

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Київський національний університет будівництва і архітектури



БОРИСОВА АНГЕЛІНА ІГОРІВНА

УДК 666.9.043.2; 691.5

**ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНИХ
ЛУЖНИХ АЛЮМОСИЛІКАТНИХ КОМПОЗИЦІЙ, ЗДАТНИХ ДО
СПУЧУВАННЯ**

05.23.05 – Будівельні матеріали та вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі будівельних матеріалів і в Науково-дослідному інституті в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського Київського національного університету будівництва і архітектури

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Пушкарьова Катерина Костянтинівна,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
завідувач кафедри будівельних матеріалів

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор
Сердюк Василь Романович,
Вінницький національний технічний університет,
завідувач кафедри менеджменту будівництва та цивільної
оборони
– кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Лаповська Світлана Давидівна,
ДП «Український науково-дослідний та проектно-
конструкторський інститут будівельних матеріалів і виробів»,
м. Київ, завідувач лабораторії будівельних матеріалів
спеціального призначення

Захист відбудеться “ 07 ” грудня 2011 р. о 13⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.05 “Основи та фундаменти. Будівельні матеріали та вироби. Екологічна безпека” Київського національного університету будівництва і архітектури, 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури, 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий “ 07 ” листопада 2011 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доцент



М.В. Суханевич

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Наявність енергетичної кризи в Україні, зростання ціни на енергію та паливо, а також їх дефіцитність обумовлюють необхідність підвищення якості теплової ізоляції огорожувальних конструкцій і теплових агрегатів. Одним із напрямків вирішення цього питання є використання спеціальних високоефективних теплоізоляційних матеріалів, які здатні забезпечити задані значення теплового опору конструкцій.

Сучасні тенденції розвитку матеріалознавства передбачають максимально можливе обмеження використання органічних речовин у життєдіяльності людини, тому розробку теплоізоляційних матеріалів на мінеральній основі, що характеризуються низькою спалюваністю, є нетоксичними як на стадії виготовлення, так і на стадії експлуатації, можна вважати пріоритетною.

Існуючі на будівельному ринку неорганічні теплоізоляційні матеріали при їх безумовних перевагах перед органічними мають певні недоліки. Піно- та газобетони, які характеризуються невисокою міцністю при відносно великій середній густині та недостатній теплопровідності, а також високим водопоглинанням і низькою волого- та морозостійкістю, мають обмежені галузі використання, чим поступаються перед іншими відомими аналогами. Газоскло потребує застосування достатньо тривалого та енергоємного процесу виробництва, що обумовлює його високу вартість. Мінеральна вата та вироби на її основі характеризується виділенням високотоксичного вільного формальдегіду, канцерогенністю мінеральних волокон товщиною менше 3 мкм і довжиною більше 5 мкм, а також, за даними німецьких дослідників, переходом волокон через 7...9 років у пиловидний стан, що призводить до втрати огорожувальною конструкцією необхідного теплового опору.

Отже, враховуючи все вищезазначене, особливої актуальності набуває питання щодо розробки принципово нових видів теплоізоляційних матеріалів на основі модифікованих лужних алюмосилікатних композицій, здатних до спучування, які можуть бути виготовлені з використанням недорогої та недефіцитної сировини за екологічно безпечними та енергоощадними технологіями. Введення до складу алюмосилікатних композицій різноманітних пористих заповнювачів та наповнювачів дозволить отримувати на їх основі матеріали з наперед заданими властивостями та розширить галузі їх використання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у Науково-дослідному інституті в'язучих речовин і матеріалів Київського національного університету будівництва і архітектури у відповідності до держбюджетної теми Міністерства освіти, науки, молоді та спорту України 4ДБ-2009 «Дослідження фізико-хімічних закономірностей створення теплоізоляційних матеріалів на основі модифікованих алюмосилікатних композицій» (2009-2011 рр., № державної реєстрації 0106U000642). В зазначеній роботі автор виконувала обов'язки виконавця.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є отримання за низькоенергоємними, екологічно безпечними технологіями ефективних

теплоізоляційних матеріалів на основі модифікованих сполуками феруму та магнію лужних алюмосилікатних композицій, здатних до спучування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- визначити вплив модифікуючих добавок на особливості процесів спучування та структуроутворення лужних алюмосилікатних композицій, а також ідентифікувати новоутворення, що забезпечують максимальне спучення композицій в системі « $\text{Na}_2\text{O}-\text{RO}-\text{R}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ » (де $\text{RO} - \text{FeO}, \text{MgO}$; $\text{R}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3$) та утворення оптимальної пористої структури спученого шару;
- дослідити фізико-хімічні особливості процесів структуроутворення та спучування при дії температурного фактора алюмосилікатних композицій, отриманих за різними технологіями приготування вихідних сумішей;
- розробити склади теплоізоляційних матеріалів на основі штучних пористих заповнювачів і алюмосилікатних композицій, здатних до спучування в заданих інтервалах температур, та дослідити їхні властивості;
- встановити технологічні параметри отримання теплоізоляційних матеріалів із покращеними фізико-механічними та теплофізичними характеристиками на основі композицій оптимального складу;
- провести в промислових умовах виготовлення розроблених теплоізоляційних матеріалів і дослідити їхні основні властивості.

