

І.В. Леонець, аспірант
Д.М. Білобров, аспірант

Державний університет «Житомирська політехніка»

Вплив високих температур на міцнісні характеристики будівельних матеріалів

(Представлено: к.т.н., доц. Шлапак В.О.)

Використання шламу каменеобробних підприємств, особливо шламу Покостівського гранодіориту, являє собою інтригуючий та перспективний напрямок досліджень. Цей матеріал має унікальний склад, який може суттєво впливати на властивості та характеристики керамічних виробів. Дослідження цього аспекту є ключовим для розуміння потенціалу використання шламу в кераміці та можливостей для екологічної оптимізації виробничих процесів. У публікації вивчено можливість використання відходів каменеобробних підприємств у якості наповнювача для керамічних виробів, зокрема керамічної цегли. В дослідженні було взято відходи обробки Покостівського гранодіориту та Катеринівського лабрадориту. Відходи заікалися в чистому вигляді та в сумішах із глиною. Нагрівання відбувалося до 950 °С. Після спікання зразки випробували на стиск. Незважаючи на те, що розмір частинок гранітного шламу схожий на розмір частинок глини, а хімічний склад досить подібний, температура спікання 950 °С не індукує аналогічний ефект у гранітних шлахах, як у глині, формуючи внутрішню структуру з підвищеною пористістю та збільшеною кількістю інтерконектованих пор. Це має прямий вплив на міцність матеріалу на стиск. Втім, кераміка, вироблена з вмістом до 90 % гранітного шламу, демонструє задовільні показники міцності на стиск, таким чином, підходить для виробництва керамічної цегли.

Додавання до 90 % шламу надає матеріалу унікальні характеристики, які роблять його привабливим для використання, зокрема, зменшену щільність та підвищену пористість. Обидва ці аспекти значною мірою впливають на потенційні тепло- та звукоізоляційні характеристики, що є важливими у керамічній промисловості. Зменшення щільності дозволяє отримати легший матеріал з прийнятними характеристиками та меншим навантаженням на конструкцію будівлі завдяки включенню відходів.

Ключові слова: *міцність на стиск; високі температури; відходи каменеобробних підприємств; кераміка; природний камінь.*

Вступ. У сучасному світі, де проблеми екології та сталого розвитку набувають все більшої актуальності, промисловість постійно шукає інноваційні підходи та технології. Одним із напрямків, який вирізняється важливістю, є виробництво кераміки. Специфіка цієї галузі надає величезні можливості для експериментів і вдосконалення, а зокрема – для використання промислових відходів як альтернативної сировини.

Використання шламу каменеобробних підприємств, особливо шламу Покостівського гранодіориту, являє собою інтригуючий та перспективний напрямок досліджень. Цей матеріал має унікальний склад, який може суттєво впливати на властивості та характеристики керамічних виробів. Дослідження цього аспекту є ключовим для розуміння потенціалу використання шламу в кераміці та можливостей для екологічної оптимізації виробничих процесів.

У даній статті ми зосереджуємося на вивченні впливу додавання різних концентрацій шламу Покостівського гранодіориту на міцність на стиск керамічних зразків. Експериментальні дані свідчать про те, що вміст шламу значно модифікує міцнісні характеристики, і існує певний оптимальний діапазон концентрації, при якому зразки демонструють максимальну міцність.

Детальний аналіз цих результатів не лише відкриває нові горизонти для наукових досліджень і технологічних інновацій, але й сприяє розвитку концепцій зеленого виробництва та циркулярної економіки. Такий підхід дозволяє не лише зменшити вплив промисловості на навколишнє середовище, але й оптимізувати використання ресурсів, що є надзвичайно важливим у сучасних умовах.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. За попереднє десятиліття було проведено значну кількість досліджень з використанням гранітного шламу в якості заміника: цементу [1, 2, 3], заповнювачів [4, 5], наповнювача для самоущільнювального бетону [6, 7], для стабілізації ґрунту [8, 9], а також для виробництва цегли та черепиці [10–12]. Дослідження показали, що хімічний склад шламу містить велику кількість кремнезему та глинозему. Варто зазначити, що хімічний склад шламу сильно залежить від регіону його походження. Розподіл частинок за розміром і площа поверхні гранітного шламу мають великий вплив на швидкість твердіння розчину, фізико-механічні та довговічні властивості цементних композитів.

Мета та задачі дослідження. Мета цієї роботи – встановити придатність утилізації відходів камінеобробного виробництва в керамічних виробках.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:

- виготовити дві серії зразків: в першій серії до глини додавався шлам Покостівського гранодіориту, в другій серії до глини додавався шлам Катеринівського лабрадориту;
- встановити залежність міцності керамічних зразків на стиск від вмісту шламу.

