

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

ЦОВМА ВІТАЛІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ



УДК 666.646; 666.714

**ФАСАДНІ КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ СИРОВИНИ
ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ**

спеціальність 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Лісачук Георгій Вікторович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
завідувач науково-дослідної частини

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гивлюд Микола Миколайович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
інститут будівництва та інженерії доквілля, м. Львів,
професор кафедри будівельного виробництва

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Колєда Володимир Василійович,
Український державний хіміко-технологічний універси-
тет, м. Дніпропетровськ,
провідний науковий співробітник кафедри хімічної тех-
нології кераміки та скла

Захист відбудеться «12» червня 2014 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізо-
ваної вченої ради Д 64.050.03 в Національному технічному університеті «Харківсь-
кий політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного
університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків,
вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий «25» квітня 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Шабанова Г.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Важливою задачею при створенні і удосконаленні існуючих видів керамічних будівельних матеріалів є розробка екологічно орієнтованих промислових технологій, які базуються на комплексному використанні природної сировини та багатотоннажних техногенних відходів. При цьому, за умови отримання якісної керамічної продукції рівень використання відходів в технологічному циклі має бути максимальним, що дозволить суттєво знизити собівартість продукції та покращити екологію і стан навколишнього природного середовища.

Однією з найбільш перспективних галузей керамічної промисловості, яка здатна переробляти багатотоннажні відходи, є виробництво будівельної кераміки. На сьогодні існує ряд теоретичних і практичних розробок з утилізації різних відходів чорної металургії та вуглецевмісних відходів паливно-енергетичного комплексу у виробництві стінової кераміки рядового призначення. Для фасадних керамічних матеріалів, вимоги до яких є більш високими, такі розробки обмежені та потребують подальшого удосконалення.

Утилізація промислових відходів, зокрема високовуглецевих відходів флотаційного збагачення вугілля – це перспективний шлях розвитку технологій фасадних матеріалів, а також підвищення конкурентоздатності вітчизняного продукту.

Таким чином, задача розробки ресурсоекономної та енергоощадної технології утилізації відходів при виробництві фасадної кераміки є актуальною та визначила напрям дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХПІ» в рамках завдань держбюджетних науково-дослідних робіт МОН України: «Розроблення ресурсозаощаджуючої технології створення керамічних матеріалів з використанням нових видів вітчизняної мінеральної сировини» (Державне замовлення № 492-2009), «Дослідження можливості створення кераміки з покриттями на основі техногенної сировини» (ДР № 0111U002277), в яких здобувач брав участь як виконавець окремих розділів.

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є розробка ресурсозаощаджуючої та екологічно орієнтованої технології керамічних фасадних матеріалів з високим ступенем утилізації техногенних відходів.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- дослідження багатотоннажних промислових відходів і визначення їх сировинної цінності при утилізації в технології фасадної кераміки;
- дослідження складу та властивостей високовуглецевих відходів флотації вугілля, розробка раціональних технологічних заходів по мінімізації в них вуглецевого компоненту на підставі дослідження процесів фазоутворення у вуглевідходах під час їх термічної обробки і механізму формування фазового складу і властивостей матеріалів на їх основі;
- експериментальне дослідження технологічних факторів, які визначають ефективність вигорання вуглецю у відходах та визначення оптимальних параметрів підготовки високовуглецевих відходів у виробництво;
- обґрунтування вибору глинистої добавки у керамічні маси для отримання

фасадної кераміки на основі відходів вуглезбагачення з урахуванням мінерального складу глинистої сировини та її розповсюдженості в Україні;

– розроблення складів мас і технологічних параметрів отримання фасадної кераміки з високим ступенем утилізації відходів флотаційного збагачення вугілля;

дослідження закономірностей формування фазового складу і структури матеріалів;

– розроблення практичних рекомендацій по використанню результатів проведених досліджень та здійснення їх промислових випробувань.

Об'єкт дослідження – фізико-хімічні процеси формування структури і властивостей фасадних керамічних матеріалів.

Предмет дослідження – керамічні фасадні матеріали з використанням багатотоннажних відходів промислового комплексу України як основної сировини.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження здійснювалися із залученням термодинамічних і фізико-хімічних розрахунків в оксидних системах згідно з положеннями класичної термодинаміки і фізичної хімії силікатів. При реалізації експерименту використовувались методи статистичного і регресійного аналізу експериментальних даних, а також методи оптимального експерименту (повний факторний експеримент, симплекс-решітчасте планування). Радіаційні властивості відходів визначали з використанням гама-спектроскопії, технічний речовинний склад – за методом спалювання в окисному середовищі. Визначення фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей керамічних матеріалів здійснювали згідно з вимогами діючих нормативних документів. Для дослідження хіміко-мінерального складу сировини і фазового складу матеріалів застосовували комплекс сучасних фізико-хімічних методів аналізу (хімічний, рентгенофазовий з використанням дифрактометру ДРОН-3М, диференційно-термічний з використанням термічного аналізатору STA 409 PC, петрографічний та оптично-мікроскопічний з використанням мікроскопів високої кратності збільшення (до $\times 1000$), електронномікроскопічний з використанням REMMA 101A).

Експериментальні дослідження проводилися з використанням обладнання кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, кафедри матеріалознавства, кафедри фізики металів і напівпровідників НТУ «ХП», а також спеціальних приладів у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше:

– науково обґрунтовано та експериментально доведено доцільність застосування високовуглецевих відходів флотації вугілля як основної сировини (80 ÷ 85 мас. %) шляхом проведення попередньої низькотемпературної термічної підготовки для отримання фасадних керамічних матеріалів;

– досліджені фізико-хімічні процеси вигорання органічної складової і фазоутворення у високовуглецевих вуглевідходах в процесі їх попередньої низькотемпературної обробки при температурах 500 ÷ 550 °С, що забезпечує контрольоване зниження вмісту в них вільного вуглецю та активацію мінеральної частини відходів;

– обґрунтовані оптимальні параметри термічної підготовки відходів (дисперсність $\leq 0,8$ мм, час обробки ≤ 45 хвилин), які дозволяють скоротити час наступного випалу напівфабрикатів і сприяють формуванню міцної структури керамічних матеріалів за умови використання відходів як основної сировини;

– встановлений взаємозв'язок між мінеральним складом глин та їх випалювальними властивостями, що служить підґрунтям наукового підходу до розробки складів мас на основі полімінеральних глин для отримання керамічних будівельних матеріалів із заданими властивостями при температурах випалу $950 \div 1050$ °С;

– встановлені закономірності фазо- і структуроутворення в керамічних матеріалах, що отримують на основі попередньо термічно оброблених відходів вуглебагачення, які полягають в активації мінеральної частини відходів під час їх низькотемпературної підготовки ($500 \div 550$ °С) з наступним формуванням порфіровидної щільної структури матеріалів і утворенням криптокристалічного (970 °С) або голчастого (1030 °С) муліту.

Отримав подальший розвиток напрямок створення екологічно орієнтованих технологій керамічних будівельних матеріалів з високим ступенем утилізації техногенних відходів, реалізація яких дозволить покращити екологічний стан вуглеводобувних регіонів України.

Практичне значення одержаних результатів для галузі будівельних матеріалів полягає у розробці малокомпонентних складів керамічних мас і технології виготовлення якісної фасадної кераміки з використанням високовуглецевих відходів збагачення вугілля.

Проведені в умовах ПАТ «Севродонецький завод будівельної кераміки» і ТОВ «Цегляр» (м. Луганськ) лабораторно-промислові випробовування оптимальних складів мас і запропонованих параметрів виробництва лицьової цегли підтвердили ефективність розробок, впровадження яких у промислове виробництво дозволить отримати суттєвий економічний ефект за рахунок зниження витрат природного газу на випал продукції на 80 %.

Науково-технічна новизна розробок з утилізації техногенної сировини у керамічній технології підтверджена патентом України на корисну модель № 76967.

Результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП» при викладанні дисциплін «Основи технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів», «Ресурсо- та енергозбереження в технології ТНСМ», «Виробництво кераміки та вогнетривів».

Особистий внесок здобувача. Всі наукові результати, що викладені в дисертації та винесені на захист, одержані здобувачем особисто. Серед них: аналіз наукової та патентної літератури; участь у плануванні, організації та проведенні теоретичних та експериментальних досліджень; аналіз та інтерпретація отриманих результатів; поглиблення даних щодо мінерального складу вітчизняної глинистої сировини та фізико-хімічних перетворень у високовуглецевих вуглевідходах. Постановка задач досліджень, обговорення отриманих результатів, узагальнення наукової інформації здійснювалося здобувачем спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на Міжнародних науково-технічних конференціях: «Сучасні проблеми нано-, енерго- та ресурсозберігаючих і екологічно орієнтованих хімічних технологій» (м. Харків, 2010 р.), «Физико-химические проблемы в технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» (м. Харків,

2010 р.), Четвертій Всеукраїнській науковій конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Хімічні проблеми сьогодення» (м. Донецьк, 2010 р.), «Сотрудничество для решения проблемы отходов» (м. Харків, 2010, 2011 рр.), «Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности» (м. Харків, 2011, 2012 рр.), V і VI конференціях студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології» (м. Дніпропетровськ, 2011, 2013 рр.), «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов» (м. Мінськ, 2012 г.), науковому семінарі кафедри хімічної технології силікатів Національного університету «Львівська політехніка» (м. Львів, 2013 р.)