Об'єктом досліджень є направлене регулювання процесів структуроутворення та спучування при дії температурного фактора лужних алюмосилікатних композицій в системі « $\text{Na}_2\text{O}-\text{RO}-\text{R}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ » (де $\text{RO} - \text{FeO}, \text{MgO}$; $\text{R}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3$).

Предметом досліджень є лужні алюмосилікатні композиції, модифіковані сполуками магнію та феруму.

Методи досліджень. Експериментальні дослідження виконані з застосуванням сучасних методів фізико-хімічного аналізу: рентгенофазового, диференціально-термічного, електронної растрової мікроскопії з використанням зондового аналізу. Визначення фізичних (середня густина, пористість), фізико-механічних (міцність при стиску) та теплофізичних властивостей проведено за традиційними методиками згідно діючих нормативних документів. Розрахунки та оптимізацію складів лужних алюмосилікатних композицій проведено з застосуванням експериментально-статистичних методів планування експерименту з використанням програмного забезпечення «Statistica».

Наукова новизна одержаних результатів:

- встановлено залежність процесів спучування та структуроутворення лужних алюмосилікатних композицій від технологічних особливостей приготування реакційних сумішей. Показано, що більш інтенсивне перемішування вихідних сумішей (швидкість перемішування 950 об/хв) змінює їхню реакційну здатність, що підвищує коефіцієнт спучення композицій при випалюванні в інтервалі температур 400...800°C в середньому в 1,1...1,7 рази та сприяє утворенню в складі продуктів дегідратації зародків гідрослуд шаруватої будови;
- доведено, що модифікація лужної алюмосилікатної композиції сполуками феруму та магнію сприяє підвищенню коефіцієнта спучення в середньому в 1,3...1,8 рази порівняно з немодифікованими композиціями за рахунок направленного синтезу в складі новоутворень аналогів природних гідрослуд,

причому тип синтезованої гідрослюди залежить від виду використаної добавки-модифікатора;

- визначено вплив відповідного виду модифікуючої добавки на експлуатаційні властивості розроблених матеріалів, причому використання сполук феруму дозволяє отримувати матеріали з найменшою середньою густиною, максимальне спучення яких відбувається при відносно низьких температурах (200...400°C), а введення сполук магнію підвищує міцність матеріалу в 1,5...2 рази порівняно з немодифікованою системою та сприяє розширенню інтервалу температур використання отриманих матеріалів.

Практичне значення одержаних результатів:

- запропоновано склади теплоізоляційних матеріалів на основі модифікованих алюмосилікатних композицій та штучних пористих заповнювачів, що здатні до спучування в заданих інтервалах температур та характеризуються середньою густиною в межах 200...500 кг/м³, теплопровідністю 0,04...0,16 Вт/(м·К), міцністю 1,0...4,75 МПа, коефіцієнтом розм'якшення 0,67...0,97 та коефіцієнтом конструктивної якості 15...32 МПа;
- розроблено основи низькоенергоємної технології отримання теплоізоляційних матеріалів із заданими експлуатаційними властивостями та доведено, що регулювання властивостей матеріалу здійснюється шляхом зміни типу та кількості модифікуючої добавки, швидкості перемішування та часу попереднього витримання алюмосилікатної композиції, виду та кількості використаного заповнювача, розчину-твердого відношення реакційних сумішей, температури випалювання виробів;
- проведено промислове впровадження випуску партії теплоізоляційних плит на основі модифікованої алюмосилікатної композиції та штучного пористого заповнювача сіопору. Економічний ефект від застосування отриманих теплоізоляційних виробів становить 1274,96 грн. на 1 м³ готової продукції та досягається як за рахунок зниження енергоємності процесу виробництва розробленого матеріалу, так і за рахунок використання відносно недорогих та недефіцитних сировинних матеріалів.

Особистий внесок здобувача полягає у виконанні експериментальних досліджень, обробці отриманих результатів та впровадженні розроблених матеріалів у виробництво. Особистий внесок здобувача в опублікованих роботах:

- показано позитивний вплив добавки оксиду феруму на здатність до спучування лужної алюмосилікатної композиції за рахунок формування серед продуктів дегідратації змішаних гідроалюмоферумсилікатних новоутворень [8];
- досліджено вплив різних технологій перемішування реакційних сумішей на здатність до спучування лужних алюмосилікатних композицій [10];
- досліджено вплив попереднього витримання модифікованих алюмосилікатних композицій перед приготуванням зразків на їх здатність до спучування [4];
- вивчено особливості модифікації лужної алюмосилікатної системи сполуками магнію [9];
- визначено тип добавки на основі сполук магнію, яка забезпечує максимальний коефіцієнт спучення лужних алюмосилікатних композицій [5];