Викладення основного матеріалу. Випробування на міцність для керамічних матеріалів (рис. 1), які призначені для виробництва цегли, є обов'язковим для підтвердження придатності виготовленого керамічного матеріалу. Міцність цегли є одним із основних факторів, який обмежує максимальний відсоток вмісту шламу в керамічних матеріалах.

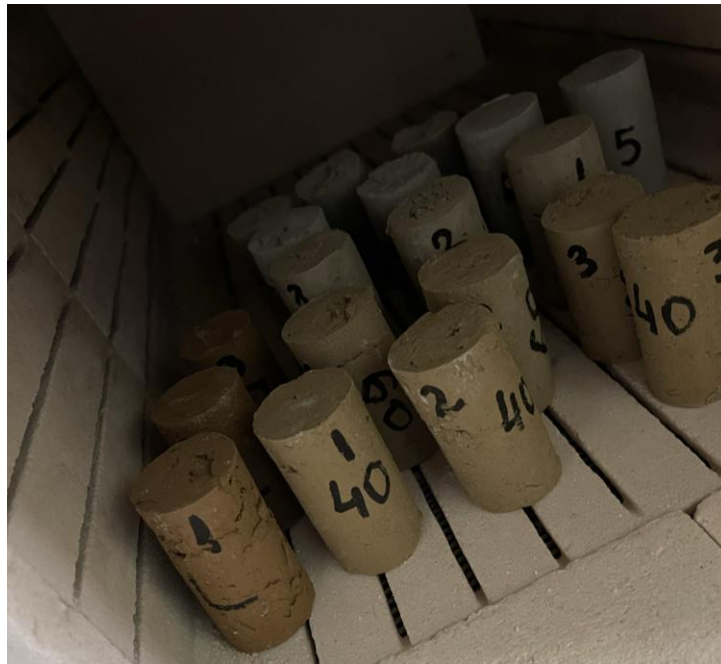


Рис. 1. Вигляд керамічних зразків після спікання

Виготовлені зразки з глини та шламу піддавалися випробуванням на стиск (рис. 2). Випробування проводилися на пресі TIRAtest 2850 зі швидкістю вертикального переміщення 5 мм/хв.





Рис. 2. Вигляд керамічних зразків із вмістом шламу після випробування на стиск

Під час випробувань було виготовлено дві серії зразків: в першій серії до глини додавався шлам Покостівського гранодіориту, в другій серії до глини додавався шлам Катеринівського лабрадориту.

Під час випробування на стиск вимірювалося зусилля на стиск та вертикальне переміщення (рис. 3).

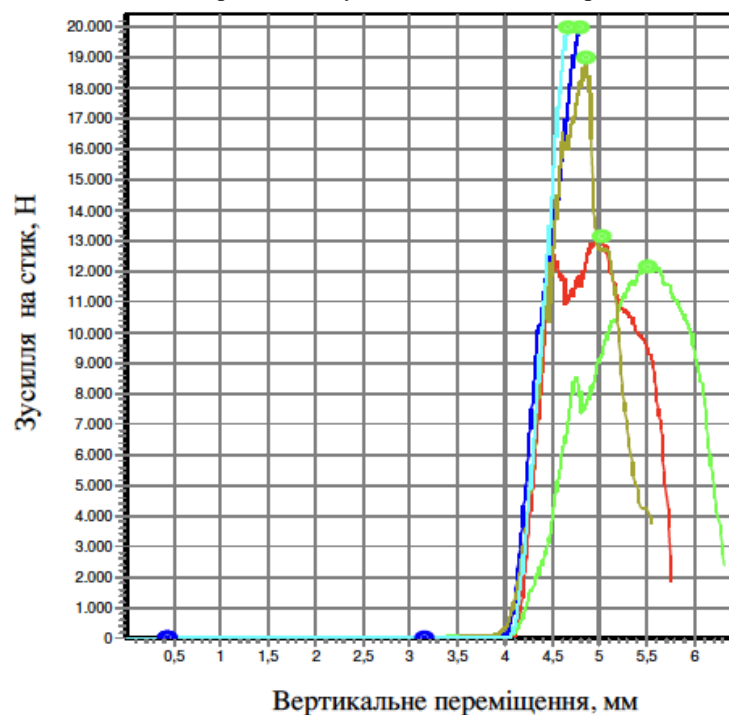


Рис. 3. Графік результатів випробування керамічних зразків із вмістом шламу 20 % при спіканні за температури 950 °С

Дані дослідження вказують на цікаві тенденції міцності на стиск і об'ємну вагу глиняних зразків із вмістом шламу Покостівського гранодіориту та Катеринівського лабрадориту (рис. 4).

