

Щукина Л. П.,  
Цовма В. В.,  
Галушка Я. О.,  
Міхєєнко Л. О.

## ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Досліджена залежність фізико-механічних і теплофізичних властивостей пористих керамічних будівельних матеріалів від їх макроструктури. Визначені типи структур, види і дисперсність поризуючих добавок, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості матеріалів. Встановлені технологічні фактори, які дозволяють спрямовано регулювати пористу структуру конструкційно-теплоізоляційних керамічних матеріалів та їх властивості.*

**Ключові слова:** конструкційно-теплоізоляційна кераміка, поризатори, структура, густина, міцність, морозостійкість.

### 1. Вступ

Новими стандартами будівництва, прийнятими в країнах Європи, передбачається будівництво споруд з наближеним до нуля використанням енергії, що в першу чергу стосується житлових будинків індустріальної серії. Дотримання таких вимог потребує пошуку нових технічних рішень для стінових конструкцій, в тому числі таких, які б базувалися на використанні теплоефективних матеріалів [1–3]. Аналіз технологій енергоефективного домобудування в Україні показав, що в цьому напрямку типовим рішенням є створення багатошарових стін з використанням ніздрюватого бетону в поєднанні з мінеральним або синтетичним утеплювачем. Враховуючи певні суттєві недоліки цих утеплювачів, більш доцільним варіантом спорудження теплоефективної стіни могло б стати використання в ній пористо-пустотілих керамічних виробів, що виключало б необхідність додаткового утеплення. Представлена на будівельному ринку вітчизняна продукція такого типу за рівнем густини може бути віднесена до категорії конструкційних матеріалів, що при їх використанні знижуватиме теплоефективність стін. Виходячи з цього, набуває актуальності задача розроблення технології конструкційно-теплоізоляційної кераміки, яка б забезпечувала ефективний тепловий захист стінової конструкції при необхідному рівні її міцності.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Представлені в літературі способи покращення фізико-механічних властивостей теплоефективної кераміки базуються на використанні різних поризуючих і зміцнюючих добавок. Наприклад, в роботах [4–7] представлені розробки з отримання матеріалів зниженої теплопровідності з використанням органорганічних добавок, які зменшують теплопровідність виробів і сприяють скороченню енерговитрат на випал за рахунок екзотермічних реакцій горіння. З метою підвищення механічних властивостей матеріалів авторами патенту [6] запро-

поновано використання алюмовмісного техногенного компоненту (для збільшення вмісту  $Al_2O_3$  в шихті) і перліту, який утворює розплав при випалі і зміцнює стінки пор. Аналогічний механізм зміцнення пористої кераміки встановлено авторами роботи [7] при використанні крихти піноскла як пороутворюючого компонента. Ефект зміцнення досягається за рахунок армування стінок пор кристалами новоутворень, зокрема муліту.

Наведені дослідження, які проводяться в напрямку отримання теплоефективної будівельної кераміки і окреслюють вектор розробок, вказують, що вони спрямовані на визначення впливу конкретних добавок на властивості матеріалів без системного аналізу найважливішого для поризованої кераміки взаємозв'язку «тип структури — властивість» [8]. В літературі бракує інформації стосовно технологічних способів регулювання пористої структури матеріалів для досягнення підвищеної конструктивної якості виробів. Недостатній розвиток питання щодо впливу поризаторів на формування різних типів пористих структур та їх взаємозв'язок з властивостями матеріалів обумовлюють необхідність проведення досліджень в цьому напрямку.

### 3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

**Об'єкт дослідження:** конструкційно-теплоізоляційна будівельна кераміка, що її отримують методом газоутворюючих добавок.

**Мета дослідження:** встановлення взаємозв'язку властивостей керамічних матеріалів з типом використаних поризаторів і утвореної пористої структури.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- моделювання різних типів пористих керамічних структур з використанням неорганічних, органічних та органо-мінеральних поризаторів;
- визначення структурних характеристик матеріалів у взаємозв'язку з видом поризатора;
- дослідження залежності властивостей поризованих керамічних матеріалів від їх структурних особливостей.