- вивчено сумісний вплив сполук феруму та магнію на процеси спучування та структуроутворення лужних алюмосилікатних композицій [1];
- підбрано склади композицій для отримання неорганічних вогнезахисних матеріалів, здатних до спучування, та досліджені їхні властивості [6];
- встановлено можливість використання лужних алюмосилікатних композицій як зв'язуючих речовин для отримання ефективних екологічно безпечних теплоізоляційних матеріалів спеціального призначення [3];
- досліджено вплив різних типів легких пористих заповнювачів на основні властивості теплоізоляційних матеріалів, отриманих на основі лужних алюмосилікатних композицій, що здатні до спучування [7];
- доведено, що керування фізико-механічними характеристиками розроблених теплоізоляційних матеріалів можливе за рахунок зміни типу та кількості використаних заповнювачів, а також вибору технологічних параметрів отримання матеріалів [2].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи були висвітлені на 68, 69, 70, 71 та 72 науково-практичних конференціях Київського національного університету будівництва і архітектури (2007-2011 рр.); наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА (2008-2010 рр.); 46-му міжнародному семінарі «Моделирование и оптимизация в материаловедении» (Одеса, ОДАБА, 2007 р.); міжнародній конференції «Alkaline activated materials» (Прага, Чеська республіка, 2007 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка» (Київ, НДІБВМ, 2011 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 10 друкованих робіт, в тому числі 4 – у наукових фахових виданнях; 6 – у матеріалах доповідей вітчизняних і міжнародних конференцій та семінарів.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 138 сторінках друкованого тексту основної частини, яка складається зі вступу, п'яти розділів та висновків. Повний обсяг дисертації становить 165 сторінок і включає 39 рисунків на 21 сторінці, 36 таблиць на 18 сторінках, список використаних джерел із 172 найменувань на 18 сторінках та 4 додатки на 9 сторінках.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету досліджень, наукову новизну, практичне значення та основні задачі, що розв'язані у роботі.

У першому розділі наведено огляд стану наукової розробки теми та визначено теоретичні передумови досліджень.

Основний шлях зниження енергозатрат на опалення будівель полягає в покращенні теплової ізоляції та збільшенні термічного опору огорожувальних конструкцій за допомогою теплоізоляційних матеріалів.

Розрізняють матеріали, які спучуються внаслідок дії температурного фактора (термоспучені) та внаслідок протікання хімічної взаємодії рідинного скла зі спеціальними добавками (спучені). Велика кількість хімічно зв'язаної води в масі, що спучується, та швидке нагрівання сприяють одержанню матеріалу

крупнопористої структури з низькою середньою густиною. Повільне нагрівання супроводжується інтенсивною втратою води та слабким спучуванням.

Середня густина матеріалів на основі спученого рідинного скла регулюється в широких межах (10...200 кг/м³) зміною дозування добавок в складі вихідної композиції і умов спучення. При випалюванні рідинного скла без добавок можна отримати настільки сильно спучений матеріал, що стінки пор даватимуть кольорову інтерференцію, а середня густина отриманого матеріалу буде дорівнювати 5...6 кг/м³. Проте такі матеріали є неводостійкими і характеризуються низькою міцністю, що обмежує галузі їх використання.

Для підвищення експлуатаційних характеристик теплоізоляційних матеріалів (міцність, водостійкість, довговічність) до рідинного скла додають наповнювачі, такі як метакаолін, мікрокремнезем, оксиди алюмінію та магнію, які при взаємодії з рідинним склом утворюють нерозчинні лужні гідросилікати алюмінію і магнію різного складу та структури. Після випалювання таких композицій властивості отриманих матеріалів залежать як від макроструктури матеріалу (кількості та характеру пор, типу наповнювачів і заповнювачів), так і від мікроструктури, зокрема від складу та структури продуктів тверднення алюмосилікатних композицій.

Передумовою даної роботи були праці наукової школи НДІВМ ім. В.Д. Глуховського, пов'язані з регулюванням процесів структуроутворення в системі $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ за рахунок направленої синтезу гідроалюмосилікатних сполук, склад та властивості яких можуть впливати не тільки на технологію виготовлення, але й на властивості отриманого матеріалу.

Дослідженнями Ж.В. Скурчинської, Г.В. Румини, Р.С. Жукової доведена можливість здійснення направленої синтезу цілої гамми штучних гідроалюмосилікатів типу цеолітів і слюд, що за речовинним складом аналогічні природним мінералам. Вивчення процесів гідратації таких фаз показали, що при підвищених температурах гідроалюмосилікатні фази перекристалізуються в безводні. Їх склад залежно від температури застосування може бути представлений цілою гаммою синтетичних мінералів із загальною формулою $\text{R}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (2-6)\text{SiO}_2$.

При дослідженні системи $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ вченими П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьовою та М.В. Суханевич було встановлено, що лужні алюмосилікатні композиції залежно від співвідношення оксидів $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (від 2 до 10) мають здатність до спучування при випалюванні (коефіцієнт спучення в межах 0,85...13,5), за рахунок видалення хімічно та фізично зв'язаної води з цеолітоподібних новоутворень групи гейландиту. Моделювання природних процесів перекристалізації водних алюмосилікатів в безводні, які можуть супроводжуватися спучуванням та утворенням рівномірної пористої структури, відкриває можливість розробки матеріалів різного призначення, продукти гідратації яких здатні змінювати свій хімічний склад і структуру залежно від температури експлуатації.

Як показано роботами Дж. Грунера, В. Ейтеля та інших вчених, гідрослюди, так само як і цеоліти, можуть бути синтезовані не тільки в природних умовах, але й при направленій кристалізації із алюмокремнієвих розчинів (гелеподібних фаз) відповідного складу. Методи синтетичного отримання цеолітів і гідрослюд імітують природні геохімічні процеси взаємодії глинистих речовин із сполуками лужних

металів, що протікають в зонах гідротермального метаморфізму у середовищі перегрітих водних розчинів під тиском.