Публікації. Основні положення і наукові результати дисертаційної роботи опубліковані у 16 наукових працях, серед яких 5 статей у фахових наукових виданнях України, 1 стаття у закордонному періодичному фаховому виданні, 9 – у матеріалах наукових конференцій та 1 патент України на корисну модель.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 205 сторінок, з них: 33 рисунки по тексту, 20 рисунків на 13 сторінках, 37 таблиць по тексту, 21 таблиця на 13 сторінках, списку використаних джерел зі 152 найменувань на 16 сторінках, 5 додатків на 10 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми та напрямку проведення дисертаційних досліджень, сформульовано мету і задачі роботи, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, а також наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі** проведено аналіз щодо існуючого стану вітчизняного виробництва фасадних керамічних матеріалів та ринку архітектурно-фасадних матеріалів для оздоблення та утеплення фасадів будівель. Проаналізовано традиційні та сучасні технології виготовлення фасадних керамічних виробів. Показана перспективність використання техногенних сировинних матеріалів при виготовленні фасадної кераміки. Наведено основні обмежуючі фактори по широкому використанню відходів в керамічних технологіях, а також проаналізовані відомі технологічні заходи, що надають змоги збільшити об'єми утилізації техногенних відходів і використовувати їх як основну сировину при виготовленні стінової кераміки рядового призначення. Встановлено, що серед різних груп техногенних відходів для отримання фасадної кераміки представляють інтерес відходи чорної металургії, паливної та енергетичної промисловості з відзначенням, що найбільшу придатність за ступенем підготовленості, речовинним і хіміко-мінеральним складом мають відходи флотажного збагачення вугілля.

У **другому розділі** здійснено вибір напрямку досліджень по використанню в технології фасадної кераміки багатотоннажних відходів чорної металургії та паливно-енергетичного комплексу. Відзначено, що дослідженню підлягають шлаки виробництва чавуну та сталі, золи ТЕС та відходи флотажного збагачення вугілля.

Приведені хімічні склади використаної природної сировини, викладені техно-

логічні особливості підготовки відходів для складання шихтових сумішей та отримання дослідних керамічних матеріалів, описані використані методики та прилади, надано опис застосованих в роботі розрахункових методів досліджень.

Дослідження техногенних відходів на предмет радіаційної безпеки проводилося з використанням гамма-спектрометричного аналізу на сцинтиляційному гамма-спектрометрі СЕГ-001 «АКПОС» згідно з ГОСТ 30108-94. Клас радіаційної безпеки відходів встановлювали за ДБН В.1.4-1.01-97.

Для дослідження властивостей та складу відходів вуглезбагачення застосовано спеціальні методики визначення вуглецю (ГОСТ 2408.1-95), зольності (ГОСТ 11022-95), виходу летких речовин (ГОСТ 6382-2001), вологи (ГОСТ 27314-91) та загального вмісту сірки (ГОСТ 2059-95). Визначення мінерального складу сировинних матеріалів здійснювалося із залученням петрографічного, рентгенофазового і термічного аналізів з використанням відповідно поляризаційного мікроскопу МІ-2е, рентгенівського дифрактометра та синхронного термічного аналізатора STA 409 PC. Рентгендифрактограми знімали на дифрактометрі ДРОН-3М з $\text{CuK}\alpha$ -випромінюванням та нікелевим фільтром. Мікроструктура керамічних зразків також досліджувалася за допомогою електронного мікроскопу REMMA 101А.

У **третьому розділі** наведено експериментальні дослідження, присвячені дослідженню техногенних матеріалів як керамічної сировини. За результатами дослідження різних металургійних шлаків (гранульовані та відвальні доменні і ваграночні, сталеплавильні шлаки конвертерного та мартенівського виробництва), кислотої золи ТЕС і відходів флотаційного збагачення вугілля встановлено, що за такими показниками, як хіміко-мінеральний склад і випалювальні властивості відходів та їх комбінацій з глиною, до використання в технології фасадної кераміки як основної сировини придатні лише відходи флотації вугілля. Використання інших досліджених відходів при отриманні лицьової цегли і фасадної плитки можливо в кількості, що не перевищує 40 мас. %.

Особливістю двох дослідних представницьких проб відходів вуглезбагачення підприємств ТОВ «Моспінське вуглезбагачувальне підприємство» Донецької області (моспінські відходи флотації пісного вугілля) та ЦЗФ «Комендантська» Луганської області (комендантські відходи флотації антрацитового вугілля) є те, що за речовинним і мінеральним складом вони представляють собою органо-мінеральний матеріал, який складається з органічної частини у вигляді летких сполук і вуглецю, а також мінеральної частини (золи), яка представлена традиційними глинистими мінералами і домішками (див. табл. 1). При використанні відходів в керамічних шихтах високий вміст в них вуглецю спричиняє високу поруватість випалених матеріалів, наявність чорної серцевини і низький рівень експлуатаційних властивостей (водопоглинання – $24 \div 65$ %, межа міцності при стиску – $2,5 \div 20$ МПа). Це потребує використання спеціальних режимів випалу матеріалів чи спеціальних прийомів по мінімізації вмісту в них вуглецю.

В **четвертому розділі** наведені технологічні заходи з мінімізації органічного компоненту у відходах, що можуть бути застосовані самостійно чи як комплекс операцій для отримання фасадної кераміки при використанні відходів флотації вугілля як основного сировинного компоненту. Серед таких заходів досліджено ефективність використання спеціальних режимів випалу керамічних матеріалів (подов-

Мінеральний і технічний склад відходів вуглезбагачення

Мінеральний склад	Вміст мінералів у відходах, %		Технічний склад	Вміст компонентів у відходах, %	
	моспінські	комендантські		моспінські	комендантські
Гідрослюда	27,6	30,2	Вуглець, С	23,6	44,4
Хлорит	36,6	24,3	Водень, Н	2,4	2,5
Каолініт	9,5	1,4	Кисень, О	2,7	2,6
Кварц	26,3	36,3	Сірка, S	0,3	0,5
Анкерит	–	5,1	Зола, А	71,0	50,0
Гіпс	–	2,7	Леткі речовини, V^{daf}	17,0	15,5

жений, багатоступеневий), проведення попередньої термічної обробки відходів за температур вигорання летких сполук і вуглецю коксового залишку, використання в масах недефіцитної цегельної глинистої сировини як добавки. Порівняльний аналіз випалювальних властивостей матеріалів показав, що найбільш доцільним способом мінімізації вуглецю у високовуглецевих відходах є використання попередньої термічної підготовки при температурах вигорання летких сполук та продуктів їх піролізу, які за даними ДТА знаходяться на рівні $500 \div 600$ °С (див. рис. 1).

В роботі зроблено припущення, яке полягало в тому, що застосування прийому термічної підготовки високовуглецевої техногенної сировини не тільки забезпечить видалення надлишкового вуглецю, але й призведе до часткової термодеструкції глинистих мінералів, що в комплексі дозволить перетворити відходи на малоуглецеву псевдоглинисту сировину з активованою мінеральною частиною. Попереднє проходження таких процесів дозволить скоротити тривалість подальшого випалу виробів для досягнення необхідної структури та рівня властивостей матеріалів.