#### 4. Матеріали та методи дослідження пористої структури і властивостей конструкційно-теплоізоляційних керамічних матеріалів

Для отримання пористих лабораторних зразків використовували метод введення газотвірних та вигоряючих добавок [9]. Як глинистий компонент мас використано неспікливий суглинок Гординського родовища (Львівська область), що може бути використаний в технології стінової кераміки. Для формування пористих керамічних структур різних типів застосовували неорганічні, органічні та органо-мінеральні поризатори з різною формою і структурою часток. Добавки були взяті в таких кількостях, щоб можна було досягти приблизно однакового рівня відкритої пористості усіх зразків (40 %) для того, щоб виключити вплив цього фактору структури на властивості. Виключення становив золошлаковий матеріал, частки якого, за припущеннями авторів статті, мають власну структурну пористість, за рахунок чого будуть сповіщати відповідну пористість матеріалу. Характеристика поризуючих добавок наведена в табл. 1. В цій же таблиці наведені дані про розмір часток поризаторів, який змінювали спеціально з метою подальшого вивчення впливу розміру утворених пор на властивості керамічних зразків. Заданий розмір часток поризаторів забезпечували їх розсіюванням крізь відповідні сита.

Таблиця 1

Характеристика використаних поризуючих добавок

Вид добавки	Втрати при прожарюванні, %	Кількість добавки, мас. %	Розмір часток добавки, мм	
			варіант 1	варіант 2
Мергель (М)	26,0	20	1–2	0,1–0,5
Доломіт (Д)	39,0	20	1–2	0,1–0,5
Деревна тирса (Т)	97,0	6	1–2	0,1–0,5
Торф (То)	95,0	6	1–2	0,1–0,5
Відходи флотації вугілля (В)	40,0	20	0,5–1	0,1–0,5
Золошлак (З)	6,2	20	0,5–1	0,1–0,5

Керамічні зразки (по три паралельних зразки) у вигляді кубів і паралелепіпедів заданого розміру отримували методом пластичного формування у формах, після висушування їх випалювали в муфельній печі за температури 1000 °С з витримкою протягом 1 год. Для отриманих зразків досліджувались показники їх структури: усі види пористості, розмір переважаючих пор, об'ємна доля твердої фази і коефіцієнт анізотропії структури для оцінки її однорідності [10]. Чим ближче цей коефіцієнт до одиниці, тим більш однорідною є пориста структура. Закрити пористість визначали через експериментально отримані значення дійсної густини зразків, об'ємну долю твердої фази – як відношення середньої густини до дійсної. Форму і тип утворених пор досліджували методом оптичної мікроскопії при збільшенні у 20 разів на зрізаних і внутрішніх площинах зразків (рис. 1, площини А і Б), розміри пор вимірювали окуляр-мікрометром.

Додатково структура зразків досліджувалася за допомогою лазерного скануючого 3D-мікроскопу Keyence

VK-9700K на внутрішніх площинах Б (точність вимірювань об'єктів становить 0,001 мкм).

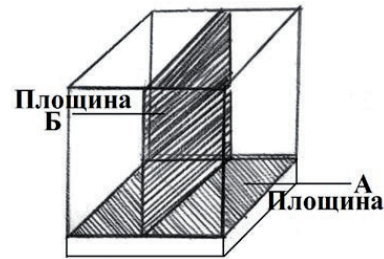


Рис. 1. Схема розрізання зразків для дослідження їх макроструктури

Серед властивостей пористих керамічних матеріалів, які визначають їх належність до групи теплоефективних, досліджувалися середня густина і коефіцієнт теплопровідності. Коефіцієнт теплопровідності розраховувався за емпіричною формулою:

$$\lambda_{п} = \lambda_{ц} \cdot (1 - V_{п}),$$

де  $\lambda_{п}$  і  $\lambda_{ц}$  – коефіцієнт теплопровідності відповідно пористого і щільного матеріалу;  $V_{п}$  – об'ємна доля пор.

Додатково були проаналізовані межі міцності при стиску матеріалів та їх морозостійкість.

#### 5. Результати дослідження структурних і фізико-механічних характеристик матеріалів

В результаті проведення експерименту отримані дані стосовно кількісних показників структури зразків та їх властивостей, наведені в табл. 2 і 3 (у шифрі зразків літера означає назву добавки, цифра – варіант розміру її часток).