На відміну від природних, синтетичні слюди можуть бути отримані при контрольованих умовах синтезу, коли наперед визначено іони, які заміщують, і іони, які заміщуються, кількість позицій, які можуть бути заміщені, та температурні режими. Саме така властивість, як ізоморфізм, дозволяє контролювати склади для отримання гідрослюд і слюд з наперед заданими характеристиками.

Аналіз вищенаведеної інформації дозволяє висунути припущення про можливість отримання екологічно безпечних матеріалів на основі лужних алюмосилікатних композицій, здатних до спучування як за рахунок видалення хімічно та фізично зв'язаної води при дегідратації рідинного скла, так і за рахунок направлено синтезу в складі продуктів випалювання штучних новоутворень, подібних до природних слюд та гідрослюд складу $R_2O-RO-R_2O_3-SiO_2-H_2O$, що на мікрорівні сприяють формуванню шаруватої будови матеріалу та забезпечують на макрорівні разом зі штучними пористими заповнювачами утворення двофракційної пористої структури.

Даний підхід відкриває можливість розробки екологічно безпечної та енергоощадної технології виготовлення теплоізоляційних матеріалів загальнобудівельного та спеціального призначення, регулювання властивостей яких можливе як за рахунок зміни технологічних параметрів, так і композиційного складу алюмосилікатної системи, що передбачає використання модифікуючих добавок та різних видів штучних пористих заповнювачів.

У другому розділі наведено характеристики застосованих сировинних матеріалів та методів досліджень.

Для отримання лужних алюмосилікатних композицій як сировинні матеріали застосовано: силікат натрію розчинний (ГОСТ 13078), натр їдкий технічний (ГОСТ 4328), метакаолін – дегідратований при температурі 800°C каолін Просянівського родовища Дніпропетровської області (ГОСТ 21286, ТУ 14-8-160-75), мікрокремнезем – побічний продукт виробництва металевого кремнію Запорізького алюмінієвого комбінату, що представлений аморфним кремнеземом.

В якості модифікуючих добавок, що сприяють направленому синтезу в складі новоутворень лужної алюмосилікатної композиції аналогів природних слюд і гідрослюд, використовували азбест (ГОСТ 12871-93) і тальк (ТУ 5727-001-40705684-2001), термоактивовані при $t = 700$ та 900 °C відповідно, а також добавки різного складу на основі сполук феруму, в тому числі: суміші магнетиту (Fe_3O_4) та в'юститу (FeO), пігмент на основі піротину (FeS) та суміш магнетиту (Fe_3O_4) і гематиту (Fe_2O_3).

Як штучні пористі наповнювачі (розміри частинок $<0,16$ мм) та заповнювачі для отримання теплоізоляційних матеріалів із покращеними фізико-механічними та теплофізичними характеристиками на основі алюмосилікатних композицій оптимального складу використовували спучений вермикуліт, спучений перліт, базальтову луску, мулітокремнеземисте волокно (ГОСТ 23619-79), сіопор (ТОВ «СІОПОР Україна») та поравер (ТОВ «МЦ Баухемі»).

Для покращення декоративних характеристик отриманих теплоізоляційних матеріалів як кремнеземистий компонент світлого кольору використовували білу

сажу БС-100 (ГОСТ 18307) та трепел родовища Стальне Хотинського району Могілевської області.

Отримання лужних алюмосилікатних композицій здійснювали шляхом перемішування сировинних компонентів до утворення суміші однорідної консистенції за допомогою змішувача примусової дії. Визначення оптимального складу алюмосилікатних композицій проводили на основі результатів дослідження здатності зразків спучуватися та з урахуванням їхнього ступеня спучення після випалювання в лабораторній печі при відповідній температурі.

Оптимізацію складів алюмосилікатних композицій виконували за допомогою ротатбельного плану другого порядку планування експерименту з використанням програмного забезпечення «Statistica».

Для встановлення особливостей фізико-хімічних процесів гідратації і дегідратації лужних алюмосилікатних композицій і вивчення фазового складу новоутворень були проведені дослідження з використанням рентгенофазового аналізу. Вивчення особливостей структуроутворення зразків випаленого матеріалу виконували за допомогою електронної мікроскопії з використанням зондового аналізу.

Отримання зразків теплоізоляційних матеріалів здійснювали шляхом перемішування готових композицій оптимального складу з заповнювачами і подальшим випалюванням зразків у лабораторній печі при відповідній температурі, після чого визначали наступні характеристики матеріалу: середню густину та міцність при стиску згідно ДСТУ Б В.2.7-38-95 (ГОСТ 17177-94), водостійкість згідно ГОСТ 9758-86 та коефіцієнт теплопровідності за стандартною методикою згідно ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-87).

У третьому розділі наведено результати дослідження особливостей процесів спучування та структуроутворення лужних алюмосилікатних композицій, модифікованих сполуками феруму та магнію.

Для встановлення можливості направленої синтезу аналогів природних слюд та гідрослюд, які відрізняються від цеолітоподібних сполук більш широким діапазоном температур утворення та наступного спучування (від 300 до 800°C) і кращою структурою спученого шару, було вивчено особливості процесів структуроутворення лужних алюмосилікатних композицій.