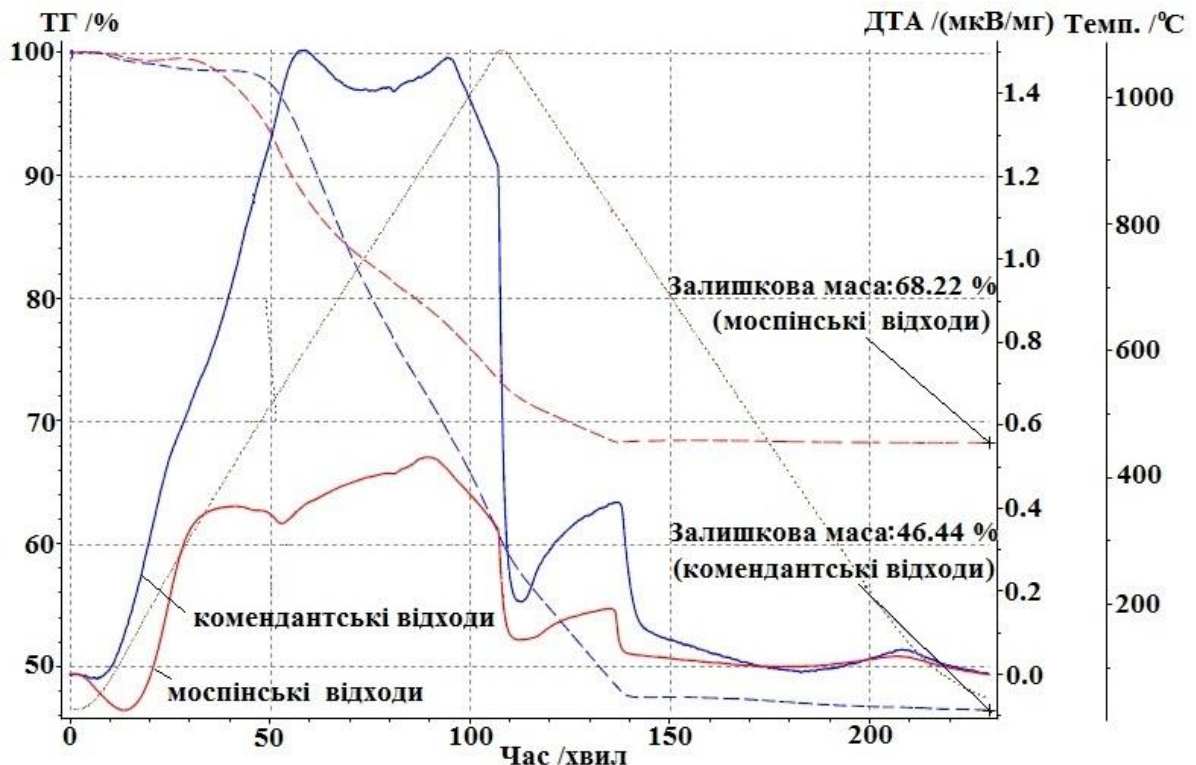


Рисунок 1 – Результати термічного аналізу відходів вуглезбагачення

Висунуте припущення підтвердилося покращенням властивостей керамічних матеріалів, отриманих на основі термічно оброблених відходів – водопоглинання зменшилося до $9 \div 30 \%$, межа міцності при стиску збільшилась до рівня $7 \div 46$ МПа (інтервал значень властивостей залежить від виду відходів і температури випалу). При дослідженні фізико-механічних властивостей і фазового складу керамічних матеріалів встановлено, що покращення їх властивостей відбувається за рахунок ущільнення структури та утворення в них муліту і склофази. Утворенню муліту в керамічних зразках вже при температурах випалу $900 \div 1000$ °С сприяє залишковий вуглець, який залишився у відходах після їх попередньої термічної обробки і який сповіщає матеріалам значну кількість теплової енергії під час основного випалу – 394 кДж на моль утвореного CO_2 за даними термодинамічних розрахунків, результати яких схематично представлені на рис. 2.

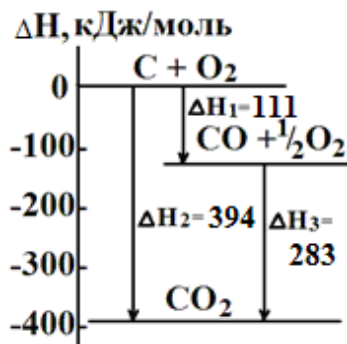


Рисунок 2 – Ентальпійна діаграма горіння вуглецю

Для дослідження факторів, які впливають на кінетику вигорання вуглецю з відходів під час їх попередньої термічної обробки, проведено факторний експеримент і встановлено, що серед таких технологічних факторів, як температура, тривалість обробки і розмір часток відходів, у найбільшому ступені на процес видалення органіки впливає температура і тривалість процесу. За результатами планованого експерименту визначені технологічні параметри термічної підготовки відходів, які мають наступні значення: температура процесу 500 і 550 °С для моспінських і комендантських відходів відповідно при макси-

мальному розмірі часток $0,8$ мм. Тривалість термічної обробки залежить від кількості відходів, що обробляються, і заданого вмісту в них залишкового вуглецю.

Встановлено вплив попередньої низькотемпературної термічної підготовки відходів на їх механічні властивості і водопоглинання. Така підготовка лише наближує властивості матеріалів до рівня, необхідного для фасадної кераміки, але не забезпечує його за рахунок неприйнятних формувальних властивостей технологічних сумішей, низької зв'язності напівфабрикатів та кристалізаційної структури керамічних матеріалів. Це приводить до необхідності використання глинистої добавки-зв'язки, але у кількості не більше 40 мас. %, щоб дотриматись умови вмісту відходів у масах як основної сировини. При цьому така глиниста добавка має бути недефіцитною, доступною для підприємств і традиційною для технології фасадної кераміки.

У п'ятому розділі обґрунтовано вибір глинистої добавки, який здійснювався на основі визначення взаємозв'язку між мінеральним складом розповсюджених в Україні цегельно-черепичних глин та їх випалювальними властивостями. Задачу вирішено поетапно починаючи з проведення порівняльного аналізу мінерального складу 48 глин вітчизняних родовищ, переважна більшість яких відноситься до четвертинної системи відкладень. Встановлено, що особливістю дослідних глин є їх полімінеральний склад і високий вміст в них вільного кремнезему, кількість якого в основному знаходиться на рівні $30 \div 60$ мас. %.

На рис. 3 наведені точки складів глин, приведених до основних чотирьох мінералів із зазначенням кількості кварцу. З використанням отриманої статистичної

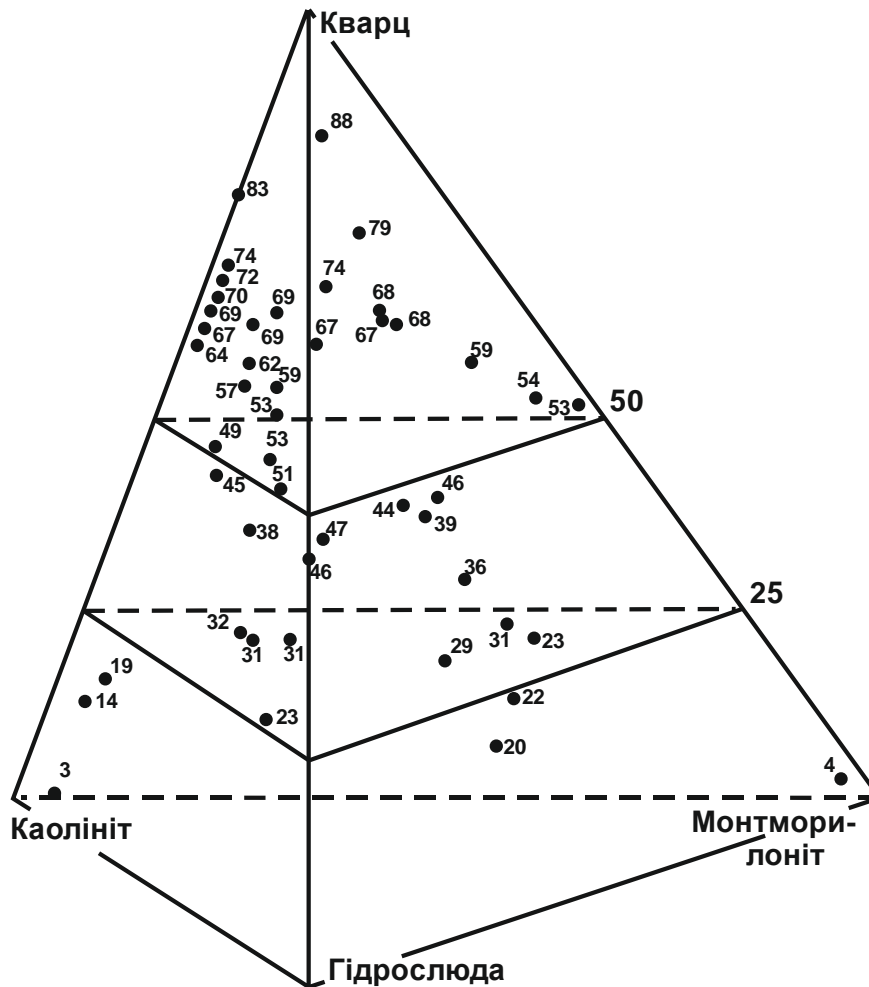


Рисунок 3 – Мінеральний склад дослідних четвертинних глин

інформації визначений вміст в природній глинистій сировині усіх чотирьох представлених на рис. 3 мінералів, прийнятний для отримання стінової і фасадної кераміки в інтервалі температур $950 \div 1050$ °С. Такі дослідження проводилися шляхом складання модельних сумішей зі збагачених мономінеральних глин – каолінітової, гідрослюдистої та монтморилонітової з додаванням кварцового піску у кількостях 30, 40 і 50 мас. % і наступним вивченням таких випалювальних властивостей, як водопоглинання, межа міцності при стиску і морозостійкість. Морозостійкість оцінювалася за допомогою коефіцієнту структурності K_c (розрахову-

ється як відношення водопоглинання матеріалів, визначене методом кип'ятіння, до водопоглинання, визначеного у воді кімнатної температури насиченням). Якщо цей коефіцієнт більший за 0,85, то матеріали вважаються морозостійкими.

