування архітектурно-будівельних виробів з каменю аналізували: В.В. Котенко, С.І. Башинський, І.А. Піскун, П.П. Цимбалюк (Котенко, Башинський, Піскун, Цимбалюк, 2021). Над удосконаленням методики оцінки придатності використання будівельного піску як сировини для інших галузей промисловості працювали: В.В. Котенко, С.І. Башинський, Г.В. Скиба, М.А. Колодій, Н.М. Остафійчук (Башинський, Котенко, Скиба, 2020).

**Метою дослідження** є обґрунтування та вивчення можливості використання відходів гірничо-видобувної галузі, як альтернативної сировини у будівництві відповідно до концепції сталого розвитку та сучасним вимогам щодо управління відходами.

**Викладення основного матеріалу дослідження.**

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 в різних регіонах. Згідно зі статистичними даними, опублікованими у 2020 році країнами, де активно розвивається індустрія виробництва блочної сировини, загальна кількість матеріалу, що щорічно видо-

бувається 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 (Careddu, Siotto, Siotto, 2013). 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 км<sup>2</sup>. Саме в цій частині знаходяться запаси високоякісної сировини – гранітоїдів, що характеризуються міцністю на стиск 100-300 МПа/см<sup>2</sup>, високою зносо- і морозостійкістю. Саме на Житомирщину припадає 60% видобутку порід цієї сировини – граніту, мармуру, травертину, вапняку тощо. Ці породи є основою для отримання будівельний матеріалів не тільки в Україні.

Розвідані запаси різновидів облицювального каменю складають 60 % від загальноукраїнських, а запаси лабрадоритів і габро становлять майже 90 % запасів цих корисних копалин в Україні. Щодо їх запасів, регіон займає лідируючі позиції не тільки в державі, але й у Європі. Для видобутку цих видів матеріалів використовуються блочний, відкритий, кар'єрний способи видобутку та такі види робіт, як буріння, вибухові роботи, різання. Ці операції призводять до утворення великої кількості відходів у вигляді пилу, валунів та кам'яної крихти. Відходи, що утворюються в каменеобробній промисловості, становлять приблизно 58% від загального обсягу продукції кар'єру (Torkaman, Ashori, Ali Momtazi, 2014).

Одним з істотних факторів, що визначають рентабельність видобутку каменю, є кількість матеріалів, що втрачаються в процесі видобутку. Згідно зі статистичними даними, опублікованими у 2020 році країнами, де активно розвивається індустрія виробництва каменю, загальна кількість матеріалу, що щорічно видобувається з кар'єрів з видобутку каменю, ста-

новить близько 316 млн. тон. Близько 161,5 млн тон стають кар'єрними відходами. З решти 154,5 млн тон, що транспортуються на каменю-обробні заводи, близько 63,35 млн. тон перетворюються на відходи під час переробки, а це означає, що лише 91,15 млн тон перетворюється на кінцевий продукт (Torkaman, Ashori, Ali Momtazi, 2014). На рисунку 2 наведено обсяги продукції та відходів, що утворюються на різних етапах виробництва блочної сировини.

Примітним моментом у цій статистиці є те, що загальний обсяг виробництва матеріалів з кар'єрів з видобутку габаритного каміння склав близько 316 млн тон, з яких 161,5 млн тон – відходи кар'єрів, а 154,5 млн тон – продукція, що надходить на заводи з переробки габаритного каміння.

Під час процесу виробництва декоративного каменю (різання – полірування – кінцевий продукт) утворюється значний обсяг відходів, який, за оцінками, становить приблизно 58% від кінцевої продукції. Такі відходи можна класифікувати за фізичним станом і розміром частинок на дві основні групи: шлам і тверді відходи, причому перші становлять від 20 до 30% кінцевої продукції (Torkaman, Ashori, Ali Momtazi,

2014). Відповідно до Європейських стандартів, ці відходи можуть бути каталогізовані в Європейському переліку відходів (EWL). Слід також зазначити, що вищезгадані відходи можуть бути класифіковані як інертні, якщо вони відповідають наступним характеристикам:

- дрібнозернисті відходи, що утворюються при різанні та розпилюванні природного каменю, які можуть бути твердими (сухими або вологими), напівтвердими або у вигляді пульпи, утвореної суспензією твердих речовин у воді;

- тверді відходи видобутку, що складаються з уламків гірських порід, непридатних для подальшої переробки, продажу або використання.

