

В.В. Коробійчук, д.т.н., проф.
І.В. Леонець, доктор філософії
В.І. Шамрай, к.т.н., доц.
В.В. Мельник-Шамрай, к.с-г.н., доц.
А.О. Криворучко, к.т.н., доц.
А.Г. Темченко, д.т.н., проф.
Державний університет «Житомирська політехніка»

Шлам каменеобробних підприємств: перспективи використання як домішки в керамічній промисловості

У цій роботі розглядається питання використання шламу, що утворюється під час обробки природного каменю на каменеобробних підприємствах як домішки для виготовлення прес-порошків, що використовуються у виробництві керамічних матеріалів. Шлам є одним із відходів каменеобробної промисловості, і його утилізація є актуальним завданням в умовах сучасного виробництва, оскільки відходи мають значний обсяг і негативно впливають на навколишнє середовище. Водночас шлам може стати цінною добавкою до керамічних сумішей, оскільки його фізико-хімічні властивості, зокрема гранулометричний склад, здатні покращити характеристики кінцевих виробів. Дослідження зосереджено на вивченні гранулометричного складу шламу, отриманого на каменеобробних підприємствах за різними технологіями обробки каменю, зокрема за допомогою алмазно-канатних та дискових верстатів. Аналіз показав, що фракційний склад шламу значно варіюється залежно від технології обробки. Зокрема, при обробці каменю алмазно-канатними верстатами утворюється більша кількість середніх часток (0,1–0,2 мм), тоді як дискові верстати забезпечують утворення більш грубих фракцій (понад 0,2 мм). Це суттєво впливає на фізико-хімічні властивості шламу, а отже й на його здатність до використання в керамічному виробництві.

Визначено, що шлам з більшими фракціями (> 0,2 мм) має низьку здатність до ущільнення та погіршує міцнісні характеристики кінцевих виробів, в той час як дрібні частки (< 0,1 мм) можуть покращувати водостійкість та інші властивості матеріалів. Також встановлено, що на властивості порошку впливає не тільки фракційний склад, але й такі характеристики, як форма частинок та їх поверхнева шорсткість, що визначають текучість та сипучість порошку, а отже, і процеси пресування.

Робота містить рекомендації щодо можливих шляхів покращення якості шламу для використання в керамічному виробництві, зокрема через сепарацію фракцій та механічне або гравітаційне відділення грубих часток. Також обґрунтовано важливість експериментальних досліджень для визначення оптимального вмісту шламу в керамічних сумішах, оскільки властивості кінцевих виробів можуть значно залежати від конкретного складу шламу.

Таким чином, результати дослідження підтверджують можливість ефективного використання шламу каменеобробних підприємств як домішки для керамічних матеріалів, що дозволить не лише знизити екологічне навантаження, але й підвищити економічну ефективність виробництва. Водночас необхідні подальші дослідження для вдосконалення технології утилізації шламу та розширення його застосування в будівельній індустрії.

Ключові слова: шлам каменеобробних підприємств; гранулометричний склад; керамічні матеріали; прес-порошки; екологічна утилізація; технічні характеристики; використання відходів.

Вступ. У сучасній каменеобробній промисловості значну увагу приділяють питанням зменшення екологічного навантаження та раціонального використання відходів виробництва. Одним з таких відходів є шлам, що утворюється в процесі обробки природного каменю. Цей матеріал, незважаючи на свою велику кількість та характерну для нього непривабливу гранулометричну структуру, має значний потенціал для використання в різних галузях, зокрема у виробництві керамічних матеріалів.

Шлам, отриманий на каменеобробних підприємствах, містить частки різних розмірів, що безпосередньо впливає на його фізико-механічні властивості. Важливою характеристикою є гранулометричний склад шламу, оскільки саме він визначає його здатність до інтеграції в складі прес-порошків для виготовлення будівельних матеріалів. Фракційний склад, вміст дрібних часток та їх вплив на сипучість порошку можуть істотно змінювати процеси пресування, а отже, і якість кінцевих виробів.