На основі регресійного аналізу отримані адекватні залежності, що описують взаємозв'язок між мінеральним складом модельних сумішей і властивостями продуктів їх випалу в інтервалі температур $950 \div 1050$ °С. Побудовані діаграми, які в узагальненому вигляді представлені на рис. 4. Пунктиром на діаграмах позначені криві лінії, що обмежують області мінеральних складів, які дозволяють отримувати морозостійкі керамічні матеріали (коефіцієнт структурності $K_c > 0,85$). Розроблені діаграми дозволяють визначати придатність конкретної полімінеральної глини з високим вмістом кварцу для технології стінової і фасадної кераміки, а також вирішувати зворотну задачу – здійснювати обґрунтований вибір сировини такого типу для отримання будівельної кераміки із заданими властивостями. За допомогою отриманих діаграм для розробки складів керамічних мас на основі термічно оброблених вуглевідходів обрано запісочений полімінеральний суглинок Сватківського родовища Полтавської області (вміст вільного кварцу 51 мас. %), як такий, що придатний для виробництва фасадної кераміки.

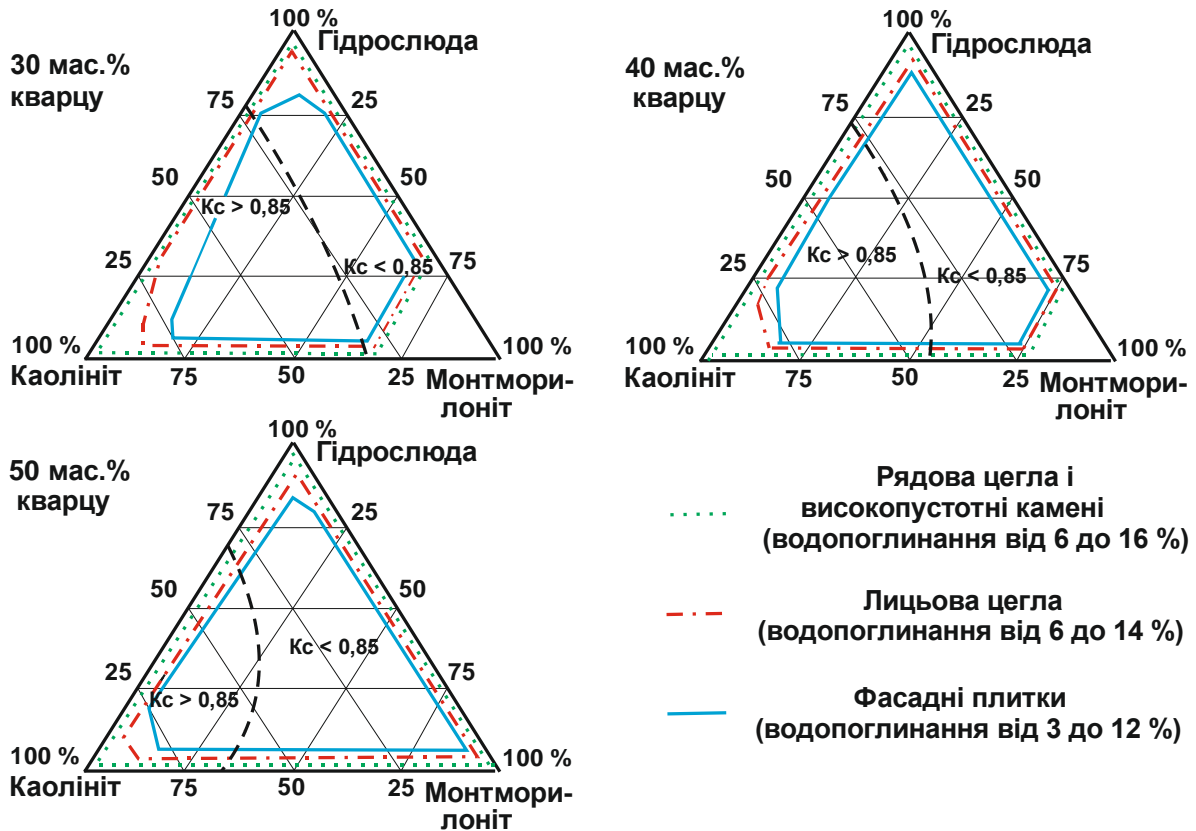
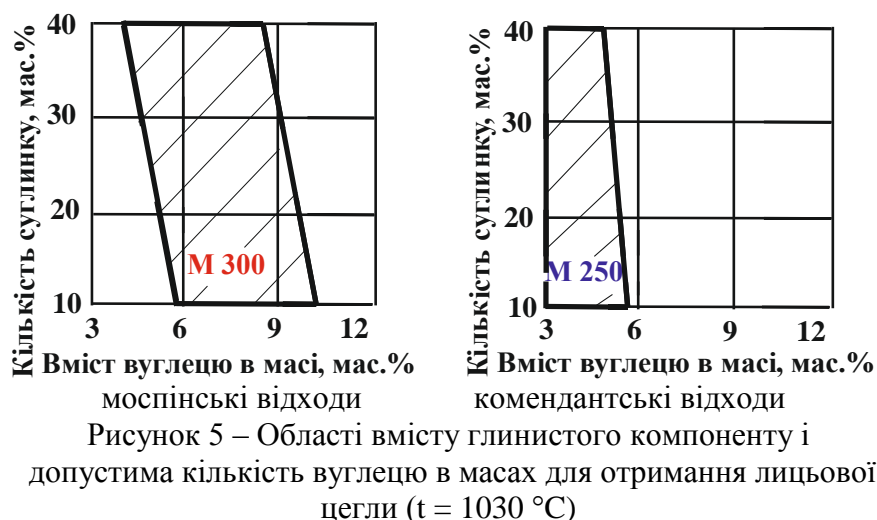


Рисунок 4 – Области мінерального складу глинистої сировини, придатної для виробництва стінової і фасадної кераміки, яку отримують в інтервалі температур 950 – 1050 °С

Проведені дослідження по визначенню вмісту в керамічних масах співвідношення термічно оброблених вуглевідходів і суглинку, а також допустимої кількості залишкового вуглецю, при яких можна отримати фасадні керамічні вироби з високим рівнем експлуатаційних властивостей. Кількість вуглецю в масах змінювалась в межах від 3 до 12 мас. %, а суглинку – від 10 до 40 мас. %. Вплив означених факторів оцінювався за водопоглинанням та механічними властивостями зразків, випалених при температурі 1030 °С.

Встановлено, що вирішальний вплив на властивості керамічних матеріалів чинить вміст вуглецевого компоненту в масах. Для отримання лицьової цегли з нормативним водопоглинанням (6 ÷ 14 %) вміст вуглецю в масах на основі моспінських відходів має знаходитись в межах 5 ÷ 10 мас. %, а на основі комендантських – 3 ÷ 6 мас. %. Збільшення вуглецю в масах на основі обох відходів при будь-якому вмісті глинистого компоненту в досліджених межах призводить до значного погіршення усіх властивостей. При додаванні глинистого компоненту, в основному, також спостерігається погіршення властивостей матеріалів, але в незначній мірі. Це можна пояснити тим, що збільшення вмісту в масі легкотопкого суглинку сприяє кращому спіканню матеріалів, що ускладнює дифузію кисню всередину зразків і видаленню з них продуктів згоряння вуглецю. У свою чергу це приводить до незавершеності процесів формування керамічного матеріалу і погіршення властивостей отриманих зразків. З урахуванням такої поведінки глинистого компоненту його кількість в масах має бути мінімальною, але достатньою для забезпечення прийнятних формувальних властивостей мас при отриманні зразків напівсухим способом (20 мас. %). На рис. 5 виділені області факторного простору, в межах яких можна



отримувати лицьову цеглу високої марочності (М 250 ÷ 300) за межею міцності при стиску на основі обох відходів. Також відзначено, що в масах для отримання лицьової цегли вміст глинистого компоненту і вуглецю може варіюватися в досить широких межах (10 ÷ 40 мас. % і 3 ÷ 10 мас. %

відповідно), що важливо для промислових умов з точки зору відтворюваності властивостей виробів, але для покращення експлуатаційних характеристик матеріалів вміст вуглецю в масі слід підтримувати на мінімально встановленому рівні.