Таблиця 2

Показники пористої структури керамічних зразків

Шифр зразка	Відкрита пористість, %	Закрита пористість, %	Об'ємна доля твердої фази	Коефіцієнт анізотропії	Максимальний розмір пор, мм	Мінімальний розмір пор, мм
М1	30,5	10,4	0,59	0,81	1,4	0,1
М2	28,6	10,0	0,61	0,89	0,8	0,05
Д1	29,1	11,1	0,60	0,87	1,3	0,1
Д2	29,2	9,1	0,62	0,88	0,6	0,05
Т1	28,0	15,0	0,57	0,80	1,6	0,1
Т2	28,7	13,8	0,57	0,69	1,2	0,1
То1	24,9	16,0	0,59	0,82	1,3	0,1
То2	25,2	14,7	0,60	0,75	1,0	0,1
В1	23,1	13,8	0,63	1,00	0,8	0,1
В2	22,2	16,7	0,61	0,79	0,6	0,05
З1	30,7	10,6	0,59	0,77	1,3	0,1
З2	33,9	10,2	0,56	0,95	0,7	0,1

Таблиця 3

Властивості керамічних зразків

Шифр зразка	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Межа міцності при стиску, МПа	Морозостійкість, цикли	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)
M1	1554	8,3	26	1,12
M2	1652	13,2	33	1,16
D1	1642	9,6	31	1,14
D2	1626	10,6	33	1,18
T1	1463	6,5	31	1,08
T2	1515	6,7	35	1,08
Tb1	1533	10,4	32	1,12
Tb2	1567	14,1	35	1,14
B1	1615	17,1	35	1,20
B2	1635	16,3	35	1,16
Z1	1479	6,4	26	1,12
Z2	1435	6,5	30	1,06

Дослідження макроструктури пористих зразків за допомогою оптичного мікроскопу показали, що усі вони мають будову, яка складається з керамічної матриці, що є безперервною фазою, в якій більш чи менш рівномірно розподілені пори. Вид і форма пор залежить від виду використаної добавки. Так, для зразків з неорганічними добавками характерні в основному каналні пори, іноді змінного перетину (так звані «чіткові» пори). Органічні добавки утворюють пори прогнозованої форми, яка залежить від форми їх часток. Для зразків з тирсою і торфом характерні пори витягнутої овальної форми (трубчасті). В останніх зразках утворюються також глобулярні пори, скоріш за все, за рахунок зіткнення під час формування волокнистих часток добавки. В матеріалах з вуглевідходами утворюються пори різної форми і типу – сферичні, глобулярні замкнуті та відкриті пори. Для матеріалів з використанням золашляку характерні в основному сферичні замкнуті пори та поодинокі каналні.

Особливості аналізу пористої структури керамічних зразків із застосуванням лазерного скануючого 3D-мікроскопу наведені на прикладі зразка із золашляковим поризатором на характерній ділянці його внутрішньої площини площею 0,35 мм<sup>2</sup> (рис. 2).

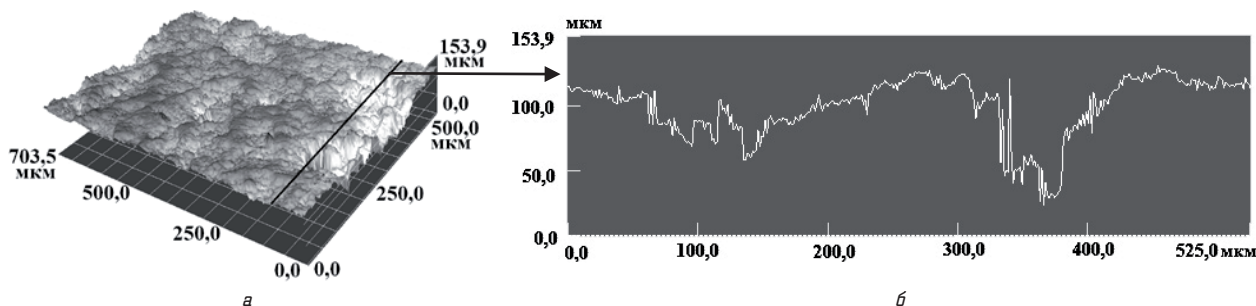


Рис. 2. Фрагмент пористої структури керамічного зразка складу Z2: а — внутрішня площина; б — профілограма перерізу

З рис. 2 видно достатньо рівномірну зміну рельєфу внутрішньої площини зразка, в якому чергуються виступи із западинами (останні представляють собою

розрізані пори). Профілограма перерізу дослідної площини на лінії розташування пор (рис. 2, б) дозволила визначити їх розмір, який корелює з даними оптичної мікроскопії. Так, глибина найбільшої зрізаної пори становить 100 мкм, ширина – близько 150 мкм. Найбільш зглажена за рельєфом внутрішня структура характерна для зразків з дрібним поризатором.