На каменеобробних підприємствах різні методи обробки каменю призводять до утворення шламу з різним гранулометричним складом, що відкриває перспективи для його використання як домішки до

глинистих та інших керамічних сумішей. Водночас необхідно ретельно оцінювати вплив таких домішок на кінцеві характеристики матеріалів, зокрема, на їх міцність, водостійкість та морозостійкість.

Таким чином, дослідження шламу каменеобробних підприємств має значний науковий та практичний потенціал, оскільки дозволяє не лише зменшити обсяг відходів, але й підвищити ефективність використання ресурсів у керамічній промисловості.

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. Проблема утилізації відходів каменеобробної промисловості, зокрема шламу, є актуальною в умовах сучасного виробництва, оскільки це дозволяє не тільки зменшити екологічне навантаження, а й зберегти природні ресурси, а також знизити витрати на сировину для виготовлення будівельних матеріалів. Зокрема, шлам, що утворюється при обробці природного каменю, є джерелом значних кількостей відходів, які часто не піддаються ефективній утилізації. Однак наукові дослідження показують, що шлам може бути використаний у різних галузях, зокрема у виробництві керамічних матеріалів, що відкриває нові можливості для його переробки.

Згідно з роботою Лі та ін. [1], використання гранульованого шламу з природного каменю як домішки до цементних сумішей дозволяє знизити вміст цементу в розчині та підвищити міцність розчинів, що робить цей матеріал перспективним у будівництві. Подібні дослідження підтверджують високий потенціал кам'яного шламу як компонента для виготовлення будівельних матеріалів, але також вказують на необхідність досліджень щодо впливу гранулометричного складу шламу на властивості кінцевих виробів.

Інші дослідження, зокрема роботи [2, 3], також зазначають важливість досліджень щодо характеристик шламу, що утворюється при різних типах обробки каменю. Зокрема, зазначено, що шлам, отриманий під час обробки каменю на алмазно-канатних верстатах, має кращі фізико-хімічні властивості для використання як добавки до керамічних сумішей порівняно з шламом, що утворюється на інших типах верстатів.

Також, на думку дослідників [5, 6], використання шламу як часткової заміни цементу в бетоні підвищує не тільки міцність, але й водостійкість матеріалу, що свідчить про високу функціональність таких відходів у будівельних матеріалах.

Однак при всіх позитивних характеристиках шламу, важливим є фактор гранулометричного складу, оскільки більші частки можуть погіршувати текучість та ущільнювальні властивості прес-порошків, тоді як дрібні фракції можуть поліпшувати механічні властивості матеріалів, але спричиняти труднощі в обробці. Як зазначають дослідники [7, 9], для досягнення оптимальних результатів необхідно ретельно контролювати вміст різних фракцій у складі шламу та його взаємодію з іншими компонентами керамічної суміші.

Отже, постановка проблеми полягає в необхідності проведення комплексних досліджень щодо впливу гранулометричного складу шламу на фізико-механічні властивості кінцевих виробів. Важливим завданням є оптимізація технологій збору, обробки та використання шламу з каменеобробних підприємств для покращення характеристик прес-порошків, що використовуються у виробництві керамічних матеріалів. Необхідно дослідити, як різні фракції шламу впливають на механічні властивості матеріалів, зокрема, на міцність, водостійкість та інші важливі параметри, щоб забезпечити високу якість продукції при зниженні використання первинних природних ресурсів.

Метою дослідження є визначення впливу місць збору шламу на каменеобробних підприємствах на зерновий склад прес-порошків, а також аналіз потенціалу цього матеріалу для використання в виробництві керамічних будівельних матеріалів. Зокрема, ми зосереджуємо увагу на дослідженні гранулометричного складу шламу з різних технологічних процесів каменеобробки та його впливу на характеристики кінцевих виробів.

