

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

КОЦ ЛЕВ САВЕЛІЙОВИЧ



УДК 666.61; 620.193.21.8

**БІОСТІЙКІ БЕЗБІОЦИДНІ ФАСАДНІ
КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ**

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
Федоренко Олена Юріївна,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
професор кафедри технології кераміки,
вогнетривів, скла та емалей

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Вінниченко Варвара Іванівна,
Харківський національний університет будівництва
та архітектури, м. Харків,
професор кафедри механізації будівельних процесів

кандидат технічних наук, доцент
Зайчук Олександр Вікторович,
Державний вищий навчальний заклад
«Український Державний хіміко-технологічний
університет», м. Дніпропетровськ,
доцент кафедри хімічної технології кераміки та скла

Захист відбудеться «05» червня 2014 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.03 в Національному технічному університеті «Харківський 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.

Здобувач висловлює глибоку вдячність проф. Фенцмер Х., проф. Рищенко М.І. та проф. Лісних Н.Ф. за цінні критичні зауваження та корисні поради, а також допомогу, надану при підготовці дисертаційної роботи.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Шабанова Г.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Для поліпшення енергозберігаючих функцій і довгострокового збереження естетичного виду житлових і промислових будівель широко застосовуються різні типи фасадних систем і матеріалів. При експлуатації в умовах вологого клімату вони зазнають поступової деструкції під впливом кліматичних і біологічних факторів. Біоорганізми (водорості, бактерії, цвіль, гриби, лишайники) і продукти їх метаболізму утворюють на стінах будинків біологічні забруднення, погіршують зовнішній вигляд споруд, викликають біо-деструкцію фасадних матеріалів і конструкцій та становлять загрозу здоров'ю людей.

Існуючі способи захисту від біоураження фасадних матеріалів пов'язані переважно з використанням токсичних речовин, які запобігають або сповільнюють розвиток біоорганізмів. Істотними недоліками застосування таких речовин (біоцидів) є їх висока вартість, короткостроковість ефективного впливу, а також значна шкода навколишньому середовищу внаслідок поступового вимивання. У зв'язку з цим перспективним є використання при будівництві безбіоцидних фасадних матеріалів, стійких до кліматичного і біологічного впливу навколишнього середовища.

Створення біостійких керамічних матеріалів з використанням доступних і нетоксичних сировинних матеріалів забезпечить екологічну чистоту фасадних елементів та збільшить їх довговічність за рахунок виключення агресивного впливу мікроорганізмів. У зв'язку з цим необхідні дослідження, спрямовані на розробку критеріїв оцінки стійкості будівельних матеріалів до біоураження і впливу кліматичних факторів, а також створення методології діагностики та прогнозування поведінки фасадних матеріалів в заданих умовах експлуатації. Дослідження, спрямовані на створення біостійкої фасадної кераміки, дозволять поглибити уявлення про процеси формування структури і фазового складу виробів із заданими властивостями поверхні та вирішити актуальну технологічну задачу, яка визначила основний напрямок дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами планами і темами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до плану науково-дослідної діяльності кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП» в рамках міжнародного проекту «Безбіоцидні системи для попередження утворення біоплівки на термічно санованих фасадах» (Програма FNprofUnd, 2009-2012) та німецько-українського проекту «Діагностика та оцінка біостійкості із застосуванням ДНК-аналізу» (грант Фонда Отто фон Герике, 2006-2009, Берлін, Німеччина), в яких здобувач був виконавцем окремих етапів.

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є розробка технології стійкої до біоураження фасадної кераміки та створення критеріїв та методик оцінки біологічної стійкості будівельних матеріалів.

Для реалізації поставленої мети вирішувались наступні задачі:

– аналіз існуючих методів діагностики та способів підвищення біологічної стійкості широкого спектру будівельних матеріалів; комплексні дослідження структури і властивостей поверхні фасадних матеріалів; встановлення критеріїв,

що обумовлюють стійкість фасадних матеріалів до руйнування під дією кліматичних та біологічних факторів;

- створення методики діагностики та прогнозування поведінки фасадних матеріалів у конкретних кліматичних умовах шляхом моделювання в лабораторних умовах процесів кліматичної деструкції та біоураження; обґрунтування вибору матеріалу як основи для створення безбіоцидних фасадних елементів, стійких до біозараження;

- розробка принципів синтезу та отримання біостійкої фасадної кераміки; дослідження фазового складу і структури керамічних матеріалів у взаємозв'язку з експлуатаційними властивостями, що визначають їх біостійкість; визначення механізму біоредуцирування;

- визначення оптимальних складів керамічних мас і технологічних параметрів виготовлення виробів, що забезпечують отримання фасадної кераміки з високою стійкістю до біоураження і заданими експлуатаційними характеристиками;

- надання практичних рекомендацій щодо використання результатів проведених досліджень і проведення дослідно-промислових випробувань.

Об'єкт дослідження – процеси формування біостійкої екологічно чистої фасадної кераміки; біоураження фасадних матеріалів при агресивному впливі кліматичних і біологічних факторів.

Предмет дослідження – фізико-хімічні закономірності регулювання структури і властивостей поверхні безбіоцидних керамічних матеріалів, технологічні параметри виготовлення біостійкої фасадної кераміки в умовах нестаціонарних швидкісних режимів термообробки; оцінка кліматичної та біологічної стійкості фасадних продуктів.

Методи дослідження. Визначення фізико-хімічних властивостей керамічних матеріалів (водопоглинання, морозостійкості, міцності, зносостійкості) проводили з використанням методик ISO 10545 та ДСТУ Б В.2.7-118-2002. Дослідження біостійкості розроблених матеріалів та властивостей їх поверхні виконувались у Висмарському університеті технології, бізнесу та дизайну (Вищій школі Висмара, Німеччина). Для моделювання поведінки фасадних матеріалів в заданих кліматичних умовах створений лабораторний стенд, що дозволяє реалізувати експрес-тестування матеріалів і прогнозування їх довговічності і біостійкості. Ступінь ліофільності поверхонь фасадних продуктів визначали шляхом вимірювання крайового кута змочування на приладі ОСА-20. Топографічні характеристики поверхні матеріалів визначали методом скануючої лазерної мікроскопії (*3D-Laser-Scan-Mikroskop-Systems VK 9700, Keyence*). Ступінь біоураження матеріалів колоніями водоростей «*Chlorella vulgaris*» встановлювали методом імпульсно-амплітудної флуориметрії (флуорометр *Imaging PAM M-Series*). Для дослідження складу і структури фасадної кераміки та розробки технологічних параметрів виробництва застосовували комплекс сучасних фізичних та фізико-хімічних методів аналізу (рентгенофазовий, диференційно-термічний, дилатометричний, електронно-мікроскопічний і хімічний аналізи). Обробку експериментальних даних, оптимізацію складів керамічних мас і параметрів їх випалу виконували з використан-

ням методів математичної статистики та планування експерименту за допомогою прикладної програми *STATISTICA*.

Дослідження здійснювалися з використанням лабораторного обладнання кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП», приладів і стендів Вищої школи Висмара, НДІ гігієни праці та профзахворювань ХНМУ, УкрНДІВогнетривів ім. А.С. Бережного.

Наукова новизна отриманих результатів. Теоретично обґрунтовано і експериментально доведено отримання безбіоцидного керамічного матеріалу з високою біостійкістю за рахунок спрямованого регулювання структури та властивостей поверхні.