Отриманню фасадної плитки з розроблених мас перешкоджає недостатній рівень межі міцності при згині матеріалів – 5 ÷ 9 МПа проти 17,5 МПа, визначених стандартом. Тому для підвищення рівня цього показника для фасадної плитки окрім суглинку в експеримент взято глинисту добавку з більшим вмістом каолініту, який сприяє підвищенню міцності керамічних матеріалів. Як таку добавку використано каолінит-гідрослюдисту глину ДНПК-2 – товарний продукт підприємства «Веско» (м. Дружківка Донецької області). Методом факторного експерименту (плани Шеффе неповного третього порядку) встановлені закономірності зміни водопоглинання і межі міцності при згині керамічних матеріалів в залежності від їх шихтового складу (термічно оброблені відходи – 80 ÷ 90 мас. %, кожна з глинистих добавок – 10 ÷ 20 мас. %). Вміст вуглецю в масах становив 3 мас. %, випал зразків відбувався при температурах 1000 °С і 1050 °С.

Експериментально встановлені закономірності впливу шихтового складу мас і вмісту в них вуглецю на властивості досліджених керамічних матеріалів. За комплексом необхідних властивостей як оптимальні шихтові складу для отримання лицьової цегли і фасадної плитки обрані композиції термічно оброблених відходів з глинистою сировиною, які наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика мас на основі вуглевідходів для отримання фасадної кераміки

Вид фасадної кераміки	Шифр шихти	Вміст сировинних компонентів, мас. %				Вміст вуглецю в шихті, мас. %	Температура випалу, °С
		відходи вуглезбагачення		суглинок сватківський	глина ДНПК-2		
		моспінські	комендантські				
Лицьова цегла	1М	80	-	20	-	3	1030
	1К	-	80	20	-		
Фасадна плитка	2М	85	-	-	15		1050
	2К	-	80	20	-		

Певним недоліком представлених шихт є необхідність використання підвищених (порівняно з існуючими технологіями) температур випалу матеріалів – 1030 °С

для цегли і 1050 °С для фасадної плитки. Проведено дослідження щодо зниження цих температур за рахунок регулювання параметрів напівсухого пресування напів-фабрикатів для досягнення максимального ущільнення пресовки і забезпечення необхідного ступеню спікання матеріалів при менших температурах. При виборі оптимальних значень параметрів пресування побудовані компресійні криві в інтервалі пресового тиску $20 \div 180$ кгс/см² при вологості порошків 7, 9 і 11 %. Визначено, що необхідна для максимального ущільнення пресовки вологість прес-порошку становить 9 %, а раціональний інтервал пресового тиску – $90 \div 150$ кгс/см². Досліджено вплив температури випалу ($970 \div 1030$ °С) і тиску пресування ($90 \div 150$ кгс/см²) на водопоглинання, морозостійкість і механічні властивості матеріалів. Встановлені необхідні зусилля пресування, які за рахунок більшої щільності пресовки дозволили знизити температуру отримання лицьової цегли та фасадної плитки при дотриманні значень їх експлуатаційних властивостей на рівні вимог стандартів.

Для отримання лицьової цегли при вологості прес-порошку 9 мас. % питомий тиск пресування має становити 110 кгс/см², що дає змогу отримувати керамічні матеріали з водопоглинанням на рівні 12 % і марочністю виробів за механічною міцністю не нижче М 200 при температурах випалу 970 °С і 1000 °С в залежності від використаних відходів (моспінських та комендантських відповідно). Для отримання фасадної плитки при тій же самій вологості прес-порошків питомий тиск їх пресування має становити 130 кгс/см², що при використанні температури випалу 1030 °С на основі обох відходів забезпечує водопоглинання керамічних матеріалів на рівні $5 \div 8$ % та значення межі міцності при згині не нижче 17 МПа.

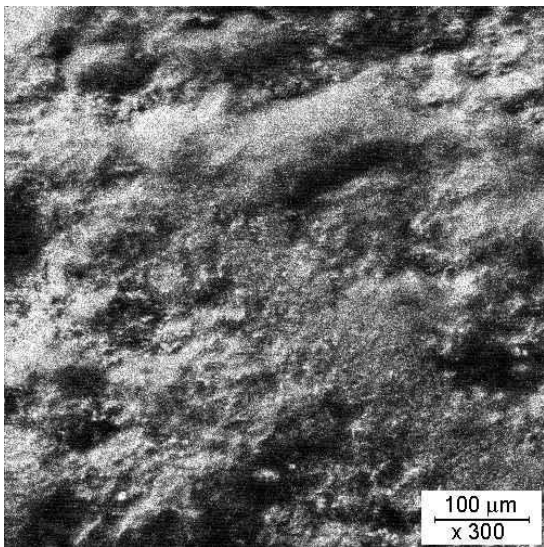


Рисунок 6 – Мікроструктура зламу керамічного матеріалу, отриманого при температурі 970 °С з шихти складу 1М

криптористалічною речовиною при температурах випалу 970 °С і 1000 °С (рис. 6) і криптористалічною речовиною, армованою голками муліту довжиною не більше 10 мкм (температура випалу 1030 °С, рис. 7). В матриці під мікроскопом спостерігаються включення реліктових мінералів – оплавлені зерна кварцу, уламки польових шпатів, оплавлені часточки гематиту. Проведені дослідження також показали, що утворення структури керамічних матеріалів відбувається за механізмом твердофазового спікання з формуванням в якості новоутворень муліту і склофази у різних кількостях в залежності від температури основного випалу. На процес утворення муліту при твердофазовому спіканні матеріалів (за участі незначної кількості рідкої

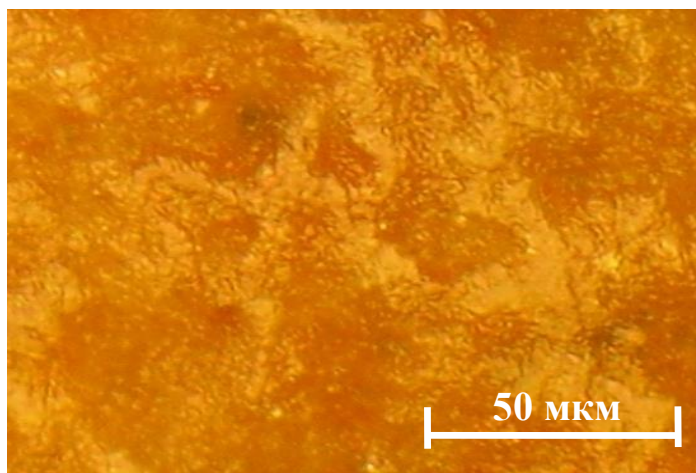


Рисунок 7 – Мікроструктура керамічного матеріалу складу 2М, отриманого при температурі випалу 1030 °С (аншліф, відбите світло, x1000)

фази – до 7 %) за відносно невисоких температур 970 ÷ 1030 °С впливає комплекс чинників. Основними є підвищена реакційна здатність метакаолініту, який утворився під час попередньої термічної підготовки відходів та відновне середовище всередині матеріалів, що сприяє прискоренню мулітоутворення.

На формування фазового складу матеріалів також чинить вплив склад мінеральної частини відходів вуглезбагачення. На основі моспінських відходів – побічного продукту подвійного збагачення пісного вугілля,

який відрізняється збільшеним вмістом каолініту у порівнянні з комендантськими відходами, утворюються керамічні матеріали з більшою кількістю муліту і склофази (до 10 мас. % і 7 мас. % відповідно). При використанні комендантських відходів, як побічного продукту збагачення антрацитового вугілля, які відрізняються більшим вмістом гідролуїди та вільного кварцу, утворюються керамічні матеріали меншим вмістом муліту і склофази (6 мас. % і 5 мас. % відповідно). Означені відмінності мінеральної частини відходів вуглезбагачення та пов'язані з цим відмінності у фазовому складі керамічних матеріалів приводять до формування різного рівня їх експлуатаційних властивостей – більш високого для керамічних матеріалів на основі моспінських відходів і меншого для матеріалів на основі комендантських.

Властивості отриманих фасадних матеріалів у порівнянні з іншими відомими розробками представлені в табл. 3, з якої виходить, що запропоновані матеріали за рядом показників переважають існуючі аналоги.