Викладення основного матеріалу. Для прес-порошків, що застосовуються у виготовленні керамічних виробів, існують певні вимоги до їхнього зернового складу, форми часток, сипучості, вологості та насипної щільності. Зерновий склад, або ступінь подрібнення порошків, залежить від розміру та кількості зерен. Грубозернисті матеріали використовуються для виробництва грубої кераміки, такої як фасадні плитки, плитки для підлог, каналізаційні труби та деякі вогнетривкі вироби. Їхня особливість полягає в низькій ущільнюваності під час випалювання, зокрема лінійна вогнева усадка становить 3–5 %, а загальна пористість має бути не менше 10–15 %. Для окремих фракцій грубозернистих порошків встановлені обмеження їх вмісту в масі, а також норми для частинок розміром від кількох міліметрів до 1 мм і від 0,1 мм до 0,5 мм. Частинки менше за 0,1 мм мають строго регульований вміст.

Зерновий склад порошків підбирається для досягнення максимальної щільності пресованого матеріалу. Ідеальне співвідношення великих і дрібних фракцій становить приблизно 70:30. Якщо дрібних часток недостатньо, порожнечі великої фракції залишаються незаповненими, тоді як надмірна кількість дрібної фракції може порушити структуру «скелета» великої фракції, що призводить до збільшення кількості порожнеч.

Частки розміру понад 0,75 мм мають більший опір, меншу текучість і гірше заповнюють форму. Водночас частки розміром 0,1–0,2 мм мають кращу текучість, а частки менше за 0,1 мм можуть з'єднуватися в більші грудки, що знижує їх текучість. Пил, що складається з часток менше за 0,06 мм, може ускладнювати процес пресування, але інколи, додаючи його у кількості 10 % до великих фракцій (0,5–0,75 мм), можна підвищити текучість порошків. Пил покриває великі частки, зменшуючи тертя між ними і діючи подібно до мастила.

Форма та поверхня часток також мають важливе значення. Частки з гострими кутами зменшують сипучість, але підвищують внутрішнє зчеплення в пресованому матеріалі. Округлі частки з гладкою поверхнею сприяють кращому ущільненню та більшій сипучості, однак знижують внутрішнє зчеплення.

Сипучість порошку визначається його здатністю заповнювати форму під впливом гравітаційних сил. Це можна виміряти через час висипання порошку через отвір діаметром 10 мм або за допомогою визначення кута природного нахилу. Для керамічних порошків кут природного нахилу зазвичай знаходиться в межах від 25 до 45 градусів, і зі зменшенням цього кута сипучість значно зростає.

Якість та тривалість заповнення форми, а також рівномірність ущільнення порошку в ній, сильно впливають на сипучість. Якщо матеріал має недостатню сипучість і «застрягає» в прес-формі, це може призвести до утворення порожнеч у виробах та їх нерівномірної щільності. Для уникнення цього часто потрібно збільшувати тиск під час пресування або збільшувати тривалість процесу. Зазвичай на заповнення форми витрачається близько 1 секунди.

Сипучість порошку також впливає на рівномірність видалення повітря з пресованих матеріалів. Наявність повітря в пресованих частках може призвести до появи тріщин у виробах після випалювання. Сипучість залежить від таких факторів, як зерновий склад, форма часток, їх поверхнева шорсткість, вологість, вміст пилу та поверхнево-активних речовин, а також від сил зчеплення між частками. Крім того, середня щільність часток також значно впливає на сипучість, оскільки порошки з високою щільністю, що містять кварц чи шамот, мають покращену сипучість, і при їх падінні частки легше долають опір повітря.

Для визначення гранулометричного складу часток шламу, відібраного з різних процесів обробки каменю на каменеобробному підприємстві, були зібрані зразки шламу з різних технологій, зокрема розпилювання алмазно-канатною машиною (рис. 1, а) та алмазною дисковою пилкою діаметром 1600 мм (рис. 1, б), а також з полірувальних верстатів.



а



б

Рис. 1. Верстати для розпилювання природного каменю: а – алмазно-канатний верстат; б – дисковий верстат з діаметром дискової алмазної пилки 1600 мм

Шлам збирали зі зливних каналів, що безпосередньо розташовані біля каменеобробних верстатів (рис. 2, а). Для транспортування його упаковували в поліетиленові пакети (рис. 2, б), після чого висушували в сушильній камері при температурі 105 °С протягом 12 годин.