Враховуючи те, що умови синтезу гідрослюд при одному й тому ж складі вихідних компонентів в значній мірі визначаються умовами приготування алюмосилікатних композицій, на першій стадії досліджень було визначено вплив різних технологій перемішування на властивості композицій, в тому числі їх здатність до спучування. Отримання однорідних композицій здійснювали з використанням змішувача типу «Hobart», кавітатора та змішувача марки «ЕМ1-950К-2 Rebir», які характеризуються наступними швидкостями перемішування: 120(60), 2880 і 950 обертів за хвилину відповідно. Показано, що більш інтенсивне перемішування вихідних сумішей (зі швидкістю 950 та 2880 об/хв) змінює їхню реакційну здатність та підвищує коефіцієнт спучення композицій при випалюванні в інтервалі температур 400...800°C (рис. 1), однак збільшення числа обертів до 2880 об/хв (при використанні кавітатора) не дає значного ефекту, тому більш доцільно використовувати змішувач марки «ЕМ1-950К-2 Rebir», що сприяє збільшенню

коефіцієнта спучення композицій порівняно зі звичайним перемішуванням в середньому в 1,1...1,7 рази за рахунок утворення в складі продуктів дегідратації зародків гідрослюд шаруватої будови, що відбивається і на зміні макроструктури випаленого матеріалу, яка також набуває шаруватої будови.

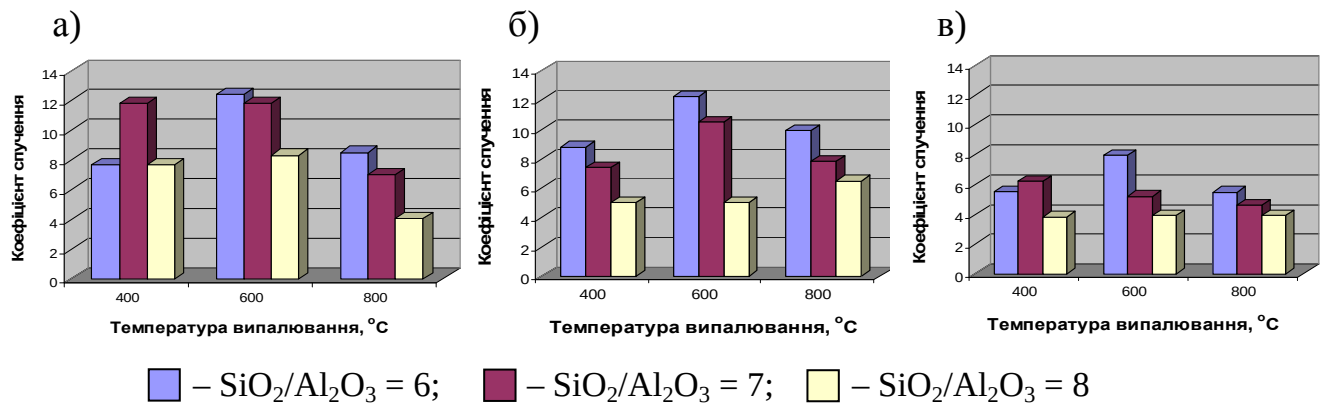


Рис. 1. Вплив технології перемішування реакційних сумішей на здатність до спучування лужних алюмосилікатних композицій складу $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (6-8)\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, що отримані з використанням змішувача марки «ЕМ1-950К-2 Rebir» (а), кавітатора (б) та змішувача типу «Hobart» (в) зі швидкостями перемішування відповідно 950, 2880 і 120 об/хв

Дані фізико-хімічних досліджень свідчать, що саме інтенсивне перемішування (950 об/хв) сприяє більш інтенсивній кристалізації в складі продуктів дегідратації зародків слюд типу парагоніту та Na форми мусковіту.

Результати електронної мікроскопії підтверджують, що в разі використання звичайного змішувача (швидкість перемішування 60-120 об/хв) утворюється типова для цеолітів каркасна структура з рівномірно розподіленими комірками, а після перемішування сумішей зі швидкістю 950 об/хв на зображеннях фіксується поява у структурі спученого шару волокнистих та шаруватих включень, що характерні для мінералів типу слюд і гідрослюд.

Підсумовуючи отримані результати для подальших досліджень застосовано перемішування реакційних сумішей зі швидкістю 950 об/хв, що не тільки сприяє підвищенню коефіцієнта спучення алюмосилікатних композицій, але й забезпечує формування більш пористої структури спученого матеріалу.

Враховуючи те, що природні гідрослюди – це гідроалюмосилікати, які містять катіони феруму, магнію, лужних металів та ін., і відрізняються, як правило, кращою здатністю до спучування, а також те, що інтервал спучування залежить від виду модифікуючих включень, раціональним було проведення досліджень щодо модифікації алюмосилікатних композицій сполуками феруму.

Спочатку було визначено тип добавки, що сприяє отриманню найбільшого значення коефіцієнта спучення алюмосилікатної композиції. Так серед трьох добавок, що були представлені сумішшю магнетиту та в'юститу, пігментом на основі піротину та сумішшю магнетиту та гематиту, була обрана добавка на основі суміші магнетиту та в'юститу, оскільки саме вона забезпечує найбільше зростання коефіцієнта спучення досліджуваних композицій.