Утворення інертних відходів є екологічною проблемою через значний вплив, який вони мають на навколишнє природне середовище, а саме: порушення ландшафту через розміщення териконів та звалищ відходів; зміниться водопроникні властивості ґрунту, що перешкоджають просочуванню води до нижніх шарів, відновленню водоносних горизонтів тощо, а також розвитку рослинності; впливає на стан здоров'я людини, оскільки дрібнодисперсні частинки характеризуються невеликим відсо-

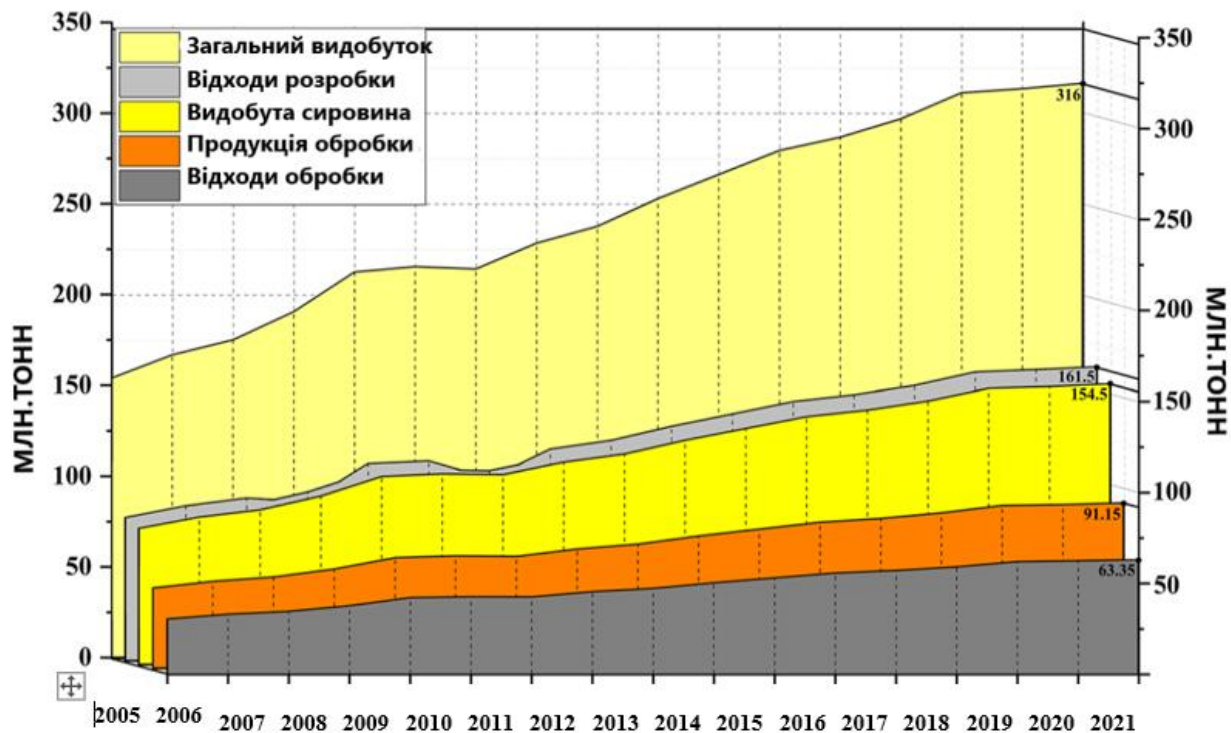


Рис. 2. Обсяги продукції та відходів, що утворюються на різних етапах виробництва блочної сировини [20]

тком кристалічного кремнезему, який при вдиханні може викликати захворювання легенів різного ступеня тяжкості.