Таблиця 3

Порівняльна технічна характеристика керамічних матеріалів на основі відходів вуглезбагачення

Основні властивості	Лицьова цегла (моспінські / комендантські)	Фасадна плитка (моспінські / комендантські)	Відомі розробки на основі відходів вуглезбагачення	
			Лицьова цегла	Рядова цегла
Водопоглинання, %	12,5 / 11,5	5 / 8	14	17
Межа міцності при стиску, МПа	37 / 23	-	26	15
Межа міцності при згині, МПа	6 / 5,2	20 / 17	4,2	-
Морозостійкість, циклів понад	75* / 75*	75* / 75*	50	35
Вміст вуглецю у відходах, мас. %	24 / 44	24 / 44	17	15
Температура попередньої термічної обробки відходів, °С	500 / 550	500 / 550	відсутня	500
Кількість відходів у масі, мас. %	80 / 80	85 / 80	70	65
Температура випалу, °С	970 / 1000	1030 / 1030	1120	950
Режим випалу напівфабрикатів	традиційний	традиційний	подовжений	ступеневий

*Примітка. На означеній кількості циклів випробовування було зупинено

Високі показники властивостей отриманих матеріалів обумовлені їх фазовим складом, розрахункова кількість якого знаходиться в межах (%): кварц – $68 \div 74$, гематит – $12 \div 20$, польові шпати – $3 \div 5$, склофаза – $1,5 \div 7$, муліт – $1,5 \div 10,5$.

Рекомендовано комплекс технологічних заходів для отримання лицьової цегли і фасадної плитки з високим ступенем утилізації відходів вуглезбагачення за технологічною схемою, представленою на рис. 8. Особливістю схеми є використання мас з високим вмістом відходів ($80 \div 85$ %) за умови їх попередньої термічної підготовки при $500 \div 550$ °С і способу напівсухого пресування мас.

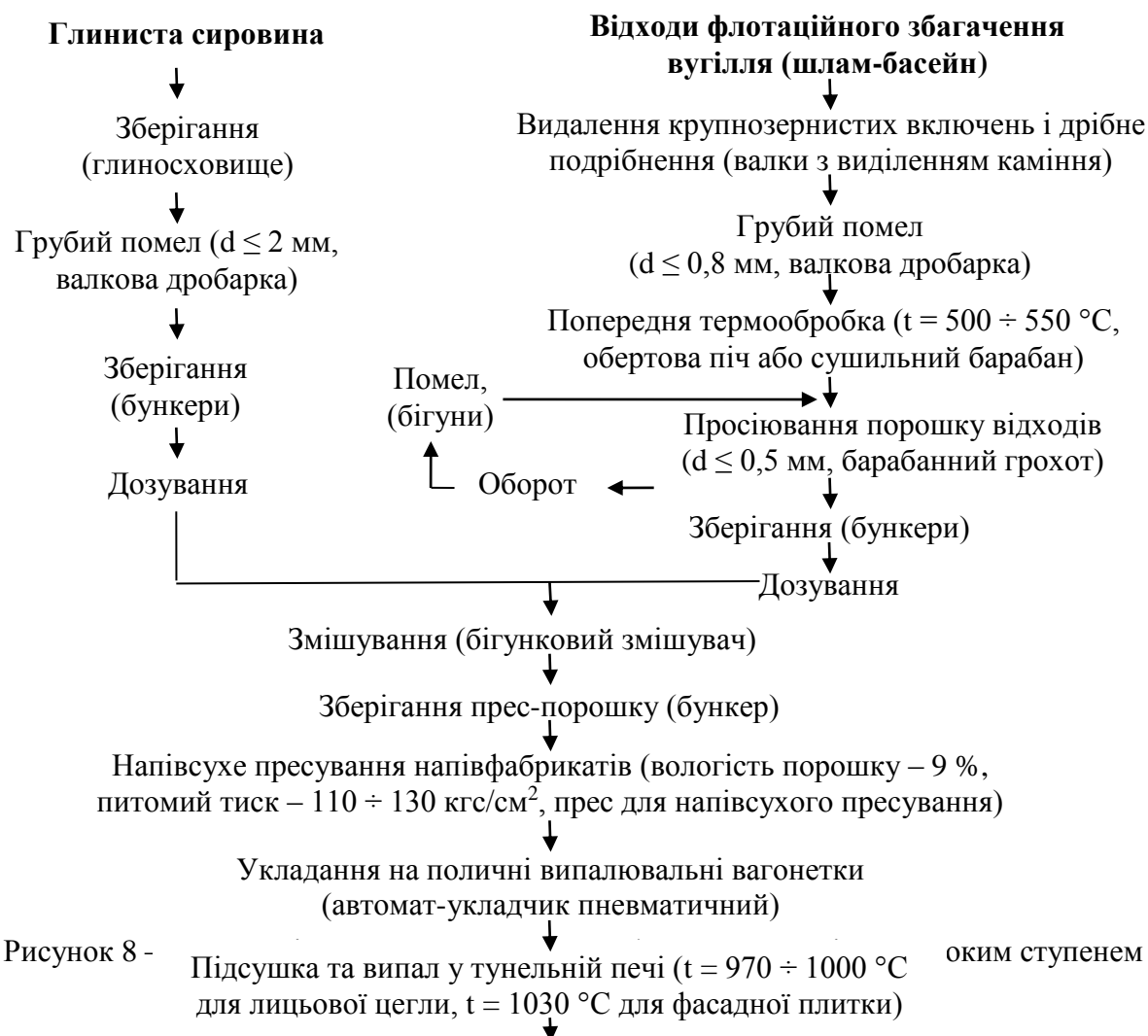


Рисунок 8 - Підсушка та випал у тунельній печі ($t = 970 \div 1000$ °С для лицьової цегли, $t = 1030$ °С для фасадної плитки) з високим ступенем

У шостому розділі Контроль якості готових виробів о-промислових випробувань по отриманню лицьової цегли з мас на основі моспінських і комендантських відходів. Апробація здійснювалась на ПАТ «Севєродонецький завод будівельної кераміки» (м. Северодонецьк, Луганська область) та ТОВ «Цегляр» (м. Луганськ). Отримані зразки лицьової цегли, які за комплексом експлуатаційних властивостей відтворюють лабораторні результати і відповідають вимогам діючого стандарту ДСТУ Б В.2.7-61:2008 «Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови (EN 771-1:2003, NEQ)».

Окрім того, при використанні високовуглецевих відходів флотаційного збагачення вугілля виключаються витрати газового палива на попередню термічну обробку відходів (за виключенням витрат палива на запуск процесу, тобто на початковий

підйом температури). Прогнозований економічний ефект від впровадження розробленої технології при виробництві 1000 одиниць лицьової цегли становитиме 590 грн.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичну задачу по розробці технологічних принципів отримання фасадних керамічних матеріалів з високим ступенем утилізації високовуглецевих відходів флотації вугілля на основі системного вивчення відходів як керамічної сировини, закономірностей формування структури, фазового складу та умов синтезу керамічних матеріалів з підвищеними якісними показниками.

1. Проведено технологічну оцінку багатотоннажних промислових відходів (шлаки чорної металургії, золи ТЕС і відходи флотації вугілля) і здійснено їх ґрунтовний вибір для використання як основної сировини в технології фасадної кераміки. Визначено, що серед розглянутих відходів промисловості найбільш прийнятною техногенною сировиною є відходи вуглезбагачення.

2. Проведено комплексні дослідження хіміко-мінерального і речовинного складу, спеціальних і технологічних властивостей відходів флотаційного збагачення пісного та антрацитового вугілля двох вуглезбагачувальних підприємств України. Встановлено, що така органо-мінеральна сировина не може бути використана в чистому вигляді в жодній з керамічних технологій, в тому числі і в технології фасадної кераміки. Продукти випалу вуглевідходів при температурах $900 \div 1100$ °С мають незадовільний зовнішній вигляд та властивості (водопоглинання $65 \div 24$ %, межа міцності при стиску $2,5 \div 20$ МПа відповідно), що пояснюється високим вмістом вуглецю у відходах (≈ 24 мас. % для відходів флотації пісного вугілля і 44 мас. % - антрациту).

3. Здійснено оцінку технологічної ефективності застосування різних способів мінімізації вуглецю у відходах (спеціальні режими випалу, введення глинистої добавки в різних кількостях, попередня термічна обробка). Визначено, що найбільш доцільним способом видалення надлишкового вуглецю з відходів є їх попередня термічна обробка, яка до того ж активує мінеральну частину відходів і збільшує швидкість вигорання залишкового вуглецю при подальшому випалі виробів. Встановлено, що найбільш значними факторами, які визначають ефективність вигорання вуглецю з відходів при їх термічній підготовці, є температура термічної обробки та дисперсність відходів. Відпрацьовано оптимальні технологічні параметри термічної підготовки відходів у виробництво, які для контрольованого видалення з них надлишкового вуглецю до заданої кількості 3 мас. % повинні мати температури термічної підготовки 500 °С та 550 °С для відходів пісного та антрацитового вугілля відповідно при розмірі часток відходів менше 0,8 мм.