У цьому експериментальному дослідженні було помічено, що введення обох типів шламу – Покостівського гранодіориту та Катеринівського лабрадориту – значно підвищило міцність на стиск зразків глини при менших концентраціях. За цими даними можна зробити висновок, що існує оптимальний вміст шламу в зразках, який максимізує міцність на стиск, і це значення близько 40 %. Додавання шламу понад цей рівень призводить до зниження міцності. Зразки, які складаються повністю зі шламу, виявляються слабкими порівняно з тими, що містять менший відсоток шламу.

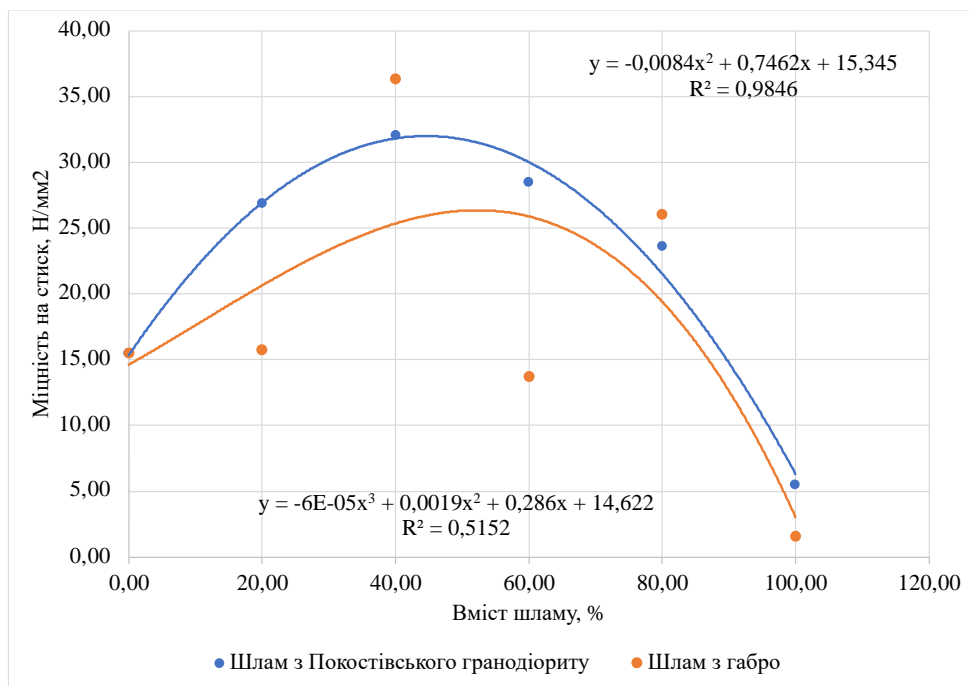


Рис. 4. Залежність міцності керамічних зразків на стиск від вмісту шламу

Зі збільшенням вмісту шламу міцність зразків знижується. Керамічні зразки з вмістом шламу 90 % мають міцність 10 Н/мм², що відповідає мінімальній марці керамічної цегли М100.

Варто зауважити, що при спіканні чистого шламу при температурі 950 °С міцність зразків коливається в межах 0,82–7,62 Н/мм². Зразки з Катеринівського лабрадориту мають міцність на стиск 0,82–2,15 Н/мм². Найбільшу міцність мають зразки з Покоствівського гранодіориту – 3,45–7,62 Н/мм², це пов'язано з вмістом кварцу, який плавиться та зміцнює скелет зразків. Водночас міцність зразків з Катеринівського лабрадориту можливо підвищити шляхом збільшення температури спікання з 950 до 1100 °С. За температури 1100 °С зразки Катеринівського лабрадориту мають міцність 8,58–12,91 Н/мм², що відповідає нижній межі керамічної цегли М100 (рис. 5).