Далі було визначено оптимальний час витримування готових композицій перед приготуванням зразків, який пов'язаний із вивченням впливу процесу старіння гелевих сумішей на кінетику кристалізації новоутворень. Отримані результати свідчать, що витримування модифікованої композиції перед приготуванням зразків протягом 6 діб сприяє збільшенню коефіцієнта спучення в 2...3 рази (рис. 2).

Результати визначення оптимальної кількості добавки свідчать, що введення сполук феруму дозволяє збільшити коефіцієнт спучення алюмосилікатної композиції порівняно з немодифікованою в 1,5...2 рази, при цьому максимальна здатність до спучування зсувається в область більш низьких температур (з 600 до 400°C).

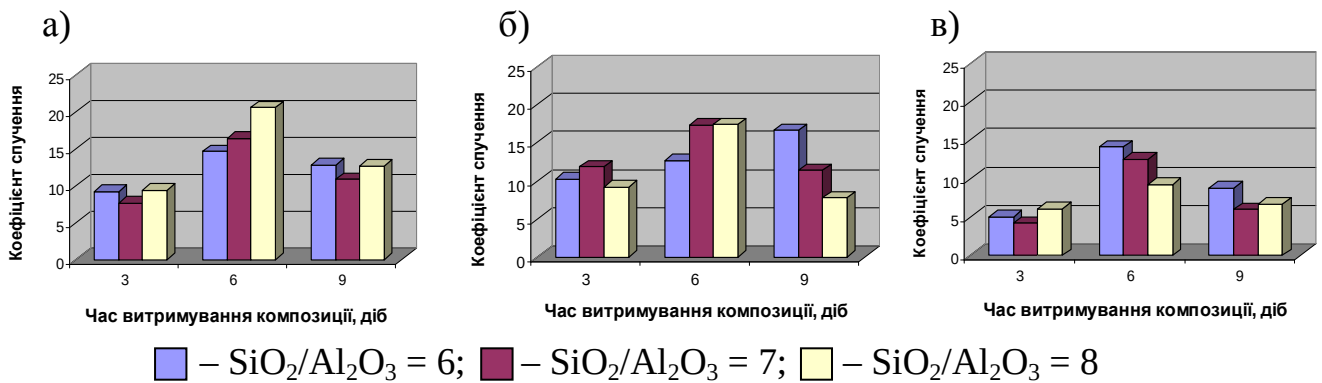


Рис. 2. Вплив попереднього витримування реакційних сумішей перед приготуванням зразків на коефіцієнт спучення модифікованих сполуками феруму алюмосилікатних композицій, випалених при температурах 400 (а), 600 (б) та 800°C (в)

Результати рентгенофазового аналізу показують, що при модифікації алюмосилікатної композиції сполуками феруму в складі продуктів дегідратації синтезуються зародки лепідомелану $\text{Na}_2\text{O} \cdot 6\text{FeO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – залістної слюди ряду біотитів, що утворюється з частковою заміною кристалів мусковіту.

Дані електронної мікроскопії підтверджують висновки рентгенофазового аналізу і фіксують появу новоутворень шаруватої будови у вигляді окремих пластів та волокнистих включень, які відносяться до кристалів лепідомелану (рис. 3).

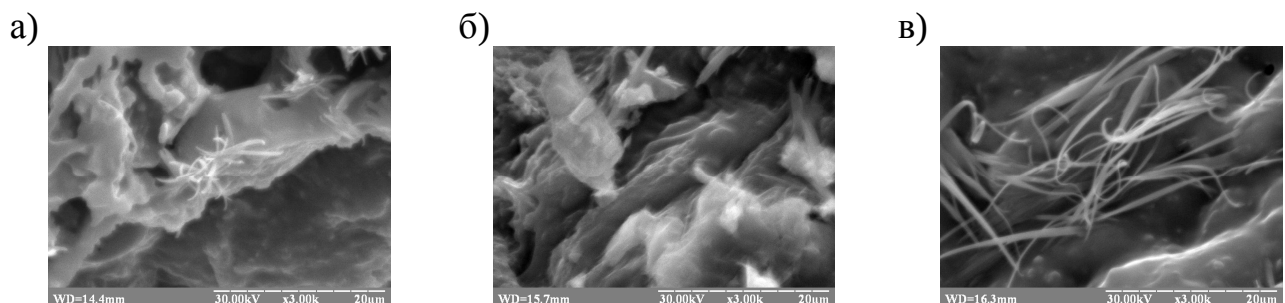


Рис. 3. Електронно-мікроскопічні фотографії поверхні сколу зразків штучного каменю на основі композицій складу: а – $\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,5\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, б – $\text{Na}_2\text{O} \cdot 1\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, в – $\text{Na}_2\text{O} \cdot 1,5\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ після спучування при температурі 600 °C. Збільшення у 3000 разів

З метою розширення інтервалу температур використання розроблених матеріалів подальші дослідження проводили в напрямку модифікації алюмосилікатних композицій сполуками магнію. Методологія досліджень була аналогічною. Отже спочатку визначили тип добавки, що сприяє максимальному спученню композицій. Так використання термоактивованого тальку дозволяє збільшити коефіцієнт спучення композицій (порівняно з немодифікованими) від 4 до 40 %, в той час як введення термоактивованого азбесту до складу композиції призводить до зниження коефіцієнта спучення.