## 6. Обговорення результатів дослідження пористої структури і властивостей керамічних матеріалів

При аналізі впливу різних видів пористості на властивості зразків було використано кореляційний метод (без урахування розміру часток поризаторів). Встановлено, що існує від'ємна кореляція між загальною пористістю і такими характеристиками, як міцність, густина і теплопровідність з коефіцієнтом кореляції  $|R_{xy}| \geq 0,86$ , який характеризує такий зв'язок як тісний. Зв'язок між відкритою пористістю, теплопровідністю і морозостійкістю характеризується середньою силою ( $R_{xy} = -0,56$ ), між відкритою пористістю і міцністю – сильною силою ( $R_{xy} = -0,79$ ). В цілому виявлені зв'язки є закономірними, але цікавим виявився факт, що, на відміну від інших видів пористості, зв'язок між міцністю і закритою пористістю характеризується як позитивний. Така кореляція свідчить про те, що з усіх видів пористості саме закрыта позитивно впливає на міцність.

Стосовно взаємозв'язку властивостей зразків між собою можна зауважити, що він також є прогнозованим відносно впливу густини на міцність і теплопровідність з високою долею імовірності існування лінійного зв'язку між означеними властивостями ( $R_{xy} > 0,8$ ). Певний вплив на властивості матеріалів, зокрема їх міцність і теплопровідність, чинить фактор однорідності структури. Але його вплив виражений слабо, що вказує на наявність більш значимих факторів в процесі формування структури і властивостей зразків.

У відношенні впливу розміру пор на властивості матеріалів можна зазначити, що чим менше розмір пор, тим більш високим виявляється рівень міцності і морозостійкості при майже однаковому рівні теплопровідності. Розмір пор також є фактором, що чинить вплив на анізотропію пористої структури. Цей вплив неоднаковий для різних добавок: для неорганічних добавок і золи більш однорідною є структура з дрібними порами, для органічних і вуглевідходів – з більш крупними.

При аналізі взаємозв'язку форми пор з властивостями зразків однозначно вираженої тенденції немає. Так, матеріали з органічними поризаторами і трубчастими

порами мають як низький ( $\approx 6,6$  МПа), так і високий рівень міцності ( $\approx 12,2$  МПа). Те ж саме стосується матеріалів з комбінованими порами.

Наведені вище експериментальні результати дозволяють заключити, що експлуатаційні властивості пористих керамічних матеріалів визначаються саме особливостями їх макроструктури. На межу міцності при стиску структура пористого керамічного матеріалу впливає наступним чином. Структура з переважним вмістом відкритих пор трубчастої форми та крупних пор будь-якого типу характеризується меншою механічною міцністю. Тенденція до покращення міцності простежується при збільшенні закритої пористості, а також утворенні комбінованої пористої структури. Для середньої густини і теплопровідності пористих матеріалів виявлено, що суттєвий вплив на них чинить лише загальна пористість, вплив усіх інших параметрів макроструктури виявився несуттєвим. Морозостійкість матеріалів зменшується зі збільшенням пористості та розміру пор.

Наведені в статті результати є окремим етапом дисертаційних досліджень в напрямку створення теплоефективної кераміки для енергозберігаючого будівництва. Для узагальнення висновків стосовно предмету досліджень необхідно їх поглибити в напрямку використання інших цегельно-черепичних глин та температур випалу.

## 7. Висновки

У результаті проведених досліджень:

1. За рахунок використання різних поризуючих добавок змодельовані пористі керамічні структури, які відрізняються типом і розміром утворених пор. Вивчені параметри структури поризованих керамічних матеріалів та зв'язок структурних характеристик з їх властивостями.

2. Встановлено, що введення неорганічних добавок дозволяє отримати переважно каналні пори, іноді змінного перетину. Використання тирси і торфу забезпечує утворення пор витягнутої овальної форми (трубчасті), а також глобулярних пор з торфом. З вуглеводходами утворюються пори різної форми і типу — сферичні, глобулярні замкнуті та відкриті пори. Добавки золашлаку забезпечують сферичні замкнуті пори та поодинокі каналні.