Вперше отримані наступні наукові результати:

- на основі комплексного дослідження широкого спектру фасадних матеріалів встановлено, що основною ознакою їх біостійкості є стабільність структури і властивостей поверхні. Як критерії для оцінки біостійкості фасадних продуктів запропоновані параметри, що відображають динаміку зміни параметра шорсткості (ΔR_{max}) і кута змочування поверхні матеріалу водою (K_{St}) в процесі кліматичної деструкції матеріалу; визначено граничні значення цих критеріїв, що дозволяють класифікувати матеріали за біостійкістю: для стійких до біоураження матеріалів їх значення повинні задовольняти умовам: $K_{St} > -0,2$ град/с; $\Delta R_{max} \leq 2$ %;

- доведено можливість регулювання структури і властивостей поверхні фасадної кераміки шляхом спрямованої зміни ступеню спікання матеріалу; встановлено, що зниження водопоглинання від 10 до 0,5 % забезпечує зміну значень критеріальних параметрів (K_{St} від $-0,82$ град/с до $0,1$ град/с та ΔR_{max} від $17,1$ % до $0,5$ %), що свідчить про підвищення стабільності поверхневої структури матеріалу, а, отже, їх біостійкості;

- запропоновано механізм біоредуцирування безбіоцидних керамічних матеріалів, який полягає у зменшенні шорсткості поверхні за рахунок низької відкритої пористості матеріалу, що сприяє розтіканню води, збільшенню площі її випаровування і, в кінцевому підсумку, скороченню часу перебування вологи на поверхні фасадів, що мінімізує ризик біоураження;

- розроблено теоретичні та технологічні принципи синтезу біостійкої фасадної кераміки, реалізація яких забезпечує формування хімічно стійких кристалічних фаз і досягнення максимального ступеню спікання матеріалів (водопоглинання до 0,5 %) за рахунок спрямованого регулювання складу і властивостей розплаву при введенні добавок доломіту і флюориту;

- встановлено закономірності формування на основі композицій системи $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ щільноспеченої фасадної кераміки з високими біохімічними та фізико-механічними властивостями в умовах форсованої термообробки, які полягають у прискореному спіканні за участі малов'язкого розплаву, здатного до рівномірної об'ємної кристалізації з утворенням мулітової і діопсидової фаз, які підвищують стійкість матеріалів до впливу кліматичних та біологічних факторів збільшують їх міцність.

Практичне значення отриманих результатів для будівельної індустрії полягає у розробці технології отримання біостійкої екологічно чистої фасадної

кераміки на основі недефіцитних і нетоксичних сировинних матеріалів. Підвищення довговічності фасадних керамічних матеріалів та їх ефективної експлуатації в умовах вологого клімату сприятиме економії коштів на оновлення фасадів житлових будинків і виробничих споруд (патент України № 74013).

Розроблена методика та створена лабораторна установка для експрес-тестування матеріалів на біостійкість, що дозволяє здійснювати мобільну діагностику нових фасадних продуктів. Запропонована методика прогнозування біостійкості підтверджена результатами тривалих натурних досліджень, забезпечує достовірний прогноз і не залежить від природи фасадного продукту, характеру змочування поверхні водою і наявності біоциду в матеріалі, що свідчить про широку область її застосування. Висока ефективність методик для прискореного тестування фасадних матеріалів та прогнозування їх стійкості до ураження біо-агентами підтверджена позитивними результатами апробації на фасадних продуктах фірми *SOVA GmbH* (м. Камп-Борнхофен, Німеччина).

Лабораторно-промислові випробування в умовах ПАТ «Зевс Кераміка» (м. Слов'янськ) підтвердили ефективність розробок, впровадження яких дозволить підприємствам розширити сировинну базу виробництва фасадної кераміки і отримати економічний ефект за рахунок зниження собівартості продукції в результаті зниження енерговитрат і використання альтернативної кварц-польовошпатової сировини.

Результати досліджень впроваджені в навчальний процес факультету будівельної справи Висмарського університету технології, бізнесу і дизайну (Вищої школи Висмара) при підготовці інженерів-будівельників, а також кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХПІ» при навчанні бакалаврів за напрямом 6.051301 «Хімічна технологія» та підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю «Хімічна технологія тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів».

Особистий внесок здобувача. Положення та результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: аналіз наукової та патентної літератури, участь у плануванні та проведенні теоретичних і експериментальних досліджень, аналіз та інтерпретація отриманих результатів, участь в удосконаленні методик теоретичних досліджень і розробка супутнього програмного забезпечення для обробки експериментальних даних, проведення лабораторно-промислових випробувань. Постановка завдань досліджень, аналіз і обговорення отриманих результатів, узагальнення отриманої інформації та формулювання висновків виконувалися здобувачем спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати роботи доповідались на: Міжнародній науковій конференції «Wiener Sanierungstage» (Бідень, 2002), Міжнародній науково-технічній конференції «BAUTEC-2002» (Берлін, 2002), VI науковій конференції «Dahlberg-Kolloquium» (Висмар, 2006), Міжнародному симпозиумі «Nordic Symposium on Building Physics» (Копенгаген, 2008), VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічний інтелект 2012» (Дніпропетровськ, 2012), Всеросійській молодіжній науковій школі «Химия и технология полимерных и композиционных материалов» (Москва, 2012г.), XX і

XXI Міжнародних науково-технічних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2012-2013гг.), VIII Всеросійській конференції «Керамика и композиционные материалы» (Сыктывкар, 2013), Міжнародній науковій конференції «Инновации в материаловедении» (Москва, 2013).

Публікації. Основні положення і наукові результати дисертаційної роботи опубліковані в 23 наукових роботах, серед них: 4 статті у фахових наукових виданнях України, 8 статей у закордонних періодичних фахових виданнях, 1 патент України на корисну модель та 10 тез і текстів доповідей на Міжнародних конференціях.

Структура і об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, додатків та списку літератури. Загальний об'єм дисертації становить 216 сторінок, з них 43 рисунки за текстом, 28 рисунка на 20 окремих сторінках, 31 таблиця по тексту, 9 таблиць на 14 окремих сторінках, 7 додатків на 21 сторінці; список використаних джерел інформації з 188 найменувань на 18 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність і доцільність дисертації, сформульована її мета і задачі, об'єкт, предмет і методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення роботи.

Перший розділ присвячений систематизації проблематики біообростання будівель і споруд, яку необхідно розглядати не тільки як порушення естетичних вимог до зовнішнього вигляду фасадів, а й як потенційну загрозу руйнування матеріалів внаслідок біодеструкції. Проаналізовано чинники, що визначають вірогідність заселення та розмноження мікроорганізмів на поверхні будматеріалів. Показано, що тривале перебування вологи на поверхні фасадного матеріалу є необхідною умовою для життєдіяльності мікроорганізмів.

Надана характеристика основних стратегій та методів протидії біоураженню матеріалів, експлуатація яких відбувається за умов вологого клімату та наявності джерела біоагентів. Зроблено висновок про те, що одним з можливих шляхів підвищення біологічної стійкості фасадних матеріалів є прискорення видалення вологи з поверхні за рахунок регулювання пористості і структури матеріалу шляхом оптимізації його складу і режиму спікання.

Відзначено, що існуючі методи випробувань матеріалів на біостійкість базуються на візуальному спостереженні за зразками в ході тривалих випробувань (від 3 до 7 років) на полігонних стендах. Тому доцільною є розробка ефективного методу прискореного тестування біостійкості будівельних матеріалів, який дозволить кількісно характеризувати ступінь їх біоураження в заданих умовах експлуатації за результатами дослідження динаміки зміни біомаси.

Проаналізовано основні властивості фасадних матеріалів, які визначають тривалість терміну ефективної експлуатації та визначені фактори, що їх обумовлюють. На базі отриманих відомостей поставлена задача створення ефективної прискореної методики кількісної оцінки біостійкості будівельних матеріалів та

розробки біостійкої фасадної кераміки шляхом регулювання структури і властивостей поверхні виробів.

У другому розділі надана характеристика сировинних матеріалів, описані технологія приготування зразків, методи та засоби досліджень. У роботі використані загальноприйняті методи вивчення властивостей сировини, напівфабрикатів і готових виробів відповідно до чинних стандартів (ДСТУ Б В.2.7-117:2002, ГОСТ 6787-2001, ISO 13006). Прогнозну оцінку флюсуючої здатності лужних каолінів здійснювали із залученням комплексу графоаналітичних розрахунків в системах породоутворюючих оксидів згідно з положеннями фізичної хімії. Аналіз вірогідних реакцій фазоутворення для модельних оксидних композицій виконували у відповідності до основних принципів термодинаміки силікатів.

Для дослідження біостійкості фасадних матеріалів відповідно до вимог європейського стандарту використовували водорості з колекції Інституту рослин, експериментальної мікології та водоростевих культур Геттінгенського університету (Німеччина). Для кількісної характеристики біомаси на поверхні проб використовували прилад *Imaging-PAM*. Аналіз стану поверхні матеріалів проводили за даними вимірювання крайового кута змочування на приладі *OCA-20*. При проведенні експериментальних досліджень використовували комплекс сучасних взаємодоповнюючих методів фізико-хімічного аналізу (диференційно-термічного, рентгенофазового), а також лазерної та растрової електронної мікроскопії. Дослідження топографії поверхні матеріалів проводили на скануючому лазерному 3D мікроскопі *KEYENCE VK-9700K*. Колірні характеристики поверхні розроблених фасадних матеріалів визначали згідно з *DIN 5033-2* за допомогою приладу *Chroma meter CR-410*.