а



б

Рис. 2. Шлам каменеобробного підприємства: а – вигляд зливної канави звідки відбирався шлам; б – вигляд відібраного шламу

Після сушіння шлам просіювали через сита з розмірами чарунок 0,2; 0,14; 0,1; 0,05 мм. Кожну фракцію зважували і визначали її відсотковий вміст (рис. 3).



Рис. 3. Вигляд сит під час просіювання шламу

Під час просіювання шламу було виявлено такий розподіл частинок, що були відібрані з прямиків каменеобробних верстатів (рис. 4): частки розміром більше за 0,2 мм становили від 1,1 до 29,2 %, фракція 0,2 мм – від 1,5 до 11,5 %, фракція 0,14 мм – від 3,4 до 38,4 %, фракція 0,1 мм – від 9,8 до 82,58 %, фракція 0,05 мм – від 2,3 до 17,1 %. Найбільшу кількість грубої фракції більше за 0,2 мм було зафіксовано у шлам, що утворився під час обробки дисковим каменеобробним верстатом з діаметром диска 1600 мм – 29,2 %, при цьому також спостерігалася значна кількість дрібної фракції 0,05 мм – 11,1 %. Найбільше мілкої фракції 0,05 мм утворюється при обробці природного каменю полірувальним верстатом, де її вміст досягав 17,1 %. При обробці окантувальним верстатом виявлено 7,6 % грубої фракції більше 0,2 мм і 3,9 % дрібної фракції 0,05 мм. Канатним верстатом утворюється найбільше шламу фракції від 0,1 до 0,2 мм, частки якої складають 96,6 % [2, 3].

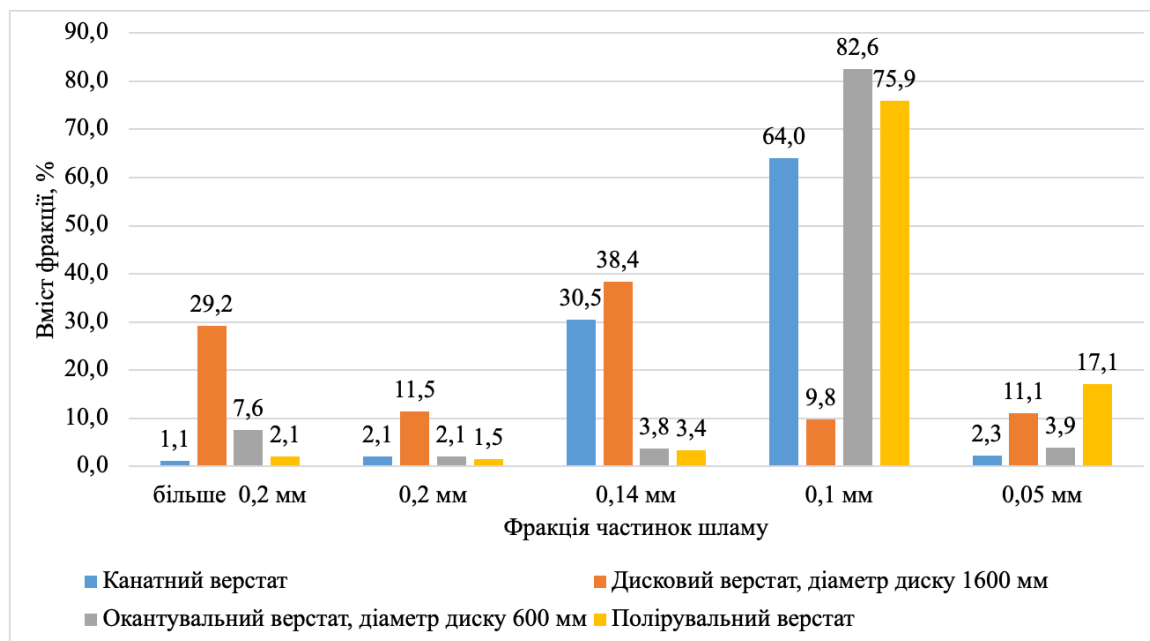


Рис. 4. Вміст фракцій частинок у шламі при різних технологіях обробки природного каменю

Шлам, що утворюється при обробці природного каменю на каменеобробних верстатах, є придатним для використання як добавки в керамічні будівельні матеріали.

