

*Костромін Д.О.,
здобувач вищої освіти за освітнім ступенем «магістр»
спеціальність «183 Технології захисту навколишнього середовища»
Науковий керівник: Вінчук М.М.,
професор, д.б.н.,
професор кафедри екології та природоохоронних технологій
Державний університет «Житомирська політехніка»
tzns38m_kdo@student.ztu.edu.ua*

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ВІДХОДІВ КАМЕНЕОБРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ У ВИРОБНИЦТВІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

На території України розташовані великі запаси такого високоміцного природного каменю, як граніт, габро й лабрадорит [1]. За де якими даними [1] 70% родовищ такого каменю сконцентровано саме на території Житомирської області. Внаслідок чого в Житомирській області розташована велика кількість підприємств, які спеціалізуються на видобутку і переробці корисних копалин. Крім того, на цій території також розташована велика кількість підприємств з обробки природного каменю. Як і будь-які інші підприємства, каменеобробні підприємства, генерують відходи. За оцінками [1] щорічний обсяг утворених відходів під час обробки природного каменю підприємствами у Житомирському регіоні може сягати до 50 тис. м³, серед яких значне місце займають дрібнодисперсні кам'яні відходи. Раціональних способів переробки чи будь-якого іншого використання таких відходів на сьогоднішній день немає або ж вони все ще перебувають на стадії досліджень.

Пошук раціональних шляхів використання дрібнодисперсних відходів каменеобробки (ДВК) – це актуальне та термінове завдання, яке стоїть перед видобувною та переробною галузями, вирішення якого забезпечить більш повне використання природних ресурсів, сприятиме зменшенню антропогенного навантаження на довкілля та, сталому розвитку Житомирської області та України в цілому [1]. В зв'язку з цим були сплановані і проведені наукові дослідження, щодо застосування дрібнодисперсних відходів каменеобробки (ДВК), у двох напрямках:

- 1) застосування ДВК як заміника цементу або піску при виготовленні бетонної суміші;
- 2) застосування ДВК для виготовлення геополімеру (геополімерного бетону) як альтернативного будівельного матеріалу.

Цемент в основному складається з кремнію, кальцію та алюмінію, а також мінералів таких як залізна руда, крейда, глина та вапняк, які видобувають із природних ресурсів. Крім того, при виробництві цементу використовуються викопні види палива, як джерела енергії, такі як наприклад, вугілля та нафта, які також є природними ресурсами. При виробництві цементу споживаються відносно великі витрати енергії як для процесів подрібнення сировини так і при її нагріванні до температури понад 1450 °С. Крім того, при термічному розкладання вапняку безпосередньо в атмосферу виділяються ряд парникових газів, таких як, наприклад, вуглекислий газ (CO₂) а також порівняно незначна кількість інших токсичних газів, таких як діоксид сульфуру (SO₂) і діоксид нітрогену (NO₂).

Виробництво цементу вважається вагомим джерелом викидів діоксиду карбону (CO₂). Процес виробництва цементу спричиняє 4 – 10 % викидів вуглекислого газу у світі [2]. З 2015 по 2020 рік кожна тонна виробленого цементу збільшувала викиди CO₂ на 1,8 % щорічно [2]. Також було підраховано, що для досягання нульових викидів до 2050 року необхідно скоротити CO₂ приблизно на 3 %. Під час використання електроенергії, спалювання палива та процесу випалу цементу кожна тонна виробленого матеріалу виділяє приблизно 0,66 – 1,5 тонн CO₂ – залежно від системи та технології виробництва цементу. При цьому на тонну виробленого цементу витрачається 3,2 – 6,3 ГДж енергії та 2,65 – 2,8 тонн вихідної сировини [2]. Крім того, в результаті виробництва цементу утворюється пил, що сприяє промислового забрудненню повітря. Тому скорочення виробництва цементу є вагомим чинником що забезпечує зменшення викидів парникових та інших шкідливих газів. Зі збільшенням потреби в бетоні для інфраструктури та житла виробництво цементу зростає щодня.

За оцінками експертів, у 2018 році в усьому світі було вироблено близько 4,10 млрд. метричних тонн цементу, а до 2050 року ці обсяги зростуть до 4,38 млрд. тонн через зростання світового попиту [3]. Такі прогнози щодо обсягів виробництва цементу викликають стурбованість, оскільки це вимагає значної кількості енергії та сировини. Вважається, що часткова заміна у складі бетону цементу на дрібнодисперсні відходи каменеобробки зменшить об'єми використання цементу і як наслідок негативний вплив на довкілля [2].