Третій розділ присвячений розробці методу експрес-діагностики та прогнозування біологічної стійкості будівельних матеріалів, що дозволяє в найкоротший час (від 1 до 3 місяців) проводити достовірну оцінку поведінки фасадних продуктів при експлуатації в конкретних кліматичних умовах.

Визначені основні фактори кліматичної деструкції, що впливають на інтенсивність біодеградації фасадних поверхонь, що супроводжується механічним або хімічним руйнуванням поверхневої структури фасадних продуктів. Для проведення моделювання поведінки фасадних матеріалів при експлуатації в умовах вологого клімату створено випробувальний стенд, що дозволяє з високою точністю відтворювати природні кліматичні параметри, а також проводити штучне біологічне зараження зразків. Параметри кліматичного навантаження розраховували на основі статистичного аналізу метеоданих північно-східного регіону Німеччини за 7-ми річний період (кількість опадів, напрямок і сила вітру, добові коливання температури, кількість циклів зміни заморозків відлигою та ін.)

Встановлення наявності на поверхні зразків водоростей і спостереження за динамікою їх розвитку здійснювалось методом *PAM (Pulse Amplitude Modulation)*, в основі якого лежить феномен флуоресценції хлорофілу. Для кількісної оцінки біоураження матеріалів запропоновано використовувати показник середнього квантового виходу флуоресценції хлорофілу (Φ_F), величина якого пропорційна кількості біомаси на пробі (табл. 1).

Оцінка інтенсивності біоураження за даними РАМ-діагностики

Категорія	Середній квантовий вихід флуоресценції $\Phi_F \cdot 10^{-2}$	Заселення водоростей	
0	$\leq 1,0$	відсутнє	Візуально непомітне
1	1,1 - 2,0	дуже слабке	
2	2,1 - 4,0	слабке	Помітне візуально без допоміжних засобів
3	4,1 - 8,0	середнє	
4	8,1 - 16,0	сильне	
5	$> 16,1$	дуже сильне	

Вивчення різних властивостей фасадних матеріалів, що характеризують зміну стану поверхні під дією кліматичних факторів, їх відтворюваність та аналіз кореляції зі ступенем біозараження матеріалу дозволили вибрати як критерії біостійкості наступні параметри:

- показник стабільності крайового кута змочування

$$K_{St} = \bar{v}_{\Theta_{destr}} - \bar{v}_{\Theta_0} \text{ град/с},$$

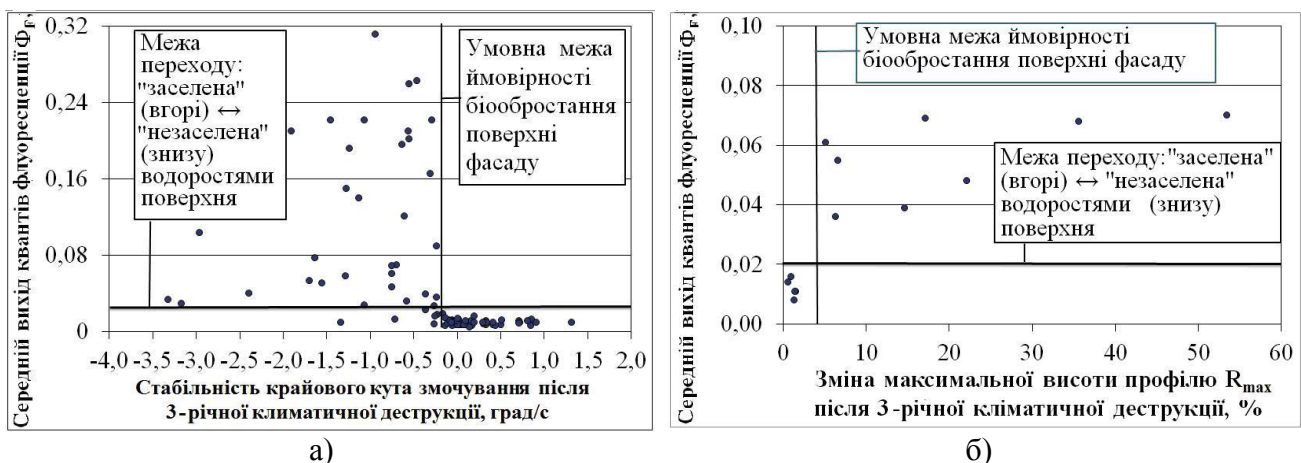
де $\bar{v}_{\Theta_{destr}}$ – середнє значення швидкості зміни кута змочування (град/с) для проб, що піддавались кліматичній деструкції; $\bar{v}_{\Theta_0}$ – середнє значення швидкості зміни кута змочування, град/с для еталонних проб;

- топологічний параметр R_{max} (найбільша висота нерівностей профілю)

$$\Delta R_{max} = \frac{|R_{max0} - R_{maxn}|}{R_{max0}} \cdot 100\%,$$

де ΔR_{max} – зміна найбільшої висоти нерівностей дослідної ділянки поверхні після n років служби, %; R_{max0} – найбільша висота нерівностей цієї ж ділянки поверхні еталонної проби, мкм; R_{maxn} – найбільша висота нерівностей профілю після n років служби, мкм.

Діаграми, наведені на рис. 1, ілюструють чіткий зв'язок залежність з показниками середнього квантового виходу флуоресценції (Φ_F), який кількісно характеризує ступінь біоураження матеріалів.

Рисунок 1 – Зв'язок параметрів K_{St} (а) і ΔR_{max} (б) із ступенем біоураження матеріалів (за Φ_F)

У результаті аналізу отриманих даних визначено граничні межі зміни обраних параметрів, що характеризують стабільність структури і властивостей поверхні фасадного матеріалу. При дотриманні умови $\Delta R_{max} < 2 \%$ або $K_{St} > -0,2$ град/с матеріали виявляють високу стійкість до біоураження. Надалі дані критерії використані при прогнозуванні біостійкості фасадних продуктів.

Алгоритм розроблених лабораторних методик експрес-тестування і прогнозування біостійкості фасадних матеріалів показаний на рис.2.



Рисунок 2 – Алгоритм експрес-тестування і методології прогнозування стійкості фасадних матеріалів до біоураження

При дослідженнях фасадних продуктів різної природи відзначено, що їх інтенсивне біоураження відбувається в умовах підвищеної вологості, джерелом якої є опади (у вигляді дощу та конденсату). При цьому пориста структура фасадного матеріалу в більшій мірі сприяє розвитку мікроорганізмів і збільшенню біодеградації. Підтвердження даного факту отримано при вивченні поведінки фасадних матеріалів з різною відкритою поруватістю в умовах вологого клімату і наявності джерела біозараження.

Як експериментальні використовували зразки керамічних матеріалів, які істотно відрізняються за показниками водопоглинання ($W_1 = 9 \%$ та $W_2 = 0,1 \%$). Для еталонних і дослідних зразків, що пройшли кліматичні випробування, визначали показники змочуваності і шорсткості поверхні і розраховували критеріальні параметри K_{St} і ΔR_{max} (рис. 3).

Порівняльний аналіз вищевказаних параметрів, що характеризують стабільність структури і властивостей поверхні зразків показав, що пориста кераміка (зразок 1) за попередньою оцінкою не здатна протистояти біологічному ураженню, тоді як щільноспечена кераміка (зразок 2) має виявляти високу стійкість до ураження біоагентами.

Експериментальне визначення ступеня біоураження матеріалів підтвердило результати діагностики їх біостійкості.