Загальний вміст часток шламу варіюється від 90,2 до 99,1 %, що свідчить про високу щільність матеріалу. Це забезпечує хорошу здатність шламу до скріплення з глиною та іншими компонентами керамічної суміші. Фракція часток розміром менше за 0,1 мм становить від 2,3 до 17,1 %, що є значним показником. Це вказує на наявність хороших мінеральних властивостей шламу, які сприяють підвищенню міцності, водостійкості та інших важливих характеристик керамічних матеріалів. Частки розміром більше за 0,2 мм становлять від 1,1 до 29,2 %, що є відносно низьким показником. Це означає, що шлам не має надмірної пористості, що позитивно позначається на якості керамічних виробів.

Для досягнення оптимальних результатів необхідно провести додаткові дослідження для визначення ідеального вмісту шламу в керамічній суміші. Важливо також враховувати інші характеристики шламу, такі як його хімічний склад, мінеральний склад і гранулометричні властивості.

Наприклад, шлам з прямиків дискового каменеобробного верстата з діаметром диска 1600 мм містить велику кількість грубих часток (більше 0,2 мм), що може призвести до зниження міцності та водостійкості керамічних матеріалів, виготовлених з цього шламу. Тому для виробництва таких матеріалів доцільно використовувати шлам з меншою фракцією.

Для покращення фракційного складу шламу варто застосовувати сепарацію потоків шламу. Це може бути реалізовано через механічне або гравітаційне відділення грубих часток, що утворюються при дисковому різанні.

Шлам з прямиків канатного верстата, що містить велику кількість часток розміром від 0,1 до 0,2 мм, має хороші мінеральні властивості, що робить його підходящим для виготовлення різноманітних видів керамічних матеріалів.

Рекомендації щодо використання шламу як домішки для керамічних будівельних матеріалів:

- шлам з великою фракцією (понад 0,2 мм) слід використовувати в обмежених кількостях або попередньо обробляти для зменшення його розміру;
- шлам з дрібною фракцією (менше 0,05 мм) потребує обережного використання, оскільки він може спричинити утворення дрібних тріщин у керамічних виробах;
- вміст шламу в керамічній суміші слід визначати експериментально, зважаючи на характеристики шламу та бажані властивості кінцевих матеріалів.

Наприклад, для виготовлення цегли з високою міцністю та водостійкістю можна використовувати шлам з прямиків канатного верстата, а для виготовлення плитки з високою декоративністю – шлам з полірувального верстата.

Отже, шлам з природного каменю, зібраний з прямиків каменеобробних верстатів, є цінною добавкою для виробництва керамічних будівельних матеріалів. Однак для досягнення оптимальних результатів слід провести додаткові дослідження та враховувати інші характеристики шламу.

Висновки:

- шлам з каменеобробних підприємств є перспективним матеріалом для використання в керамічних будівельних матеріалах завдяки своїм мінеральним властивостям та здатності до скріплення з глиною;
- фракція часток шламу (від 90,2 до 99,1 %) забезпечує хорошу сумісність з іншими компонентами, а частки менше за 0,1 мм підвищують міцність і водостійкість матеріалів;
- шлам з дискового верстата містить велику кількість грубих часток, що може негативно вплинути на якість матеріалів, тому слід використовувати шлам з меншими фракціями;
- для покращення складу шламу потрібно застосовувати методи сепарації великих часток;
- визначення оптимального вмісту шламу в керамічних сумішах вимагає експериментальних досліджень для досягнення бажаних властивостей матеріалів;
- використання шламу каменеобробних підприємств сприяє зменшенню екологічного навантаження і підвищенню ефективності виробництва.