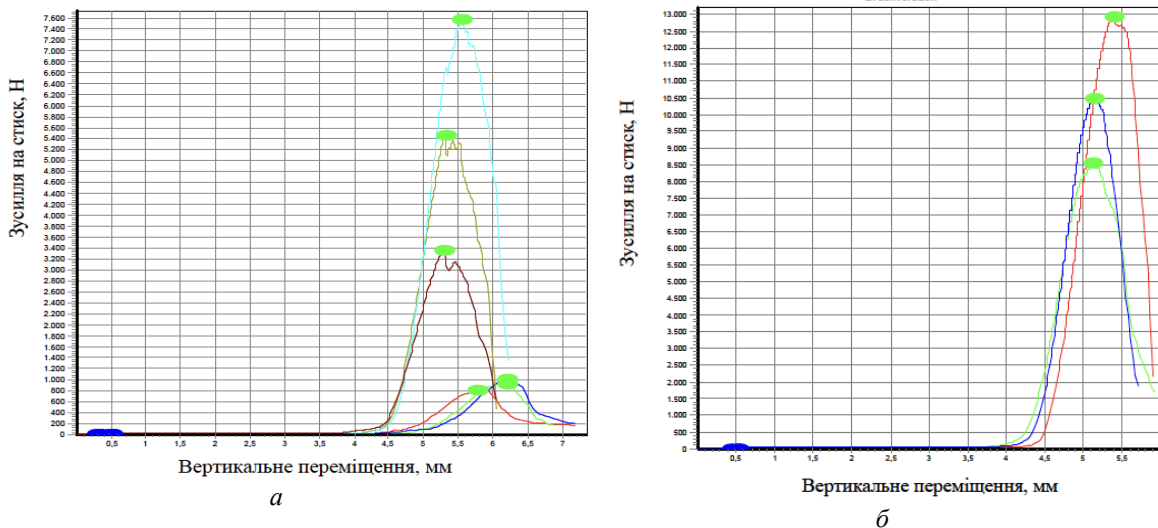


Рис. 5. Графік випробування спечених зразків з шламу природного каменю на стиск при температурі: а – 950 °С; б – 1100 °С

Водночас зразки з глини при нагріванні до 950 °С мали міцність на стиск в межах 12,93–17,96 Н/мм² (рис. 6). Дане дослідження доводить, що додавання шламу в глину призводить до підвищення міцності до 32–36 Н/мм². Причому найбільшу міцність було отримано при додаванні шламу лабрадориту.

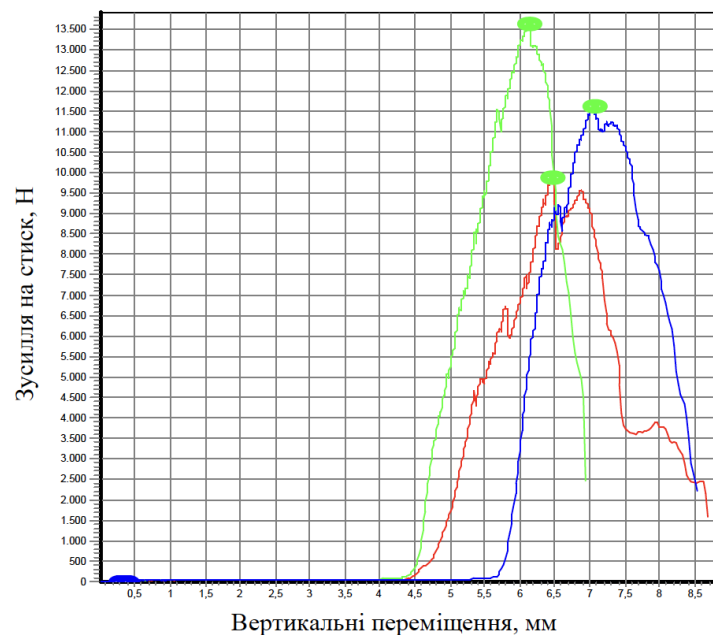


Рис. 6. Графік випробування міцності на стиск спечених зразків з глини при температурі 950 °C

Висновки. Незважаючи на те, що розмір частинок гранітного шламу схожий на розмір частинок глини, а хімічний склад досить подібний, температура спікання 950 °C не індукує аналогічний ефект в гранітних шламах, як у глині, формуючи внутрішню структуру з підвищеною пористістю та збільшеною кількістю інтерконектованих пор. Це має прямий вплив на міцність матеріалу на стиск. Втім, кераміка, вироблена з вмістом до 90 % гранітного шламу, демонструє задовільні показники міцності на стиск, таким чином, підходить для виробництва керамічної цегли.

Додавання до 90 % шламу надає матеріалу унікальні характеристики, які роблять його привабливим для використання, зокрема, зменшену щільність та підвищену пористість. Обидва ці аспекти значною мірою впливають на потенційні тепло- та звукоізоляційні характеристики, що є важливими у керамічній промисловості. Зменшення щільності дозволяє отримати легший матеріал з прийнятними характеристиками та меншим навантаженням на конструкцію будівлі завдяки включенню відходів.