Геополімери з їх специфічними властивостями (швидке зростання міцності, хімічна та жаростійкість, стабільність властивостей, нетоксичність, екологічність і т.д.) є перспективним екологічним будівельним матеріалом майбутнього. Основними процесу їх отримання є такі:

- а) геополімеризація – утворення полімерних сполук при утилізації твердих відходів і побічних продуктів;
- б) лужна активація часткового або повного перетворення склоподібної речовини у штучний кам'яний матеріал.

Геополімер являє собою новий зв'язуючий матеріал, який можна отримати шляхом активації алюмосилікатного матеріалу лужними розчинами. Геополімери за хімічним складом схожі на цеоліти, але на відміну від останніх, для них характерна аморфна мікроструктура. Розроблено кілька моделей, що описують особливості структури геополімерів. Для зв'язку типу (-Si-O-Al-O-Si-O-). Згідно з Давидович [4] структурна модель геополімерів має такий вигляд (рис. 1). Неорганічний полімер у даному випадку має безперервність подібно до органічних полімерів.

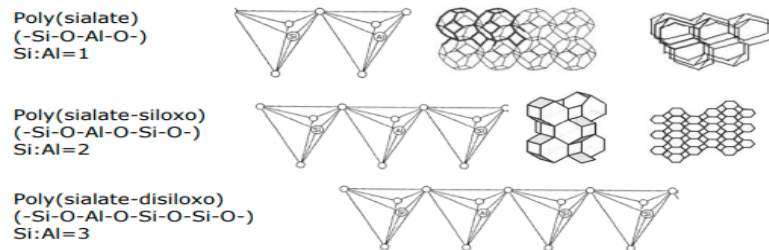


Рис. 1. Моделі структур геополімерів згідно Д. Давидович [4]

Загалом кількість і тип утворених цеолітоподібних структур, мікроструктура та інші властивості геополімерів залежать від складу і дисперсності вихідних матеріалів, співвідношення Si/Al/Na(K), типу та якості лужного активатора, рН середовища, температури та часу затвердіння. Геополімери утворюються шляхом сополімеризації алюмосилікатів та силікатів, які містяться у вихідних матеріалах. Даний процес відбувається при високих значеннях рН (8-12) в присутності розчинних солей силікатів лужних металів Na або K. Як вихідні матеріали для синтезу геополімерів можуть використовуватися різні види природної та техногенної мінеральної сировини алюмосилікатного складу, що становлять набагато ширшу сировинну базу порівняно з портландцементом. Визначальним чинником при формуванні властивостей геополімерів є саме співвідношення Si:Al.

Застосування дрібнодисперсних кам'яних відходів для виготовлення геополімерного бетону, ускладнюється їх неоднорідним мінералогічним, хімічним і гранулометричним складом. Мінералогічний і хімічний склад ДВК варіює залежно від співвідношення використовуваних типів гірничих порід і технічних операцій. Усі дрібні кам'яні відходи накопичується в одному бункері, тому поділ останніх на фракції або певні групи мінералів неможливий. Проте дослідження показали, що у ДВК співвідношення Si:Al становить більше 3, і відповідає критерію, що використовується для оцінки придатності сировини для виготовлення геополімерного бетону [3]. Геополімеризація може перетворити широкий спектр відходів алюмо-силікатних матеріалів в будівельні і гірничодобувні матеріали з такими хімічними та фізичними властивостями, як вогне- та кислотостійкість. Це дасть можливість отримати не тільки будівельний матеріал високої якості, а й зменшити утворення відходів камінообробних підприємств. Саме тому виробництво геополімерів вважається одним з можливих рішень екологічно безпечної утилізації промислових побічних матеріалів [5].

Список використаних джерел

1. Башинський, С. І., Блецко, М. І., Панасюк, А. В., Припотень, Ю. К., & Остафійчук, Н. М. (2023). Дослідження фізико-хімічних властивостей дрібнодисперсних відходів камінообробних підприємств з метою визначення стратегії поведінки. Технічна інженерія. Вип.1(91). С. 271–279.
2. Jwaida, Z.; Dulaimi, A.; Mashaan, N; Othuman Mydin, M. A. Geopolymers: The Green Alternative to Traditional Materials for Engineering Applications. Infrastructures. 2023. 8. 98.
3. Berry, M.; Cross, D.; Stephens, J. Changing the Environment: An Alternative “Green” Concrete Produced without Portland Cement. In Proceedings of the 2009 World of Coal Ash (WOCA) Conference, Lexington, KY, USA, 4–7 May 2009.
4. Davidovits J.: Proc. 2nd Intern. Conf. «Geopolymere 99», St. Quentin .1999.
5. Davidovits J. 30 Years of Successes and Failures in Geopolymer Applications. Market Trends and Potential Breakthroughs. In Proceedings of the Geopolymer 2002 Conference, Melbourne, Australia, 28–29 October 2002.