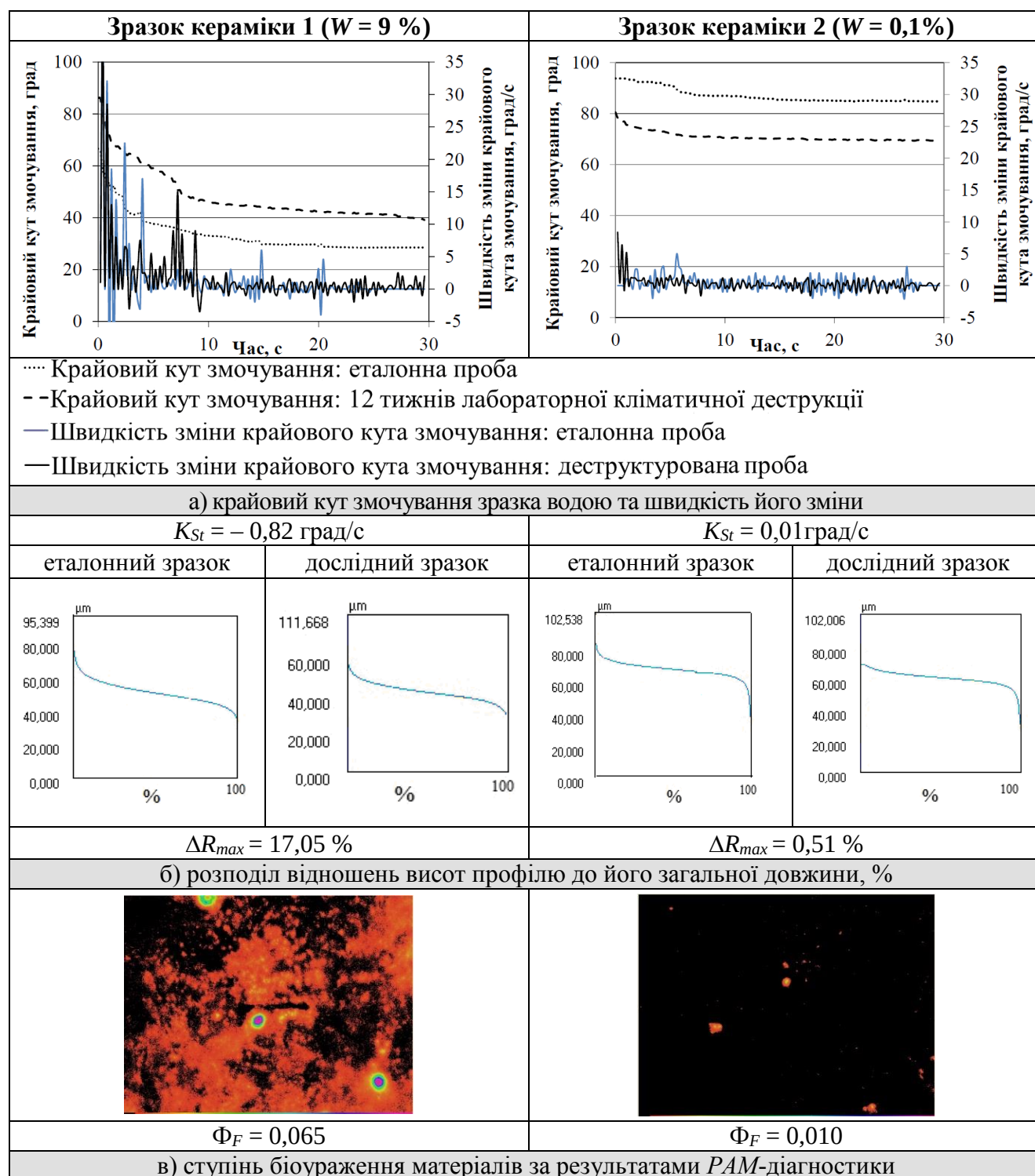


Рисунок 3 – Якісна і кількісна характеристика ступеня біоураження матеріалів

На підставі отриманих даних при створенні безбіоцидних фасадних матеріалів перевага віддана кераміці з високим ступенем спікання.

Четвертий розділ присвячений розробці складів і технологічних параметрів отримання безбіоцидної фасадної кераміки. Оскільки за відсутності біоцидів основним засобом профілактики біопоразки фасадних матеріалів є властивості поверхні, що виключають довготривале перебування води в матеріалі, було зроблено припущення про те, що зменшення пористості матеріалу, за умови гідрофільності його поверхні, дозволить прискорити видалення води з поверхні. Най-

більш перспективним матеріалом у цьому сенсі є кераміка, технологія отримання якої дозволяє цілеспрямовано змінювати показники пористості, фазовий склад і структуру за допомогою оптимізації сировинних композицій і технологічних параметрів синтезу.

У зв'язку з вищевикладеним вирішувалося завдання отримання щільноспеченої кераміки в умовах низькотемпературної швидкісної термообробки. Розробка принципів отримання біостійкої безбіоцідної фасадної кераміки базувалася на аналізі теоретичних передумов низькотемпературного спікання і фазоутворення. На рис. 4 представлена область системи $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, обрана для розробки щільноспечених матеріалів з температурою формування до 1150°C .

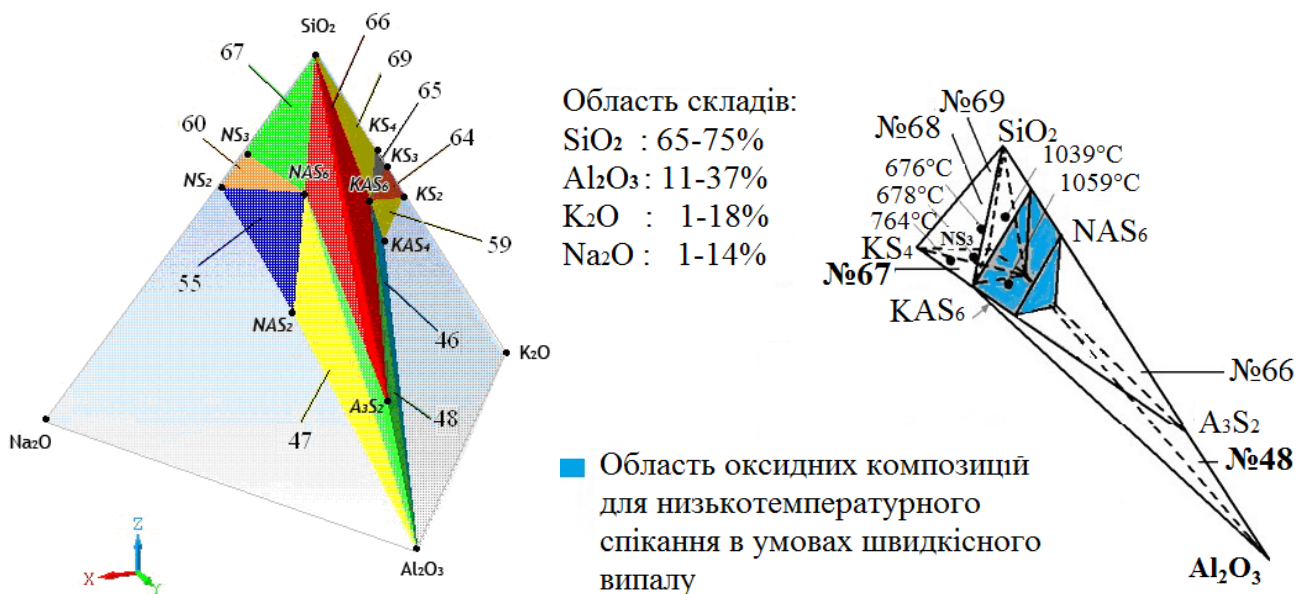


Рисунок 4 – Обрана область оксидних композицій для отримання щільноспеченої кераміки в умовах низькотемпературного швидкісного випалу

При розробці керамічних мас досліджена можливість використання лужних каолінів як комплексної сировини, альтернативної традиційним плавням. На основі оцінки флюсуючої здатності лужних каолінів трьох родовищ зроблено висновки про переваги використання майдан-вільського каоліну як основної сировини при розробці керамічних мас. Порівняльний аналіз якісних і кількісних характеристик плавкості турецького польового шпату ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0,4$) і майдан-вільського каоліну ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 1,85$) свідчить про необхідність введення до мас на основі лужного каоліну інтенсифікатора спікання. Як компоненти, здатні знизити температуру утворення розплаву і зменшити його в'язкість, використовували природні матеріали: доломіт і флюорит. Введення малих добавок цих речовин ($\sim 3\%$) дозволяє суттєво знизити температуру плавлення лужного каоліну.