Важливо підкреслити, що в цьому дослідженні відходи, які є екологічною проблемою, були включені в матеріал у відсотках до 90 %, і були отримані прийнятні результати щодо його фізико-механічних властивостей.

References:

- Li, L. et al. (2019), «Filler technology of adding granite dust to reduce cement content and increase strength of mortar», *Powder Technol.*, No. 342, pp. 388–396.
- Sobolevskiy, R., Zuiavska, N., Korobiichuk, V., Tolkach, O. & Kotenko, V. (2016), «Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 5 (3-83), pp. 21–29.
- Ghorbani, S. et al. (2019), «Mechanical and durability behaviour of concrete with granite waste dust as partial cement replacement under adverse exposure conditions», *Construct. Build. Mater.*, No. 194, pp. 143–152.
- Korobiichuk, V., Shamrai, V., Iziunova, O., Tolkach, O. & Sobolevskiy, R. (2016), «Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 4 (5-82), pp. 52–57.
- Sharma, N.K. et al. (2017), «Properties of concrete containing polished granite waste as partial substitution of coarse aggregate», *Construct. Build. Mater.*, No. 151, pp. 158–163.
- Sadek, D.M., El-Attar, M.M. & Ali, H.A. (2016), «Reusing of marble and granite powders in self-compacting concrete for sustainable development», *Journal of Cleaner Production*, No. 121, pp. 19–32.
- Sobolevskiy, R., Korobiichuk, V., Iskov, S., Pavliuk, I. & Kryvoruchko, A. (2016), «Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 6 (3-84), pp. 32–40.
- Akinwumi, I.I. & Booth, C.A. (2015), «Experimental insights of using waste marble fines to modify the geotechnical properties of a lateritic soil», *Journal of Environmental Engineering Landscape Management*, No. 23 (2), pp. 121–128.
- Choksi, R. Mishra, C. & Patel, N. (2018), «Pursuance of waste marble powder to improve soil stabilization», *International Reserch Journal of Engineering and Technology*, No. 5 (5), pp. 1655–1698.
- Terrones-Saeta, J.M., Suárez-Macias, J., Corpas-Iglesias, F.A., Korobiichuk, V. & Shamrai, V. (2020), «Development of ceramic materials for the manufacture of bricks with stone cutting sludge from granite», *Minerals*, No. 10 (7), pp. 1–19.

11. Bilgin, N. et al. (2012), «Use of waste marble powder in brick industry», *Construct. Build. Mater.*, No. 29, pp. 449–457.
12. Korobiichuk, V. (2017), «Study of ultrasonic characteristics of Ukraine red granites at low temperatures», *Advances in Intelligent Systems and Computing*, No. 543, pp. 653–658.

Леонць Ірина Володимирівна – аспірант кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-6572-681X>.

Наукові інтереси:

- фізико-механічні властивості природного декоративного каменю;
- переробка відходів гірничого виробництва.

Білобров Дмитро Миколайович – аспірант кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. М.Т. Бакка Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- фізико-механічні властивості природного декоративного каменю;
- моделювання процесів гірничого виробництва.

Leonets I.V., Bilobrov D.M.

The influence of high temperatures on the strength characteristics of building materials

The use of sludge from stone processing enterprises, especially the granodiorite sludge, is an intriguing and promising direction of research. This material has a unique composition that can significantly affect the properties and characteristics of ceramic products. The study of this aspect is key to understanding the potential of using sludge in ceramics and the opportunities for ecological optimization of production processes. The publication examines the possibility of using waste from stone processing enterprises as a filler for ceramic products, in particular ceramic bricks. Waste from the processing of Pokostiv granodiorite and Kateryniv labradorite was taken into the study. The waste was baked in its pure form and in mixtures with clay. Heating took place up to 950 °C. After sintering, the samples were tested for compression. Although the particle size of granite slurry is similar to that of clay and the chemical composition is quite similar, the sintering temperature of 950 °C does not induce a similar effect in granite slurry as in clay, forming an internal structure with increased porosity and an increased number of interconnected pores. This has a direct effect on the compressive strength of the material. However, ceramics produced with a content of up to 90% granite slurry demonstrate satisfactory compressive strength and are therefore suitable for the production of ceramic bricks.

The addition of up to 90% sludge gives the material unique characteristics that make it attractive for use, including reduced density and increased porosity. Both of these aspects greatly influence the potential heat and sound insulation characteristics, which are important in the ceramic industry. Reducing the density allows you to get a lighter material with acceptable characteristics and a lower load on the building structure due to the inclusion of waste.

Keywords: compressive strength; high temperatures; waste of stone processing enterprises; ceramics; natural stone.

Стаття надійшла до редакції 05.10.2023.