Провівши аналіз можливих шляхів використання відходів гірничо-видобувної галузі (табл. 1) встановлено, що найчастіше їх використовують у будівництві, а саме, для виготовлення бетонних сумішей.

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 (Pangovana, Mahendrana, Nagamanib, 2008). 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 (Corinaldesi, Moriconi, Tarun, 2005; Yazicioglu, 2005; Aliabdo, Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty, Esraa M. Auda, 2014; Hameed, Sekar). 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.

Таблиця 1

**Можливі шляхи використання відходів гірничо-видобувної галузі**

Тип відходів	Можливі шляхи використання відходів
Дрібні кам'яні відходи (включаючи шлам)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Виробництво асфальту та бетону</li> <li>– Виробництво цегли</li> <li>– Заповнювачі для будівельних матеріалів</li> <li>– Виробництво синтетичних заповнювачів</li> <li>– Засоби для систем біофільтрації або рекультивації ґрунту</li> <li>– Мінеральний заповнювач для ґрунту</li> <li>– Виробництво шинних сумішей</li> <li>– Будівельні суміші і як інгредієнт будівельних сумішей</li> </ul>
Відходи у вигляді заповнювачів	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Інгредієнт будівельних сумішей</li> <li>– Заповнювач для доріг</li> <li>– Рекультивація при ландшафтному дизайні та декоративне застосування</li> <li>– Засоби для систем біофільтрації</li> <li>– Заповнювач для габійних конструкцій та фундаменту</li> </ul>
Великі елементи каменю та бруківка	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Рекультивація при ландшафтному дизайні та декоративне застосування</li> <li>– Заповнювач фундаментів</li> <li>– Виробництво заповнювачів</li> </ul>
Пошкоджені блоки та плити (неконденційна сировина)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Для матеріалів невеликого розміру</li> <li>– Виробництво бруківки та плитки</li> </ul>

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 (Singh, Nagar, Agrawal et al., 2016), (Medina, Sáez del Bosque, Frías et al., 2017). 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% заміщенні 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.

Отже, 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.

**Висновки.** Гірничо-видобувна промисловість відіграє стратегічну роль як постачаль-

ник для решти галузей промисловості багатьох основних видів сировини для сучасного суспільства, Найбільший комерційний та економічний інтерес представляють декоративні породи, які завдяки своїм естетичним, фізико-механічним і полірувальним характеристикам є сировиною, що дала поштовх розвитку так званої індустрії природного каменю. У цьому контексті на національному рівні сектор декоративного каменю в основному складається з вапняку, мармуру, граніту та інших порід (пісковіку, кварциту тощо).

До завдань екологічно сталого розвитку гірничо-добувних галузей відносять: впровадження маловідходних ресурсозберігаючих технологій добування та 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.

Слід зазначити, що найвищий рівень переробки у європейських країнах відповідає тим відходам, які підпадають під дію національних нормативних актів, тому дуже важливо проводити дослідження можливостей використання відходів у будівництві та визначити вимоги, яким мають відповідати відходи для їх безпечного використання, з метою заохочення переробки відходів в Україні.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Рамкова директива про управління відходами 2008/98/ЄС. URL: <http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/09/Ramkova-dyrektyva-presreliz.pdf>.
2. García I. (2010). Obtención de cementos eco-eficientes a partir de residuos cerámicos como materia prima alternativa. Tesis doctoral inédita leída en la Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Inorgánica. 1(1). pp. 374
3. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
4. R. Ilangovana, N. Mahendrana and K. Nagamanib (2008). Strength and durability properties of concrete containing quarry rock dust as a fine aggregate. APRN Journal pp. 20-26.
5. Babu K.K., Radhakrishnan R. and Nambiar E. K. K. (1997). Compressive strength of Brick Masonary with Alternative- Aggregate Mortar. CE and CR journal, New Delhi. pp. 25-29.
6. Sahu A.K., Sunil Kumar and Sachan A.K. (2003). Quarry dust Waste as a Fine aggregate for concrete. The Indian Journal. Pp. 845-848. Green Concrete: Using Industrial Waste [www.ijesi.org/](http://www.ijesi.org/)