Аналіз отриманих результатів дозволяє зазначити, що модифікація алюмосилікатних композицій сполуками магнію підвищує здатність до спучування композицій в інтервалі більш високих температур ($600\ldots 800^\circ$) і тим самим розширює діапазон робочих температур використання отриманих на їх основі матеріалів. У складі продуктів дегідратації при цьому кристалізуються зародки гідрослюди глауконіту $\text{Na}_2\text{O}\cdot 0,5\text{MgO}\cdot 1,5\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, що підтверджується результатами рентгенографічного аналізу та електронної мікроскопії – на фотографіях фіксується поява у складі матриці шаруватих новоутворень з частковим їх розщеплюванням на окремі елементи (рис. 4).

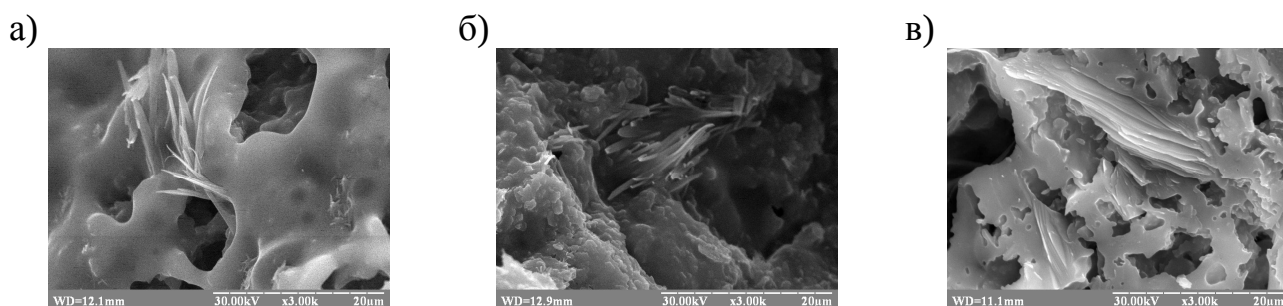


Рис. 4. Електронно-мікроскопічні фотографії поверхні сколу зразків штучного каменю на основі композиції складу: а – $\text{Na}_2\text{O}\cdot 0,5\text{MgO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$, б – $\text{Na}_2\text{O}\cdot 0,5\text{MgO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot 7\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$, в – $\text{Na}_2\text{O}\cdot 0,5\text{MgO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot 8\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ після спучування при температурі 600°C . Збільшення у 3000 разів

Наступним етапом досліджень було визначення впливу комплексної добавки сполук феруму та магнію на здатність до спучування та процеси структуроутворення алюмосилікатної композиції. Дослідження проводили за аналогічною методикою. Отримані результати дозволяють зазначити, що введення до складу алюмосилікатної композиції одночасно сполук феруму та магнію збільшує значення коефіцієнта спучення порівняно з немодифікованою композицією в $2\ldots 2,5$ рази, а в деяких випадках навіть майже в 4 рази, при цьому максимальна здатність до спучування спостерігається в діапазоні температур $600\ldots 800^\circ$, при умові попереднього витримування готових композицій протягом 6 діб, що дозволяє підвищити значення коефіцієнта спучення в середньому в 1,5 рази.

На рентгенограмах модифікованих композицій фіксується кристалізація зародків флогопіту, що відноситься до слюд ряду біотитів, а на електронно-мікроскопічних фотографіях спостерігаються новоутворення різного типу: волокнисто-шаруваті, які можна віднести до флогопіту, та віялоподібної форми, що свідчать про нерегулярність будови слюд.

Аналіз вищенаведених результатів досліджень дозволяє зазначити, що введення сполук феруму до складу лужної алюмосилікатної композиції сприяє збільшенню коефіцієнта спучення та відповідно зменшенню середньої густини отриманого матеріалу, в той час як модифікація композиції сполуками магнію дозволяє значно підвищити міцнісні характеристики матеріалу при збереженні достатньо низьких значень його середньої густини (табл. 1).

Таблиця 1

**Основні властивості лужних алюмосилікатних композицій,
випалених при температурі 300°C**

Тип алюмосилікатної композиції	Основні показники спученого матеріалу			
	Середня густина, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Границя міцності при стиску, МПа	Коефіцієнт конструктивної якості
Базова (немодифікована)	328	0,081	1,44	13,4
Модифікована сполуками феруму	263	0,056	1,12	16,2
Модифікована сполуками магнію	295	0,068	2,14	24,6
Модифікована комплексною добавкою	292	0,067	1,25	14,7

Четвертий розділ присвячено розробці та оптимізації складів теплоізоляційних матеріалів на основі модифікованих алюмосилікатних композицій та штучних пористих заповнювачів.

Покращення теплофізичних характеристик отриманих матеріалів можливе за рахунок застосування різних типів легких заповнювачів, в якості яких використовували спучений вермикуліт, спучений перліт, базальтову луску, мулітокремнеземисте волокно, сіопор та поравер.