Результати термодинамічного аналізу реакцій утворення ряду хімічно стійких фаз свідчать про перевагу формування муліту і діопсиду при нагріванні в інтервалі температур $1000\div 1200^\circ\text{C}$ композицій, що належать перетинам тетраедру $\text{NAS}_6\text{-KAS}_6\text{-A}_3\text{S}_2\text{-S}$ ($\text{SiO}_2 = 65, 70$ мас. %) при введенні від 3 до 9 мас. % Ca-Mg-вмісної добавки. На основі отриманих даних для розробки мас обрана на-

ступна область складів, мас. %: майдан-вільський лужний каолін (ЛК) – $80 \div 100$; ямський доломіт (ДЛ) – $0 \div 10$, бахтинський флюорит (ФЛ) – $0 \div 10$. Вибір оптимального складу сировинної суміші проводили з використанням плану Шеффе (кубічної моделі неповного 3 порядку). Визначені залежності основних властивостей керамічних матеріалів від їх шихтового складу, графічна інтерпретація яких представлена на рис. 5.

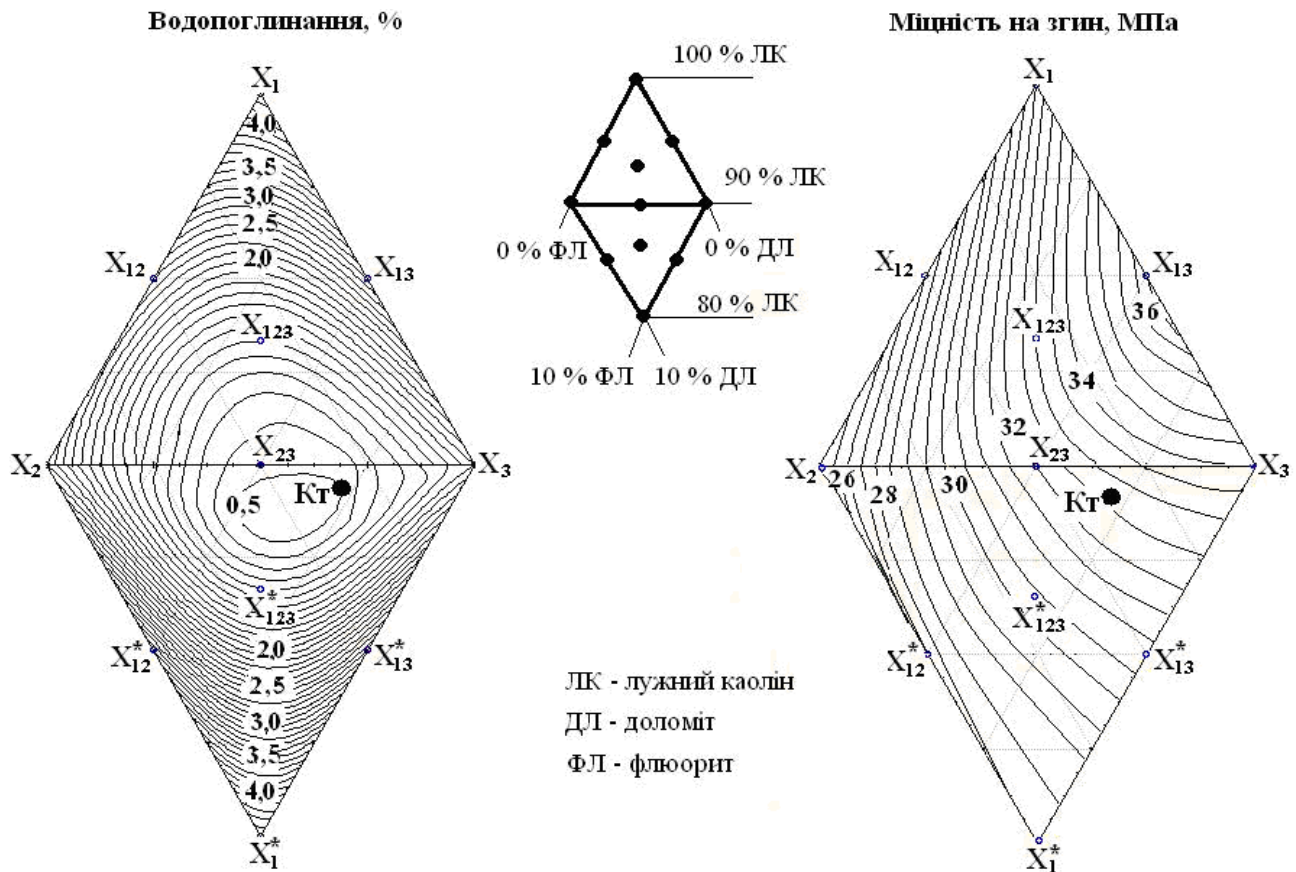
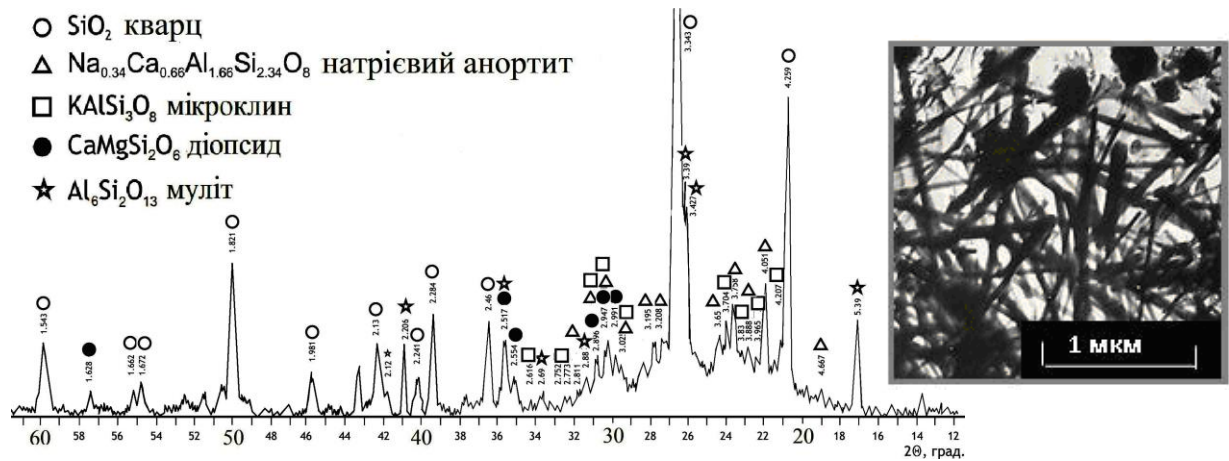


Рисунок 5 – Залежність властивостей матеріалів від їх складу в межах області дослідного факторного простору

На основі отриманих даних визначено область сировинних композицій, мас. %: лужний каолін майдан-вільський – $87 \div 90$; доломіт ямський – $3 \div 7$; флюорит бахтинський – $4 \div 7$, використання яких забезпечує одержання щільноспечених керамічних плиток при температурі $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, властивості яких ($W < 0,5\%$, $\sigma_{зг} \geq 27\text{ МПа}$) відповідають вимогам до фасадних плиток класу *BIa* згідно з ISO 13006:1998. Результати експрес-тестування отриманих матеріалів свідчать про їх високу стійкість до біоураження.

Дослідження фазового складу і структури оптимального зразка показало, що у складі матеріалу присутні дисперсні новоутворення муліту і діопсиду ($0,5 \div 2,0\text{ мкм}$), а також релікти кварцу і польових шпатів (рис. 6).

З використанням ДТА встановлено, що в інтервалі температур $960 \div 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ відбувається утворення кристалічних фаз, які армують розплави. Присутність хімічно інертних фаз муліту і діопсиду обумовлюють, вірогідно, водостійкість матеріалу, що є однією з умов стабільності структури і властивостей поверхні як головної ознаки стійкості матеріалу до біоураження.



На підставі проведених досліджень рекомендовані технологічні параметри отримання безбіоцидної біостійкої фасадної кераміки: вологість прес-порошку 5 %, тиск пресування 40 МПа, тривалість випалу 60 хв. з витримкою 14 хв. при максимальній температурі 1100 °С. Розроблена технологія дозволяє здійснювати виробництво біостійкої фасадної плитки з доступної сировина на існуючих поточно-конвеєрних лініях. Порівняльний аналіз властивостей розробленої фасадної кераміки з існуючими аналогами представлена в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика фасадних матеріалів

Показники	Розроблений матеріал	Альтернативні фасадні матеріали		
		клинкерна цегла	мінеральна штукатурка	фарба на полімерній основі
Наявність біоцидів	—	—	+/-	+/-
Гідрофільність поверхні	+	—	+/-	+/-
Термін служби без ознак біоураження, роки	>30	>50	7	5
Собівартість матеріалу, грн/м ²	30	320	50	12
Вартість санування фасаду, грн/м ²	100	600	230	110

У п'ятому розділі наведені відомості про промислову апробацію розробок та використання результатів дисертаційної роботи. Розроблені сировинні композиції і технологія отримання біостійкої фасадної кераміки пройшли лабораторно-промислові випробування в умовах ЗАТ «Zeus Ceramica» (м. Слов'янськ), де виготовлена дослідна партія керамічної плитки для облицювання фасадів.