Список використаної літератури:

1. Filler technology of adding granite dust to reduce cement content and increase strength of mortar / L.Li and other // Powder Technology. – 2019. – № 342. – P. 388–396.
2. Вплив місць збору шламу на каменеобробних підприємствах на зерновий склад прес-порошків / I.B. Леоніць, С.В. Микитенко, Д.М. Білобров, Ю.В. Шкабара // Сучасні проблеми гірництва та будівництва : тези Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Житомир : Житомирська політехніка, 2023. – 34 с.
3. Леоніць I.B. Обґрунтування технології утилізації шламу каменеобробних підприємств : дис. ... д-ра філос. : 184 Гірництво. – Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2024. – 144 с.
4. Ghorbani S. Mechanical and durability behaviour of concrete with granite waste dust as partial cement replacement under adverse exposure conditions / S.Ghorbani, M.R. Yeganeh, M.K. Aghdam // Construction and Building Materials. – 2019. – № 194. – P. 143–152.
5. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing / V.Korobiichuk, V.Shamrai, O.Iziumova and other // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 4 (5–82). – P. 52–57.
6. Шамрай В.І. Оцінка оптичних показників поверхні природного каменю методом інфрачервоної спектроскопії / В.І. Шамрай, В.В. Коробійчук, I.B. Леоніць // Технічна інженерія. – 2021. – № 1 (87). – С. 169–182.
7. Леоніць I.B. Використання шламу каменеобробних підприємств як домішок у керамічних виробках / I.B. Леоніць, С.С. Ісков // Технічна інженерія. – 2023. – № 1 (91). – С. 361–365.
8. Леоніць I.B. Вплив високих температур на міцнісні характеристики будівельних матеріалів / I.B. Леоніць, Д.М. Білобров // Технічна інженерія. – 2023. – № 2 (92). – С. 239–244. DOI: 10.26642/ten-2023-2(92)-239-244.
9. Quality index control for building products made of natural facing stone / V.Shamrai, V.Melnyk-Shamrai, V.Korobiichuk and other // Mining of Mineral Deposits. – 2023. – № 17 (3). – P. 12–21.

References:

1. Li, L. et al. (2019), «Filler technology of adding granite dust to reduce cement content and increase strength of mortar», *Powder Technology*, No. 342, pp. 388–396.
2. Leonets, I.V., Mykytenko, S.V., Bilobrov, D.M. and Shkabara, Yu.V. (2023), «Vplyv mistis zboru shlamu na kameneobrobnykh pidpriemstvakh na zernovyi sklad pres-poroshkiv», *Suchasni problemy hirnystva ta budivnytstva*, tezy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii, Zhytomyrska politekhnika, Zhytomyr, 34 p.
3. Leonets, I.V. (2024), *Obgruntuvannya tekhnolohii utilizatsii shlamu kameneobrobnykh pidpriyemstv*, Ph.D. Thesis of dissertation 184 Hirnyctvo, Derzhavnyi universytet «Zhytomyrska politekhnika», Zhytomyr, 144 p.
4. Ghorbani, S., Yeganeh, M.R. and Aghdam, M.K. (2019), «Mechanical and durability behaviour of concrete with granite waste dust as partial cement replacement under adverse exposure conditions», *Construction and Building Materials*, No. 194, pp. 143–152.
5. Korobiichuk, V., Shamrai, V., Iziumova, O. et al. (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.
6. Shamrai, V.I., Korobiichuk, V.V. and Leonets, I.V. (2021), «Otsinka optychnykh pokaznykiv poverkhni pryrodnoho kamenyu metodom infrachervonoj spektroskopii», *Tekhnichna inzheneriya*, No. 1 (87), pp. 169–182.
7. Leonets, I.V. and Iskov, S.S. (2023), «Vykrystannya shlamu kameneobrobnykh pidpriyemstv yak domishok u keramichnykh vyrobakh», *Tekhnichna inzheneriya*, No. 1 (91), pp. 361–365.
8. Leonets, I.V. and Bilobrov, D.M. (2023), «Vplyv vysokykh temperatur na mitsnisni kharakterystyky budivelnnykh materialiv», *Tekhnichna inzheneriya*, No. 2 (92), pp. 239–244, doi: 10.26642/ten-2023-2(92)-239-244.
9. Shamrai, V., Melnyk-Shamrai, V., Korobiichuk, V. et al. (2023), «Quality index control for building products made of natural facing stone», *Mining of Mineral Deposits*, No. 17 (3), pp. 12–21.