7. Pravin Kumar, Kaushik S.K. (2005). SCC with crusher sludge, fly ash and micro silica. *The Indian Concrete Journal*, 79(8):32-37, August
8. Sumit A Balwaik, S.P. Raut. (2022). Utilization of Waste Paper Pulp by Partial Replacement of Cement in Concrete. *International Journal of Engineering Research and Application*. Vol 1, issue2, pp. 300-309.
9. Valeria Corinaldesi, Giacomo Moriconi and Tarun R. Naik. (2005). Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete. *NMET/ACE International Symposium on Sustainable Development of Cement and Concrete*, October 5-7, Toronto, CANADA.
10. Salih Yazicioglu. (2005). Physico-chemical treatment of marble processing wastewater and recycling of its sludge. *Materials Science and Engineering, Turkey*. 419(1-2):306-309.
11. Sarbjeet Singh, Ravindra Nagar, Vinay Agrawal, Aditya Rana, Anshuman Tiwari. (2016). Sustainable utilization of granite cutting waste in high strength concrete. *Journal of Cleaner Production*, Volume 116, 10, Pages 223-235.
12. G. Medina, I.F. Sáez del Bosque, M. Frías, M.I. Sánchez de Rojas, C. Medina. (2017). Granite quarry waste as a future eco-efficient supplementary cementitious material (SCM): Scientific and technical considerations. *Journal of Cleaner Production*, Volume 148, 1, pp. 467-476.
13. Ali A. Aliabdo, Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty, Esraa M. Auda. (2014). Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials* Volume 50, 15. pp. 28-41.
14. M. Sahul Hameed and A.S.S. Sekar. Properties of Green concrete containing Quarry dust and Marble sludge Powder as a aggregate. *APRN Journal* pp. 83-89.
15. Kotsiuba, I., Herasymchuk, O., Shamrai, V., Lukianova, V., Anpilova, Y., Rybak, O., Lefter, I. (2023). A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 55-66.
16. Управління та рекуперация відходів: навч. посіб. / С. В. Станкевич, Л.В. Головань, Є.М. Білецький та інш. – Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2020. – 134 с.
17. Котенко В.В., Башинський С.І., Піскун І.А., Цимбалюк П.П. Застосування композитних матеріалів для армування архітектурно-будівельних виробів з каменю. *ВІСТІ Донецького гірничого інституту. Всеукраїнський науково-технічний журнал*. 2021. Вип. № 2 (49). С. 26-36.
18. Башинський С.І., Котенко В.В., Скиба Г.В., Колодій М.А., Остафійчук Н.М. Удосконалення методики оцінки придатності використання будівельного піску як сировини для інших галузей промисловості. *Технічна інженерія. Державний університет «Житомирська політехніка»*. 2020. № 1(85). С. 191-200.
19. Careddu, N., Siotto, G., Siotto, R. and Tilocca, C. (2013). From landfill to water, land and life: The creation of the Centre for stone materials aimed at secondary processing. *Resources Policy*. 38(3). pp. 258-265
20. Javad Torkaman, Alireza Ashori, Ali Sadr Momtazi. (2014). Using wood fiber waste, rice husk ash, and limestone powder waste as cement replacement materials for lightweight concrete blocks. *Construction and Building Materials*, Volume 50, 15. pp. 432-436