Перевірка ефективності методики прогнозування оцінки біостійкості фасадних матеріалів проводилась шляхом реалізації серійного експерименту на промислових продуктах фірми SOVA GmbH (м. Камп-Борнхофен, Німеччина) і порівняння отриманих даних з результатами контрольних випробувань на полігонних стендах. Результати прогнозування отримали повне підтвердження, що свідчить про ефективність застосування розробленої методики для діагностики біостійкості матеріалів при розробці нових фасадних продуктів незалежно від їх природи, властивостей поверхні та вмісту біоцидів.

Техніко-економічні переваги роботи полягають в отриманні з використанням розробленої енергоощадної технології екологічно чистих біостійких керамічних матеріалів, застосування яких для облицювання фасадів дозволить виключити багаторазове високовартісне санування житлових будинків та промислових споруд. Крім того, використання запропонованої методики експрес-діагностики біостійкості фасадних матеріалів дозволить отримувати відомості про їх функціональність в довгостроковій перспективі без проведення тривалих і трудомістких випробувань.

Соціально-екологічний ефект розробок полягає у створенні екологічно чистих матеріалів, що не містять токсичних біоцидів, які завдають значної шкоди навколишньому середовищу.

У додатках подано акти про використання результатів дисертаційної роботи у промисловому виробництві фасадної кераміки та підготовці фахівців з напрямку «Хімічна технологія» в НТУ «ХПІ» (м. Харків, Україна) та Університеті технології, бізнесу та дизайну (Висмарській вищій школі, м. Висмар, Німеччина).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена комплексна науково-прикладна задача, яка полягає у визначенні критеріїв біостійкості фасадних матеріалів та створенні ефективної методології кількісної оцінки біостійкості фасадних елементів і систем, визначенні принципів отримання безбіоцидних біостійких матеріалів та розробки ресурсо- і енергоощадної технології біостійкої безбіоцидної фасадної кераміки. Результати роботи дозволили зробити наступні висновки:

1. Аналіз існуючих методів діагностики біостійкості різних будівельних матеріалів та узагальнення накопиченого досвіду в галузі захисту будівельних об'єктів від біоуражень свідчить про можливість підвищення біологічної стійкості фасадних матеріалів за рахунок прискорення процесів видалення вологи з поверхні шляхом регулювання пористості і структури керамічного матеріалу за допомогою оптимізації його складу і технологічних параметрів синтезу.

2. Для кількісної характеристики ступеню біоураження матеріалів доцільно використання параметра Φ_F (середній квантовий вихід флуоресценції хлорофілу), що дозволяє проводити класифікацію фасадних продуктів залежно від фактичної кількості біомаси. Кліматичні параметри для прискореного випробування в лабораторних умовах повинні визначатися на підставі статистичної обробки метеоданих конкретного регіону експлуатації фасадних матеріалів. Відтворення кліматичних навантажень з подальшим аеробним біозараженням матеріалу в лабораторній установці надає можливості моделювати поведінку матеріалів при експлуатації в заданих кліматичних умовах, що дозволяє в 10-20 разів скоротити тривалість їх тестування на стійкість до ураження біоагентами в порівнянні з випробуваннями в природних умовах на польових стендах.

3. У результаті комплексного дослідження динаміки зміни властивостей і структури фасадних матеріалів у процесі кліматичної деструкції та біозараження встановлено взаємозв'язок ступеня стабільності структури поверхні та її стійкості до біоураження. На основі кореляційного аналізу показників властивостей фасад-

них матеріалів до і після кліматичної деструкції і ступеня їх біоураження обрані критерії, що визначають їх стійкість до руйнування під впливом кліматичних і біологічних факторів. Використання критеріїв, що визначають стабільність структури поверхні (K_{St} і ΔR_{max}), дозволяє проводити експрес-діагностику і прогнозування біостійкості фасадних матеріалів. Встановлено, що для біостійких матеріалів дотримуються умови: $K_{St} \geq -0,2$ град/с та (або) $\Delta R_{max} \leq 2$ %.

4. Запропоновано методики експрес-тестування і прогновної оцінки біостійкості, які дозволяють за результатами дослідження властивостей поверхні фасадного продукту (K_{St} или ΔR_{max}) до і після моделювання кліматичних навантажень конкретного регіону, прогнозувати поведінку матеріалу в умовах його служби. Достовірність прогнозування біостійкості матеріалів підтверджена численними дослідженнями, за результатами яких методика рекомендована для оцінки ефективності біозахисних властивостей нових фасадних продуктів.

5. Основою для створення безбіоцидних фасадних матеріалів, стійких до біоураження, можуть стати керамічні матеріали, оскільки технологія їх отримання передбачає широкі можливості регулювання структури і властивостей матеріалів за рахунок варіювання складу маси, технологічних параметрів спікання і спрямованого фазоутворення.

6. На основі аналізу теоретичних передумов низькотемпературного синтезу щільноспеченої кераміки та оцінки флюсуючої здатності лужних каолінів розроблені склади мас, що містять комплексний плавець у вигляді композиції лужного каоліну, доломіту і флюориту. З використанням симплекс-гратчастого планування визначені залежності властивостей матеріалів від складу мас та обрані склади сировинних композицій, які забезпечують отримання матеріалів з водопоглинанням $W = 0,3 \div 0,6$ %, міцністю на згин $30 \div 32$ МПа і високою стійкістю до біоураження ($\Phi_F < 0,012$) при зниженій температурі випалу 1100 °С.

7. Формування при низькотемпературному швидкісному випалі щільноспеченої кераміки із заданим фазовим складом забезпечується в результаті інтенсивного спікання і фазоутворення матеріалу за участю малов'язкого розплаву, здатного до кристалізації з утворенням хімічно стійких фаз муліту і діопсиду. Для отриманих матеріалів характерна висока стабільність структури і властивостей поверхні, що визначає їх стійкість до біоураження і довговічність при експлуатації в умовах підвищеної вологості. Механізм біоредуцирування щільноспеченої фасадної кераміки полягає в тому, що низька відкрита пористість і гідрофільні властивості поверхні виключають поглинання вологи матеріалом і сприяють її розподілу у вигляді тонкої плівки, яка швидше видаляється з поверхні і виключає тривале зберігання вологості фасадного матеріалу як фактора, сприятливого для розвитку найпростіших біоорганізмів.

8. Методологічні та технологічні розробки пройшли достатню апробацію. Методики діагностики та прогнозування біостійкості пройшли перевірку на серії промислових матеріалів фірми *SOVA GmbH* на базі Ростокського університету (Німеччина). Випробування показали високу ефективність розробленого методу для експрес-діагностики фасадних продуктів. Розроблені біостійкі керамічні матеріали за результатами лабораторно-промислових випробувань в умовах ЗАТ «*Zeus Ceramica*» (м. Слов'янськ) рекомендовані до впровадження і можуть

скласти предмет ліцензійної зацікавленості з боку виробників фасадних будівельних матеріалів.

Результати роботи впроваджено в навчальний процес кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХПІ» та будівельного факультету Висмарського університету технології, бізнесу і дизайну (Вищої школи Висмара, Німеччина).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Koss L. Möglichkeiten und Grenzen der Benetzungswinkelmessung zur Beurteilung der Algenanfälligkeit von Fassaden. / L. Koss, N. Lesnych und H. Venzmer // Altbauinstandsetzung. – Berlin: Verlag Bauwesen, 2003. – Heft 5/6 – P. 107–118.

Здобувачем здійснені дослідження динаміки зміни характеристик змочування поверхонь різних фасадних продуктів та встановлена залежність тривалості знаходження вологи на поверхні фасадів споруд від її змочуваності.