3. Для досягнення міцної помірно пористої структури керамічних матеріалів при загальній пористості на рівні  $\approx 40$  % найбільш прийнятним типом структури слід вважати комбіновану структуру з відкритими і закритими сферичними і глобулярними порами, яка забезпечується при використанні вуглеводходів. Досить міцною комбінованою структурою з порами трубчастого і глобулярного типу характеризуються матеріали з торфом. Такі структури мають порівняно більшу кількість закритих пор і кращий рівень властивостей. Найменшим рівнем закритої пористості характеризуються матеріали з неорганічними поризаторами і золою, що негативно відбивається на їх властивостях, зокрема морозостійкості.

Важливим фактором, який впливає на однорідність пористої структури і властивості матеріалів, є дисперсність поризаторів, від якої залежить розмір пор. Чим менше розмір пор, тим більш високим виявляється рівень міцності і морозостійкості при майже однаковому рівні теплопровідності матеріалів.

## Література

- Захарченко, П. В. Аналіз ринку будівельних матеріалів України в 2012 році [Текст] / П. В. Захарченко, В. Б. Коваль, В. О. Поколенко // Строительные материалы и изделия. — 2013. — № 2. — С. 76–77.
- Захарченко, П. В. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали. Модифіковані сухі будівельні суміші та водно-дисперсійні полімерні склади [Текст]: підручник / П. В. Захарченко, Е. М. Долгий, Ю. О. Галаган та ін. — К.: КНУБА, 2005. — 512 с.
- Шилок, П. С. Прогресивні конструктивні рішення для підвищення енергозбереження в сучасному будівництві [Текст] / П. С. Шилок, С. А. Тимошенко, В. І. Гоц та ін. // Строительные материалы и изделия. — 2013. — № 2. — С. 22–23.
- Bories, C. Fired clay bricks using agricultural biomass wastes: Study and characterization [Text] / C. Bories, L. Aouba, E. Vedrenne, G. Vilarem // Construction and Building Materials. — 2015. — Vol. 91. — P. 158–163. doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.05.006
- Bories, C. Development of eco-friendly porous fired clay bricks using pore-forming agents: A review [Text] / C. Bories, M.-E. Borredon, E. Vedrenne, G. Vilarem // Journal of Environmental Management. — 2014. — Vol. 143. — P. 186–196. doi:10.1016/j.jenvman.2014.05.006
- Способ изготовления пористых керамических стеновых изделий [Электронный ресурс]: Пат. 2425817 Российская Федерация, МПК С 04 В 38/08 / Габидуллин М. Г., Рахимов Р. З., Шангараев А. Я. и др.; заявитель и патентообладатель: Образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет». — № 2010107708/03; опубл. 27.06.2011, Бюл. № 18. — Режим доступа: \www/URL: http://www.freepatent.ru/patents/2425817
- Besedin, P. V. Heat-Efficient Composite Wall Material [Text] / P. V. Besedin, I. A. Ivleva, V. I. Mos'pan // Glass and Ceramics. — 2005. — Vol. 62, № 3–4. — P. 87–88. doi:10.1007/s10717-005-0041-1
- Liu, P. S. Porous Materials. Processing and Applications [Text] / P. S. Liu, G. F. Chen. — Butterworth-Heinemann, 2014. — 576 p.
- Гузман, И. Я. Некоторые принципы образования пористых керамических структур. Свойства и применение [Текст] / И. Я. Гузман // Стекло и керамика. — 2003. — № 9. — С. 28–30. doi:10.1023/b:glac.0000008227.85944.64
- Черепанов, Б. С. Анизотропия физико-механических свойств пенокерамических материалов [Текст] / Б. С. Черепанов, Д. И. Давидович, Т. М. Любина // Труды института «НИИСтройкерамика»: Новая технология в керамическом производстве. — 1977. — Вып. 42. — С. 163–170.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Исследована зависимость физико-механических и теплофизических свойств пористых керамических строительных материалов от их макроструктуры. Определены типы структур, виды и дисперсность поризующих добавок, которые обеспечивают необходимые эксплуатационные свойства материалов. Установлены технологические факторы, которые позволяют направленно регулировать пористую структуру конструкционно-теплоизоляционных керамических материалов и их свойства.

**Ключевые слова:** конструкционно-теплоизоляционная керамика, поризаторы, структура, плотность, прочность, морозостойкость.