4. При обґрунтуванні вибору доступної і недефіцитної глинистої добавки в керамічні маси для отримання фасадної кераміки досліджено взаємозв'язок між речовинним складом полімінеральних глин з високим вмістом кварцу (до 50 мас. %) та їх випалювальними властивостями. Побудовані діаграми, які ілюструють такий взаємозв'язок, і дозволяють здійснювати прогнозну оцінку придатності сировини такого типу для виробництва рядової і лицьової цегли, керамічних каменів, фасад-

них плиток при температурах випалу $950 \div 1050$ °С. Встановлені закономірності зміни властивостей керамічних матеріалів в залежності від мінерального складу глинистої сировини створюють базу для наукового підходу до розробки складів мас на основі запісочених полімінеральних глин з метою отримання керамічних будівельних матеріалів із заданими властивостями.

5. Розроблені оптимальні склади мас для виготовлення лицьової цегли і фасадної плитки з використанням комбінацій вуглевідходів, як основної сировини, та глинистих добавок, встановлено вплив вуглецевого і глинистого компонентів мас на властивості керамічних матеріалів. Визначено, що при умові вмісту в масах вуглецю на рівні 3 мас. % кількість в них термічно підготовлених відходів становить $80 \div 85$ мас. % в залежності від виду відходів та керамічного матеріалу (лицьова цегла чи фасадна плитка). Встановлені технологічні параметри напівсухого пресування напівфабрикатів (тиск пресування $110 \div 130$ кгс/см², вологість прес-порошку 9 %) та температури їх випалу ($970 \div 1000$ °С для цегли і 1030 °С для плитки), які забезпечують необхідні технічні властивості фасадних керамічних матеріалів (водопоглинання не вище $5 \div 12$ %, межа міцності при стиску $23 \div 37$ МПа, межа міцності при згині $17 \div 20$ МПа). Встановлено, що високий рівень властивостей керамічних матеріалів, які отримують на основі мас оптимальних складів, забезпечується формуванням при випалі порфіровидної структури матеріалів з керамічною матрицею щільної кристалічної будови, в якій розподілені реліктові фази (кварц, польові шпати, гематит) та новоутворення (склофаза і муліт).

6. Розроблена технологічна схема отримання фасадних керамічних матеріалів, яка успішно пройшла промислову апробацію (ПАТ «Сєвєродонецький завод будівельної кераміки» (м. Сєвєродонецьк, Луганська область) та ТОВ «Цегляр» (м. Луганськ)). Отримано лицьову цеглу з комплексом експлуатаційних властивостей, що відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-61:2008 на даний вид виробів, на основі мас із вмістом відходів збагачення вугілля в кількості $80 \div 85$ мас. %. Запропонована технологія призначена для її впровадження на допоміжних виробництвах вуглезбагачувальних підприємств, які є генераторами відходів, і для яких вони можуть бути використані як основна сировина при виготовленні будівельної кераміки фасадного призначення.

7. Встановлено, що при впровадженні розробленої технології у виробництво лицьової цегли прогнозований економічний ефект становитиме ≈ 590 грн. на 1000 одиниць виробів за рахунок зниження на 80 % витрат газового палива, необхідного на випал продукції.

8. Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП» .

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Цовма В.В. Технологічні аспекти отримання лицьової кераміки з високим ступенем утилізації золи-уносу / Лісачук Г.В., Щукіна Л.П., Трушкова А.В., Цовма В.В. // Кераміка: наука и жизнь. – К., 2010. – №3(9). – С. 4–7.

Здобувачем запропоновані технологічні параметри формування керамічних мас з високим вмістом золи-уносу.

2. Цовма В.В. Фізико-хімічні і технологічні дослідження шлаків чорної металургії як вторинної сировини для виробництва будівельної кераміки. / Лісачук Г.В., Щукіна Л.П., Цовма В.В., Білостоцька Л.О., Філатов Д.А. // Збірник наукових праць ПАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А.С. Бережного». – 2011. – № 111. – С. 224 – 230.

Здобувачем розроблені склади мас з використанням шлаків чорної металургії як мінеральної добавки.

3. Цовма В.В. Особливості використання оргіно-мінеральної сировини донецької області в технології фасадної кераміки / Щукіна Л.П., Лісачук Г.В., Цовма В.В., Пітак О.Я., Філатов Д.А. // Вопросы химии и химической технологии. – 2012. – № 2. – С. 179 – 182.

Здобувачем встановлена ефективність використання попередньої термічної підготовки вуглевідходів для технології будівельної кераміки.

4. Цовма В.В. Застосування високовуглецевих відходів збагачення вугілля у виробництві будівельної кераміки / Цовма В.В. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків НТУ «ХПІ», 2012. – № 63 (969). – С. 124 – 131.

Здобувачем встановлена можливість використання відходів флотації вугілля як основної сировини в технології фасадної кераміки.

5. Цовма В.В. Оценка пригодности глинистого сырья для производства стеновой и фасадной керамики / Лісачук Г.В., Щукіна Л.П., Цовма В.В., Белостоцкая Л.А., Трусова Ю.Д. // Стекло и керамика. – М., 2013. – № 3. – С. 14 – 19.

Здобувачем отримано діаграми, що дозволяють прогнозувати області використання глинистої сировини в технології будівельної кераміки.

6. Цовма В.В. Розробка технологічних параметрів виробництва лицьової цегли на основі відходів флотаційного збагачення вугілля / Лісачук Г.В., Щукіна Л.П., Цовма В.В., Колеснік Є.В., Пилипчатін О.В. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Хімія і хімічна технологія. – 2013. – № 2 (21). – С. 145 – 149.

Здобувачем встановлений допустимий вміст вуглецю в керамічній масі, а також кількість глинистого компоненту при виготовленні лицьової цегли.

7. Пат. 76967 Україна, МПК С04В 33/00. Керамічна маса для виготовлення лицьової цегли / Лісачук Г.В., Щукіна Л.П., Цовма В.В., Павлова Л.В., Трусова Ю.Д., Білостоцька Л.О., Чиркіна М.А.; заявник та власник НТУ «ХПІ». – № u 2012 07716; заявл. 25.06.2012, опубл. 25.01.2013, Бюл. № 2.

Здобувачем визначено співвідношення компонентів мас лицьової цегли з використанням гранульованого доменного шлаку.

8. Цовма В.В. Перспективы использования техногенных отходов в технологии строительной керамики / Цовма В.В., Щукіна Л.П., Лісачук Г.В. // Хімічні проблеми сьогодення: Четверта Всеукр. наук. конф., тез. доп. – Донецьк, 2010. – С. 208.

Здобувачем досліджена можливість використання вуглевідходів в технології виробництва керамічних будівельних матеріалів.

9. Цовма В.В. Керамические стеновые материалы на основе отходов энергогенерирующих предприятий / Щукіна Л.П., Трушкова А.В., Цовма В.В., Лісачук Г.В., Вернигора К.П. // Сучасні проблеми нано-, енерго- та ресурсозберігаючих

і екологічно орієнтованих хімічних технологій: Міжнар. наук.-техн. конф., 27-28 травня 2010 р., тези доп. – Харків, 2010. – С. 363–364.

Здобувачем показана можливість використання золи-уносу як перспективної керамічної сировини для отримання стінової кераміки.

10. Цовма В.В. Использование металлургических шлаков в технологии фасадной керамики / Лисачук Г.В., Щукина Л.П., Цовма В.В., Филатов Д.А. // Сотрудничество для решения проблемы отходов: VIII Междунар. конф., 23-24 февр. 2011 г.: матер. конф. – Х., 2011. – С. 30 – 31.

Здобувачем обґрунтована можливість використання шлаків для виготовлення рядової і лицьової цегли.

11. Цовма В.В. Доменні шлаки як вторинна сировина для виробництва будівельної кераміки // Цовма В.В., Лисачук Г.В., Щукина Л.П., Филатов Д.А. // II Современные технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: Междунар. науч.-техн. конф., 23-24 марта 2011 г.: матер. конф. – Х., 2011. – С. 17 – 18.

Здобувачем вивчені закономірності фазоутворення в керамічних матеріалах при використанні у їх складах доменних шлаків.

12. Цовма В.В. Строительная керамика с использованием отходов углеобогащения в качестве минеральной добавки / Лисачук Г.В., Щукина Л.П., Цовма В.В., Филатов Д.А., Колесник Е.В. // Хімія та сучасні технології: V Міжнар. наук.-техн. конф., 22-24 квітня 2011 р.: тези доп. (1 том). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 312.

Здобувачем вивчені різні технологічні способи мінімізації надлишкового вуглецю у високовуглецевих відходах флотації вугілля

13. Цовма В.В. Оптимізація режимів випалу будівельної кераміки на основі відходів вуглезбагачення / Лисачук Г.В., Щукина Л.П., Цовма В.В., Филатов Д.А. // Фізико-хімічні проблеми в технології тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів: Укр. наук.-техн. конф. з міжнар. участю, 11-12 жовтня 2011 р.: тези доп. – Дніпропетровськ, 2011. – С. 23.