2. Koss L. Ausgewählte baustoffliche und bauphysikalische Untersuchungen im Vorfeld von Sanierungen / L. Koss, N. Lesnych, H. Venzmer // Europäischer Sanierungskalender 2006. – Berlin: Verlag Bauwesen, 2005. – P.10–43.

Здобувачем досліджено зв'язок показників змочуваності з ступенем її деструкції під впливом опадів та встановлена тривалість перебування вологи на поверхні фасадів споруд в умовах кліматичного регіону північної Германії з урахуванням джерел її утворення.

3. Koss L. Feuchtefilme – Biofilme / [L. Koss, N. Lesnych, J. von Werder und H. Venzmer] // Tagungsband der 18. Hanseatischen Sanierungstage. – Berlin-Wien-Zürich: Beuth Verlag GmbH, , 2007. – P. 207–222.

Здобувачем здійснено комплекс діагностичних досліджень фасадних продуктів, що зазнали біоураження при експлуатації в умовах вологого клімату. Визначена кількісна відповідність ступеня біоураження середньому квантовому виходу флуоресценції хлорофілу та запропонована відповідна класифікація матеріалів за рівнем їх біоураження.

4. Koss L. PAM-Fluorometrie an Biozid eingestellten Bauwerksoberflächen / [L. Koss, N. Lesnych, J. von Werder und H. Venzmer] // Europäischer Sanierungskalender 2009. – Berlin-Wien-Zürich: Beuth Verlag GmbH, 2008. – P. 215–221.

Здобувачем з використанням пульс-амплітудного методу здійснено порівняння біологічної витривалості різних видів фасадних продуктів, стійкість яких до біоураження водоростями обумовлена різними факторами: наявністю біоцидних компонентів, гідрофобністю або гідрофільністю поверхні тощо.

5. Koss L. Benetzungswinkel-Stabilität und Algenbesiedlung ausgewählter Fassadenoberflächen. / L. Koss, N. Lesnych, H. Venzmer // Reihe Altbausanierung, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2008. – Heft 2. – P. 51–66.

Здобувачем встановлено взаємозв'язок стійкості фасадного продукту до біоураження з показником, що характеризує стабільність крайового кута змочування його поверхні, та запропоновано використовувати даний параметр як критерій при прогнозній оцінці біостійкості матеріалів.

6. Koss L. Witterungsstabile Fassaden sind resistenter gegen Algenbesiedlungen. Zur Prognostik von Algenbesiedlungen von Fassadenoberflächen mit Hilfe der Benetzungswinkel-Stabilität. / L. Koss, N. Lesnych, H. Venzmer // Europäischer Sanierungskalender 2010. – Berlin-Wien-Zürich: Beuth Verlag GmbH, 2009. – P. 275–287.

Здобувачем визначені кількісні значення параметра, який характеризує стабільність показників змочування поверхні фасадних продуктів, у взаємозв'язку із ступенем їх біоураження та сформульовано умови, за яких матеріал виявляє стійкість до заселення та поширення колоній біоагентів.

7. Koss L. Algenbesiedlung und Algenbesiedlungsresistenz – Bauphysikalische Untersuchungen energetisch sanierter Fassaden. / L. Koss, N. Lesnych, H. Venzmer // Fassadensanierung. Praxisbeispiele, Produkteigenschaften, Schutzfunktionen. - Köln-Berlin: Rudolf Müller Verlag und Beuth Verlag GmbH, 2010. – P. 17–27.

Здобувачем здійснено порівняльний аналіз результатів растрової електронної мікроскопії фасадних продуктів, поверхня яких зазнала кліматичної деградації та виявила низьку стійкість до біоураження. Зроблено висновок про ефективність використання топологічних параметрів поверхні, що відображають її трансформацію в процесі служби, для оцінки біостійкості.

8. Koss L. Prüfbedingungen für den FABIO-Schnelltest. / L. Koss, N. Lesnych, H. Venzmer // Fachzeitschrift B&B - Bauen im Bestand. – Köln: Rudolf Müller - Verlag, 2010, - Heft 4. – P. 22-25.

Здобувачем створена лабораторна установка та запропонована методика експрес-тестування фасадних продуктів на біостійкість. Надано рекомендації щодо методології моделювання кліматичної деградації та штучного біологічного ураження в лабораторних умовах.

9. Коц Л.С. Определение критериев биоустойчивости фасадных материалов /Л.С. Коц // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2012. – № 56. – С. 30–34.

Здобувачем на основі аналізу експериментальних даних визначені критерії оцінки стійкості матеріалів до біоураження, які характеризують динаміку зміни морфології та змочуваності поверхні внаслідок деструкційних процесів при експлуатації фасадних продуктів в умовах підвищеної вологості.

10. Коц Л.С. Выбор параметров лабораторных испытаний для экспресс-теста фасадных систем и материалов на биоустойчивость /Л.С.Коц // Керамика: наука и жизнь. – Київ, 2013. – № 1 (15)/ №2 (16) – С. 11–20.

Здобувачем обґрунтовано методологію вибору параметрів для експрес-тестування матеріалів. На прикладі аналізу метеоданих різних регіонів Німеччини проілюстровані принципи визначення параметрів кліматичного навантаження для здійснення випробувань матеріалів на біостійкість в лабораторних умовах.

11. Коц Л.С. Смачивание керамической поверхности как фактор, определяющий биостойкость фасадной керамики. / Л.С. Коц, Е.Ю. Федоренко, Н.Ф. Лесных, Л.П. Щукина // Вісник НТУ«ХП». – Харків: НТУ «ХПИ», 2013. – Вип. 16. – С. 132–135.

Здобувачем запроповано критерій для оцінки біостійкості фасадних продуктів, який характеризує стабільність показників змочування поверхні матеріалів, для чого використано параметр стабільності кута змочування.

12. Коц Л.С. Розширення сировинної бази виробництва кислотостійкої кераміки / О.Ю. Федоренко, М.І. Рищенко, Л.С.Коц, О.А. Бурик, Л.П. Щукіна, К.П. Вернигора // Збірник наукових праць ПАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А.С. Бережного». – Харків, 2013. – № 113. – С. 171 – 178.

Здобувачем здійснено петрографічні дослідження пірофілітових порід та запропоновано склади сировинних композицій для отримання хімічно стійких керамічних матеріалів із заданим фазовим складом та максимальним ступенем спікання.

13. Пат. 74013 Україна, МПК C04 B/33. Керамічна маса для виготовлення біостійких фасадних плиток / [Лісачук Г.В., Федоренко О.Ю., Коц Л.С., Трусова Ю.Д., Білостоцька Л.О., Павлова Л.В., Токарєв А.Г.]; заявник та патенто-власник НТУ «ХПІ». – № 201204785; заявл. 10.04.2012; опубл. 10.10.2012, Бюл. № 19.

Здобувачем визначено оптимальний склад фасадної кераміки для виготовлення в умовах інтенсифікованої термообробки та визначено показники біостійкості отриманих матеріалів.

14. Koss L. Früher tristgrau, heute hochwärmegedämmt grün! Ein 20-Punkte-Programm zur Bewertung der Algen-Anfälligkeit von Fassaden. / [L. Koss, N. Lesnych, C. Messal und H. Venzmer] // Schriftenreihe Altbauinstandsetzung, Heft 4, BAUTECH 2002 am 08.02.2002. – Berlin: Verlag Bauwesen, 2002. – P. 95–114.

Здобувачем здійснено дослідження ступеня біоураження фасадних матеріалів різної природи. Визначено властивості поверхні матеріалів та встановлено їх зв'язок із схильністю до біоураження фасадних продуктів.

15. Koss L. Grüne Fassaden nach der Instandsetzung durch Wärmdämmverbundsysteme / L. Koss, N. Lesnych und H. Venzmer // Schriftenreihe der 10. Wiener Sanierungstage. – Wien: OFI Institut für Bauschadensforschung, 2002. – P. 201–220.

Здобувачем здійснено дослідження біоуражених фасадів споруд на території північної Германії. Для визначення закономірностей появи водорослей та плісняви розроблені напрямки досліджень фізико-хімічних властивостей матеріалів як критеріїв їх біостійкості.

16. Koss L. Biofilme auf Fassadenbaustoffen/ [L. Koss, N. Lesnych, J. von Werder und H. Venzmer] // Tagungsband des 6. Dahlberg – Kolloquiums 12-13 Januar 2006, Schriftenreihe Altbauinstandsetzung. Heft 11– Berlin: HUSS Verlag, 2006. – P. 75–99.