Коробійчук Валентин Вацлавович – доктор технічних наук, професор Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-1576-4025>.

Наукові інтереси:

– видобуток та обробка природного каменю; гірництво.

Леонєць Ірина Володимирівна – доктор філософії Державного університету «Житомирська політехніка».

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

Наукові інтереси:

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

Шамрай Володимир Ігорович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0001-9441-9379>.

Наукові інтереси:

– видобуток та обробка природного каменю.

E-mail: kgt_shvi@ztu.edu.ua.

Мельник-Шамрай Вікторія Вікторівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-3551-5085>.

Наукові інтереси:

– лісові екосистеми; радіоекологічні проблеми Українського Полісся; оцінка впливу на довкілля.

E-mail: org_vvm@ztu.edu.ua.

Криворучко Андрій Олексійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0003-3332-2631>.

Наукові інтереси:

– геометрія надр, видобування блочного каменю; геолого-економічна оцінка рудних та нерудних родовищ корисних копалин.

E-mail: km_kao@ztu.edu.ua.

Темченко Анатолій Георгійович – доктор технічних наук, професор Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0009-0004-3973-2230>.

Наукові інтереси:

– видобуток та обробка природного каменю; гірництво.

Korobiichuk V.V., Leonets I.V., Shamrai V.I., Melnyk-Shamrai V.V., Kryvoruchko A.O., Temchenko A.H.

Sludge from stoneworking enterprises: prospects of using it as an additive in the ceramic industry

The paper examines the use of sludge, which forms during the processing of natural stone at stoneworking enterprises, as an additive for producing press powders used in the production of ceramic materials. Sludge is one of the waste products of the stoneworking industry, and its disposal is a pressing task in modern production conditions, as the waste volume is significant and negatively impacts the environment. At the same time, sludge can become a valuable additive to ceramic mixtures, as its physicochemical properties, particularly the granulometric composition, can improve the characteristics of the final products. The study focuses on the granulometric composition of sludge obtained at stoneworking enterprises using different stone processing technologies, including diamond-cable and disc machines. The analysis showed that the particle composition of the sludge varies significantly depending on the processing technology. In particular, when processing stone with diamond-cable machines, a larger number of medium-sized particles (0,1–0,2 mm) is formed, whereas disc machines produce coarser fractions (over 0,2 mm). This has a significant effect on the physicochemical properties of the sludge, and consequently, its ability to be used in ceramic production. It was found that sludge with larger fractions (> 0,2 mm) has a low compaction ability and worsens the strength characteristics of the final products, while smaller particles (< 0,1 mm) can improve the water resistance and other properties of materials. Moreover, it was established that not only the particle size but also characteristics such as particle shape and surface roughness affect the flowability and bulkiness of the powder, and consequently, the pressing process. The paper provides recommendations for potential ways to improve the quality of sludge for use in ceramic production, particularly through fraction separation and mechanical or gravitational separation of coarse particles. The importance of experimental studies to determine the optimal sludge content in ceramic mixtures is also justified, as the properties of the final products may significantly depend on the specific composition of the sludge. Thus, the results of the study confirm the possibility of effectively using sludge from stoneworking enterprises as an additive for ceramic materials, which will not only reduce the environmental impact but also enhance the economic efficiency of production. However, further research is needed to improve the sludge disposal technology and expand its use in the construction industry.

Keywords: sludge from stoneworking enterprises; granulometric composition; ceramic materials; press powders; ecological disposal; technical characteristics; waste utilization.

Стаття надійшла до редакції 22.04.2025.