*Шукіна Людмила Павлівна, кандидат технічних наук, професор, кафедра технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.*

*Цовма Віталій Віталійович, кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник, кафедра технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: vitalii.cov@gmail.com.*

*Галушка Ярослав Олегович, аспірант, кафедра технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.*

*Міхеєнко Лариса Олександрівна, кандидат технічних наук, науковий співробітник, кафедра технологій кераміки, огнеупоров, стекла и эмалей, Национальний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.*

*Шукина Людмила Павловна, кандидат технических наук, профессор, кафедра технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.*

*Цовма Виталий Витальевич, кандидат технических наук, младший научный сотрудник, кафедра технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.*

*Галушка Ярослав Олегович, аспирант, кафедра технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, Национальный техниче-*

*ский университет «Харьковский политехнический институт», Украина.*

*Міхеєнко Лариса Александрівна, кандидат технічних наук, науковий співробітник, кафедра технологій кераміки, огнеупоров, стекла и эмалей, Национальний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.*

*Shchukina Ludmyla, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine.*

*Tsovma Vitalii, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: vitalii.cvv@gmail.com.*

*Halushka Yaroslav, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine.*

*Mikheenko Larisa, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine*

УДК 666.94

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.56243

**Сокольников В. Ю.,  
Токарчук В. В.,  
Свідерський В. А.**

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМООБРОБЛЕНИХ ВІДВАЛЬНИХ ПОРІД ВУГЛЕВИДОБУВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТУ

Наведені дані по хімічному і мінералогічному складу відвальних порід вуглевидобування. Досліджено вплив термооброблених відвальних порід на фізико-механічні властивості цементу. Встановлено оптимальний температурний інтервал термообробки відвальних порід і вивчена залежність властивостей цементу від температури випалу відвальних порід. Доведена можливість використання термооброблених відвальних порід вуглевидобування в якості мінеральної добавки при виробництві цементу.

**Ключові слова:** цемент, відвальні породи вуглевидобування, термообробка, мінеральна добавка.

### 1. Вступ

Видобування вугілля пов'язане з утворенням на поверхні землі значної кількості відходів. На даний момент в Україні більше 1000 породних відвалів, а територія, яку займають ці відвали, складає близько 39740 тис. м<sup>2</sup> землі [1].

В зв'язку з тим, що відвали знаходяться на поверхні, це призводить до значних екологічних проблем: в навколишнє середовище потрапляють шкідливі речовини, особливо при возгоранні териконів. В середньому з одного терикону за добу виділяється близько 10 т оксиду вуглецю, 1,5 т сірчаного ангидриду та інші шкідливі речовини.

Крім того, відходи займають землі, які можна використовувати у сільському господарстві та для промислового або житлового будівництва.

Таким чином, пошук шляхів утилізації відвальних порід вуглевидобування є актуальною задачею.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

На сьогоднішній день існує декілька варіантів використання відвальних порід в якості сировини для різних галузей промисловості, а також програми для їх утилізації [2, 3], але найчастіше використовують горілі породи, які утворюються в «старих» териконах за рахунок природного возгорання.

Було встановлено, що в залежності від природи та виду відвальних порід, а також від процесів, які протікають при горінні цих порід, утворюються матеріали з дуже різними фізико-механічними властивостями. Тому, найчастіше, такі матеріали використовують в якості крупного і дрібного заповнювачів для бетонів [4, 5]. Процес переробки породи полягає тільки в її класифікації, дробленні та розсіві на пісчану та щебеневу фракції.

На основі суміші червоної та чорної частини терикону запропоновано [6] отримувати кераміку будівельного призначення. При такій технології необхідний помел матеріалу до повного проходження скрізь сито № 063.

Авторами [7] запропоновано ряд складів для шлако-лужних цементів з використанням горілих порід. При вмісті горілої породи 50–85 мас. % можна отримувати шлако-лужні цемент з активністю 20–50 МПа.

В Україні є практичний досвід використання териконів в дорожньому будівництві (будівництво кільцевої дороги в Донецьку) [8].

Таким чином, більшість досліджень направлені на утилізацію порід, що знаходяться в горілих териконах.

Донбаським державним технічним університетом України запропонована технологія утилізації «свіжих» відвальних порід, яка передбачає вилучення вугільної і залізистісної складових, що супроводжується помірним випалом відвальних порід [9]. В результаті переробки відвальних порід залишається біля 80 % (від вихідної породи) термообробленого матеріалу.