Здобувачем встановлена можливість утилізації багатовуглецевих відходів мокрого збагачення вугілля в технології грубої будівельної кераміки за умови їх попередньої термічної обробки.

14. Цовма В.В. Вплив мінерального складу легкотопких глин на властивості виробів стінової і фасадної кераміки / Лисачук Г.В., Щукина Л.П., Цовма В.В., Трусова Ю.Д., Колесник Є.В. // Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности: Междунар. научно-техн. конф., 24-25 апр. 2012 г.: тез. докл. – Х., 2012. – С. 64 – 66.

Здобувачем досліджено зв'язок між мінеральним складом записочених полімінеральних глин та властивостями будівельної кераміки.

15. Цовма В.В. Характеристика органо-минеральных отходов как керамического сырья / Щукина Л.П., Лисачук Г.В., Цовма В.В., Колесник Е.В. // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: Междунар. науч.-техн. конф., 22 – 23 ноября 2012 г.: матер. конф. в 2-х ч., Ч. 2. – Минск, 2012. – С. 83 – 86.

Здобувачем доведена можливість проведення випалу кераміки на основі вуглеводів за звичайним режимом при їх попередній підготовці.

16. Цовма В.В. Отримання фасадної кераміки на основі відходів флотації вугілля / Лісачук Г.В., Щукіна Л.П., Цовма В.В. // Хімія та сучасні технології: VI Міжнар. наук-техн. конф., 24-26 квітня 2013 р.: тези доп. (II том). – Дніпропетровськ, 2013. – С. 196.

Здобувачем запропонована технологія виробництва лицьової цегли та фасадної плитки з високим ступенем утилізації відходів флотації вугілля.

АНОТАЦІЇ

Цовма В.В. Фасадні керамічні матеріали на основі сировини техногенного походження – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2014 р.

Дисертацію присвячено розробці екологічно орієнтованої технології виготовлення фасадної кераміки при використанні високовуглецевих відходів флотаційного збагачення вугілля як основної сировини. Розроблено технологічні параметри контрольованого зменшення надлишкового вмісту вуглецю при проведенні попередньої низькотемпературної термічної підготовки вуглевідходів (500 ÷ 550 °С). Проведено обґрунтування вибору глинистої добавки шляхом встановлення взаємозв'язку між мінеральним складом запісоченої полімінеральної глинистої сировини і властивостями керамічних виробів при випалі в інтервалі температур 950 ÷ 1050 °С. Розроблено склади керамічних мас для отримання лицьової цегли та фасадної плитки на основі техногенної сировини, встановлений технологічний вміст вуглецю в масах (3 мас. %) і глинистого компоненту (15 ÷ 20 мас. %). Визначені технологічні параметри отримання керамічних матеріалів: тиск пресування 110 ÷ 130 кгс/см², вологість прес-порошку 9 мас. %, температура випалу 970 ÷ 1030 °С. Отримані матеріали за розробленою технологією мають високі показники експлуатаційних властивостей: водопоглинання лицьової цегли до 12,5 %, фасадної плитки до 8 %, межа міцності при стиску 23 ÷ 37 МПа, межа міцності при згині 17 ÷ 20 МПа, морозостійкість понад 75 циклів. Розрахунковий річний економічний ефект від впровадження розробленої технології сягає 18 млн. грн. за рахунок економії газового палива до 80 %.

Ключові слова: технологія, фасадна кераміка, техногенна сировина, відходи флотації вугілля, утилізація, термічна підготовка відходів, полімінеральні глини, закономірності формування.

Цовма В.В. Фасадные керамические материалы на основе сырья техногенного происхождения. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – технология тугоплавких неметаллических материалов. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2014 г.

Диссертация посвящена разработке экологически ориентированной технологии изготовления фасадной керамики путем использования высокоуглеродистых отхо-

дов флотационного обогащения углей в качестве основного сырья. Исследованы составы и свойства высокоуглеродистых отходов флотации углей (содержание углерода до 44 масс. %), различные технологические приемы по минимизации в них избыточного количества углеродного компонента. Разработаны технологические параметры наиболее эффективного контролируемого уменьшения углерода при проведении предварительной термической обработки углеотходов при температурах выгорания летучих веществ и продуктов их пиролиза ($500 \div 550$ °С). Гипотезой работы стало предположение о том, что использование такого приема относительно высокоуглеродистого техногенного сырья не только обеспечит удаление избыточного содержания углерода, но и приведет к частичной термодеструкции глинистых минералов, что в комплексе позволит превратить отходы на малоуглеродистое псевдоглинистое сырье с активированной минеральной частью. Гипотеза получила подтверждение в улучшении свойств керамических материалов и приближении их к уровню, необходимому для лицевого кирпича и фасадной плитки. Изучен механизм формирования фазового состава и свойств материалов на основе термически подготовленных углеотходов.

Проведено обоснование выбора глинистой добавки путем установления взаимосвязи между минеральным составом полиминерального глинистого сырья с содержанием свободного кремнезема в количестве $30 \div 50$ масс. % и свойствами керамических изделий при обжиге в интервале температур $950 \div 1050$ °С. Построены диаграммы, которые позволяют определять пригодность конкретной полиминеральной глины для технологии стеновой и фасадной керамики, а также решать обратную задачу – осуществлять обоснованный выбор сырья такого типа для получения строительной керамики с заданными свойствами.

Разработаны составы керамических масс для получения лицевого кирпича и фасадной плитки с высоким содержанием техногенного сырья ($80 \div 85$ мас. % отходов углеобогащения), установлено технологичное содержание углерода в массах 3 масс. % и глинистого компонента $15 \div 20$ масс. %. Установлены технологические параметры получения фасадных керамических материалов способом полусухого прессования: давление прессования $110 \div 130$ кгс/см², влажность пресс-порошка 9 масс. %, температура обжига $970 \div 1030$ °С. Полученные керамические материалы по разработанной технологии имеют высокие показатели эксплуатационных свойств: водопоглощение лицевого кирпича до 12,5 %, фасадной плитки до 8 %, предел прочности при сжатии $23 \div 37$ МПа, предел прочности при изгибе $17 \div 20$ МПа, морозостойкость более 75 циклов. Проведены лабораторно-промышленные испытания, которые получили воспроизводимость свойств полученных фасадных керамических материалов.

Установлено, что при внедрении разработанной технологии в производство лицевого кирпича с годовой производительностью 30 млн. шт. условного кирпича прогнозируемый экономический эффект составит ≈ 18 млн. грн. В год за счет снижения на 80 % расхода газового топлива, необходимого на обжиг продукции.

Ключевые слова: технология, фасадная керамика, техногенное сырье, отходы флотации углей, утилизация, термическая подготовка отходов, полиминеральные глины, закономерности формирования.

Tsovma V.V. Facade ceramic materials based on raw materials of technogenic origin. Manuscript.

Thesis for the Candidate of Technical Sciences Degree in specialty 05.17.11 – Technology of Refractory Non-Metallic Materials. – National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute", Kharkiv, 2014.

The thesis is devoted to the development of environmentally oriented technology of facade ceramics based on high-carbon coal flotation waste as a primary raw material. Technological parameters of controlled content reduction of excess carbon during the low-temperature thermal pre-treatment of coal wastes ($500 \div 550$ °C) has been developed. Justification of clay additives selection have been conducted by establishing a relationship between mineral composition of oversanded polymineral clay materials and properties of ceramic products after firing in the temperature range of $950 \div 1050$ °C. Compositions of ceramic mixtures for obtaining facing brick and facade tile on the basis of technogenic materials have been developed, technological content of carbon (3 %), and clay component ($15 \div 20$ %) in the mixtures have been established. Technological parameters of manufacturing of ceramic materials have been determined: compaction pressure $110 \div 130$ kg/cm², humidity of press-powder 9 mass %, firing temperature $970 \div 1030$ °C. Materials developed by this technology have high values of performance properties: water absorption of face brick up to 12.5 %, of front tile up to 8 %, ultimate compressive strength $23 \div 37$ MPa, bending strength $17 \div 20$ MPa, frost resistance over 75 cycles. Estimated annual economic effect from the implementation of the developed technology measures up to 18 million by saving gas consumption to 80 %.

Keywords: technology, facade ceramics, technogenic raw materials, coal flotation wastes, recycling, heat treatment of wastes, polymineral clays, formation patterns.



Відповідальний за випуск
д.т.н., проф. кафедри технології кераміки,
вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП»
Пітак Я.М.

Підписано до друку 23.04.2014 р. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк – різнографія. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Замовлення № 473

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ»
(ФО-П Миронов М.В., Свідоцтво ВО4№ 022953 від 31.03.1994 р.)
61002, м. Харків, вул. Червонопрапорна, 3 літер Б-1