#### REFERENCES:

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council on waste and repealing certain Directives. Access mode: <http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/09/Ramkova-dyrektyva-presreliz.pdf>.
2. García I. (2010). Obtención de cementos eco-eficientes a partir de residuos cerámicos como materia prima alternativa. Tesis doctoral inédita leída en la Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Inorgánica. 1(1). pp. 374
3. Official website of the State Statistics Service of Ukraine. Access mode: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
4. R. Ilangovana, N. Mahendrana and K. Nagamanib (2008). Strength and durability properties of concrete containing quarry rock dust as a fine aggregate. *APRN Journal* pp. 20-26.
5. Babu K.K., Radhakrishnan R. and Nambiar E. K. K. (1997). Compressive strength of Brick Masonary with Alternative- Aggregate Mortar. *CE and CR journal*, New Delhi. pp. 25-29.
6. Sahu A.K., Sunil Kumar and Sachan A.K. (2003). Quarry dust Waste as a Fine aggregate for concrete. *The Indian Journal*. Pp. 845-848. *Green Concrete: Using Industrial Waste* [www.ijesi.org/](http://www.ijesi.org/)
7. Pravin Kumar, Kaushik S.K. (2005). SCC with crusher sludge, fly ash and micro silica. *The Indian Concrete Journal*, 79(8):32-37, August
8. Sumit A Balwaik, S.P. Raut. (2022). Utilization of Waste Paper Pulp by Partial Replacement of Cement in Concrete. *International Journal of Engineering Research and Application*. Vol 1, issue2, pp. 300-309.
9. Valeria Corinaldesi, Giacomo Moriconi and Tarun R. Naik. (2005). Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete. *NMET/ACE International Symposium on Sustainable Development of Cement and Concrete*, October 5-7, Toronto, CANADA.



10. Salih Yazicioglu. (2005). Physico-chemical treatment of marble processing wastewater and recycling of its sludge. *Materials Science and Engineering, Turkey*. 419(1-2):306-309.
11. Sarbjeet Singh, Ravindra Nagar, Vinay Agrawal, Aditya Rana, Anshuman Tiwari. (2016). Sustainable utilization of granite cutting waste in high strength concrete. *Journal of Cleaner Production*, Volume 116, 10, Pages 223-235.
12. G. Medina, I.F. Sáez del Bosque, M. Frías, M.I. Sánchez de Rojas, C. Medina. (2017). Granite quarry waste as a future eco-efficient supplementary cementitious material (SCM): Scientific and technical considerations. *Journal of Cleaner Production*. 148(1). pp. 467-476.
13. Ali A. Aliabdo, Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty, Esraa M. Auda. (2014). Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials*. 50(15). pp. 28-41.
14. M. Sahul Hameed and A.S.S. Sekar. Properties of Green concrete containing Quarry dust and Marble sludge Powder as a aggregate. *APRN Journal*. pp. 83-89.
15. Kotsiuba, I., Herasymchuk, O., Shamrai, V., Lukianova, V., Anpilova, Y., Rybak, O., Lefter, I. (2023). A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 55-66.
16. Waste management and recovery: education. manual / S.V. Stankevich, L.V. Golovan, E.M. Biletskyi et al. – Kh.: I. S. Ivanchenko Publishing House, 2020. – 134 p.
17. Kotenko V.V., Bashynskyi S.I., Piskun I.A., Tymbalyuk P.P. (2021). Application of composite materials for reinforcement of architectural and construction products made of stone. *NEWS of the Donetsk Mining Institute. All-Ukrainian Scientific and Technical Journal*. 2(49). pp. 26-36.
18. Bashynskyi, S.I., Kotenko, V.V., Skyba, G.V., Kolodiy, M.A., Ostafiichuk, N.M. (2020). Improving the methodology for assessing the suitability of using construction sand as a raw material for other industries. *Technical engineering. Zhytomyr Polytechnic State University*. 1(85). pp. 191-200.
19. Careddu, N., Siotto, G., Siotto, R. and Tilocca, C. (2013). From landfill to water, land and life: The creation of the Centre for stone materials aimed at secondary processing. *Resources Policy*. 38(3). pp. 258-265
20. Javad Torkaman, Alireza Ashori, Ali Sadr Momtazi. (2014). Using wood fiber waste, rice husk ash, and limestone powder waste as cement replacement materials for lightweight concrete blocks. *Construction and Building Materials*, Volume 50, 15. pp. 432-436