Здобувачем досліджена змочуваність будівельних матеріалів з різними властивостями. Встановлено умови видалення вологи з вертикальних гідрофобних фасадних поверхонь і зміна їх структури в процесі кліматичної деструкції. Досліджено ступінь біопораження проб в умовах природного зараження.

17. Koss L. Algal defacement of facade materials – results of long term natural weathering tests obtained by new diagnostic tools. / [L. Koss, N. Lesnych, J. von

Werder und H. Venzmer] // Nordic Symposium on Building Physics - 16th - 18th of June 2008. Copenhagen, 2008 – P. 277–284.

Здобувачем з використанням РАМ-діагностики отримані кількісні характеристики ступеню біоураження фасадних продуктів різної природи та зроблено висновки щодо основних факторів, які визначають динаміку цього процесу.

18. Коц Л.С. Методика визначення біологічної стійкості фасадних матеріалів / Л.С. Коц, Н.Ф. Лісних, Х. Фенцмер, М.І. Рищенко, О.Ю. Федоренко, Л.П. Щукіна // MicroCAD – 2012. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта і здоров'я: Міжнар. наук.-техн. конфер., 15-17 травня 2012 р.: тези допов. – Харків-Мішкольц, 2012 – С. 254.

Здобувачем розроблено методику випробувань матеріалів на стійкість до ураження біоагентами, яка дозволяє визначати біостійкість фасадних продуктів у лабораторних умовах.

19. Коц Л.С. Моделирование влияния климатических и биологических факторов при разработке метода экспресс-тестирования фасадных материалов / [Л.С. Коц, Н.Ф. Лесных, Е.Ю. Федоренко, А.И. Цимбалюк] // Экологический интеллект 2012: VIII Міжнар. наук.-практ. конфер., 24-25 квітня 2012 р.: тези доповіді. – Дніпропетровськ, 2012. – С. 214–215.

Здобувачем визначені критерії моделювання кліматичної деструкції в залежності від вимог різних кліматичних зон. Подано приклад визначення кліматичного навантаження при проведенні кліматичних тестувань у лабораторних умовах.

20. Коц Л.С. Биологически устойчивые безбиоцидные керамические и композиционные материалы / [Л.С. Коц, Н.Ф. Лесных, Е.Ю. Федоренко, А.И. Цимбалюк] // Химия и технология полимерных и композиционных материалов: Всерос. молодежная научная школа Института металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН, 26-28 ноября 2012 г.: тези допов. – Москва, 2012 – С.17–18.

Здобувачем визначена біостійкість серії керамічних і композиційних матеріалів та розроблено рекомендації щодо оптимізації їх фазового складу, структури та властивостей.

21. Коц Л.С. Безбіоцидна біостійка будівельна кераміка / Л.С. Коц, Н.Ф. Лісних, М.І. Рищенко, О.Ю. Федоренко // MikroCAD – 2013. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта і здоров'я : міжнар. наук.-техн. конфер., 29-31 травня 2013 р. : тези допов. – Харків-Мішкольц, 2013 – С.252.

Здобувачем визначено взаємозв'язок між показниками поруватості керамічних матеріалів та характеристиками їх змочування. Встановлена можливість збільшення біостійкості фасадних керамічних матеріалів за рахунок спрямованого регулювання процесу спікання кераміки.

22. Коц Л.С. Безбиоцидные фасадные керамические материалы, устойчивые к биологическим загрязнениям / [Л.С. Коц, Н.Ф. Лесных, Е.Ю. Федоренко, Л.П. Щукина] // Керамика и композиционные материалы: VIII Всерос. конфер., 17-20 июня 2013 г. – Сыктывкар. – С.39–41.

Здобувачем розроблено технологію вітрифікованої фасадної кераміки, структура та фазовий склад якої обумовлюють високу стабільність поверхні при

тривалій експлуатації в умовах підвищеної вологості, що забезпечує біостійкість матеріалу при відсутності в його складі біоцидних компонентів.

23. Коц Л.С. Свойства поверхности биостойкой фасадной керамики / Л.С. Коц // Инновации в материаловедении: Всерос. научн. конфер., 3-5 июня 2013р.: тезисы допов. – Москва, 2013.– С.159.

Здобувачем виконано експериментальні дослідження та здійснено порівняльний аналіз топологічних параметрів та змочуваності поверхні різних видів фасадної кераміки у взаємозв'язку з показниками їх біостійкості.

АНОТАЦІЇ

Коц Л.С. Біостійкі безбіоцидні фасадні керамічні матеріали. – На правах рукопису.

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

Дисертацію присвячено розробці складів мас і технологічних параметрів виготовлення біостійкої фасадної кераміки, яка не містить токсичних біоцидних компонентів, а також створенню методології дослідження стійкості фасадних продуктів до біологічного ураження. Системними дослідженнями властивостей, які обумовлюють поведінку фасадних матеріалів при експлуатації в умовах вологого клімату, обґрунтовано критерії прогнозової оцінки їх біостійкості та створено лабораторну методику для експрес-тестування фасадних продуктів.

На основі сформульованих принципів отримання біостійкої фасадної кераміки з використанням композицій системи $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ розроблено безбіоцидні щільноспечені матеріали, які не піддаються ураженню біогентами. Комплекс високих експлуатаційних властивостей отриманої фасадної кераміки забезпечується за рахунок формування фаз, стійких до дії природних кліматичних чинників та досягнення максимального ступеня спікання матеріалу.

Ключові слова: фасадні керамічні матеріали, спікання та фазоутворення, щільноспечена кераміка, біологічна стійкість та біодеградація, змочуваність поверхні, стабільність структури.

Коц Л.С. Биостойкие безбицидные фасадные керамические материалы. – 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 составов масс и технологических параметров получения биостойкой безбицидной фасадной керамики и созданию эффективной методологии оценки биостойкости фасадных продуктов.

На основе системных исследований свойств, определяющих поведение фасадных материалов при эксплуатации в условиях влажного климата, обоснованы критерии прогнозной оценки их биостойкости и создана лабораторная методика для экспресс-тестирования фасадных продуктов.

На основе сформулированных принципов получения биостойкой фасадной керамики с использованием композиций системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ разработаны безбиоцидные плотноспеченные материалы, которые не поддаются поражению биоагентами. Комплекс высоких эксплуатационных свойств полученной фасадной керамики обеспечивается за счет достижения максимальной степени спекания и формирования фаз, стойких к действию естественных климатических факторов.

Для определения свойств обуславливающих биостойкость, разработана методика экспресс-тестирования фасадных материалов, позволяющая за короткое время установить степень их устойчивости к поражению биоагентами.

Предложенная методика прогнозирования биостойкости фасадных продуктов основана на исследовании изменений свойств поверхности фасадного материала при моделировании климатической деструкции. В качестве критериев оценки устойчивости материалов к биопоражению рекомендуется использовать параметры, отражающие стабильность структуры их поверхностного слоя, для которых определены граничные значения, позволяющие с высокой точностью прогнозировать поведение фасадных материалов.

Ключевые слова: фасадные керамические материалы, спекание и фазообразование, плотноспеченная керамика, биологическая стойкость и биodeградация, смачиваемость поверхности, стабильность структуры.

Koss L. S. Bioresistant non-biocidal facade ceramic materials. - On the manuscript. Thesis for obtaining the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.17.11 - Technology of refractory non-metal materials. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, 2014.

The thesis deals with the development of mass composition manufacturing for bioresistant facade ceramics production, which does not contain toxic biocide components. It also provides the research methodology development concerning the facade products resistance to biological affection.

By using the systematic research of factors impacting facade materials exploitation under humid climate conditions the thesis elaborates the criteria for the forecasting evaluation of its biological stability. It also develops experimental methodology for facade products express-analysis.

Basing on the formulated principles to obtain bio-resistant facade ceramics using the compositions of system $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ the non-biocide strong sintered facade ceramics obtained that are resistant to bio-agent affection. The complex of highly exploited characteristics of facade ceramics are provided with the help of maximum degree of sintering process and faze-formation which are resistant to climate factors.

Key words: facade ceramic materials, sintering and phase formation, strong sintering ceramics, biological resistance and biodegradation, surface wettability, structural stability.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Key' followed by a stylized flourish.

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

Підписано до друку 22.04.2014 р. Формат 60х84/16.
Папір офсетний. Друк – різнографія. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Замовлення № 470

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