В якості параметрів оптимізації складів теплоізоляційних матеріалів було обрано тип та кількість легкого заповнювача, розчино-тверде відношення реакційних сумішей та температуру випалювання. Із розрахунку досягнення найменшої енергоємності процесу отримання матеріалів, температура випалювання зразків відповідала температурі початку спучування композицій (300°C).

Встановлено, що введення до складу модифікованих алюмосилікатних композицій пористих заповнювачів призводить до зниження температури випалювання зразків порівняно з температурою випалювання вихідних композицій (без заповнювача), причому оптимальна температура випалювання може змінюватися в межах 200...600°C залежно від виду модифікуючої добавки та типу використаного заповнювача.

Узагальнюючи результати проведених досліджень (табл. 2) можна зазначити, що використання в якості заповнювачів сіопору, мулітокремнеземистого волокна та пораверу дозволяє отримувати матеріали з найменшими значеннями середньої густини $\rho=210\ldots270$ кг/м³ та теплопровідності $\lambda=0,039\ldots0,059$ Вт/(м·К) і міцністю в межах 1,0...2,6 МПа, в той час як застосування спученого перліту та вермикуліту дещо підвищує середню густину матеріалу в діапазоні 300...370 кг/м³ ($\lambda=0,070\ldots0,099$ Вт/(м·К)), але при цьому матеріал характеризується найвищою міцністю (2,5...4,75 МПа).

Характеристики теплоізоляційних матеріалів, отриманих на основі лужних алюмосилікатних композицій оптимального складу

Тип алюмо-силікатної композиції	Тип заповнювача	Кількість заповнювача, мас. %	Розчинотверде відношення	Температура початку спучування	Основні показники зразків				
					$\rho_{\text{ср}}^1$, кг/м ³	λ^2 , Вт/(м·К)	$R_{\text{ст}}^3$, МПа	К.к.я. ⁴	K_p^5
Базова (немодифікована)	С ⁶	25	3/1	300	256	0,054	1,67	25,48	0,78
		5	1,5/1	300	463	0,140	2,61	12,17	0,93
	МВ ⁷	3	2/1	500	234	0,046	0,87	15,89	0,88
		25	3/1	300	487	0,151	2,65	11,17	0,88
	П ⁸	15	1,5/1	300	271	0,059	1,58	21,51	0,98
		35	2/1	300	340	0,086	2,44	21,11	0,86
	СВ ⁹	20	3,5/1	300	297	0,069	2,57	29,13	0,76
		5	1,5/1	300	504	0,159	4,02	15,83	0,80
	СП ¹⁰	15	2/1	300	371	0,099	2,71	19,69	0,85
		10	1,5/1	300	499	0,156	4,75	19,08	0,96
Модифікована сполуками феруму	С	25	3,5/1	300	211	0,039	0,58	13,29	0,76
	МВ	3	2/1	300	220	0,042	0,70	14,58	0,87
	СВ	20	3,5/1	300	326	0,080	1,87	17,65	0,73
	СП	15	2/1	300	359	0,093	1,47	11,48	0,92
	П	15	1,5/1	300	253	0,053	1,81	28,28	0,90
Модифікована сполуками магнію	С	15	2,5/1	600	222	0,042	1,60	32,46	0,85
		15	2/1	300	267	0,058	2,31	32,40	0,92
	МВ	3	1,5/1	300	239	0,048	1,81	25,91	0,97
	СВ	25	4/1	300	327	0,081	3,32	31,07	0,88
	СП	25	3/1	300	337	0,085	3,08	27,12	0,97
	П	15	1,5/1	300	268	0,058	1,87	26,04	0,94
Модифікована сполуками феруму та магнію	С	15	2/1	600	252	0,052	1,07	16,85	0,80
	МВ	3	2/1	300	280	0,063	1,06	13,52	0,92
	СП	20	2,5/1	300	330	0,082	1,29	11,84	0,97
	П	25	2/1	300	305	0,072	1,93	20,75	0,90

Примітки:

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1. Середня густина матеріалу. | 6. Сіопор. |
| 2. Коефіцієнт теплопровідності матеріалу. | 7. Мулітокремнеземисте волокно |
| 3. Границя міцності при стиску сухого зразка. | 8. Поравер |
| 4. Коефіцієнт конструктивної якості матеріалу. | 9. Спучений вермикуліт |
| 5. Коефіцієнт розм'якшення матеріалу. | 10. Спучений перліт |

При введенні до складу алюмосилікатної композиції сполук феруму (суміші в'юститу та магнетиту) отримані матеріали характеризуються найменшою середньою густиною (210...360 кг/м³) і теплопровідністю ($\lambda=0,039...0,093$ Вт/(м·К)) та зниженням температури максимального спучування на 100...200°C. Міцність матеріалу знаходиться в межах 0,4...2 МПа, а коефіцієнт конструктивної якості – 13...18 МПа.

Модифікація алюмосилікатних композицій сполуками магнію (термоактивованим тальком) дозволяє отримувати матеріали з достатньо високою міцністю (1,5...3,5 МПа) в широкому інтервалі температур (300...600°C) та коефіцієнтом конструктивної якості (до 32,5 МПа), при збереженні низьких показників середньої густини (220...340 кг/м³) і теплопровідності ($\lambda=0,042...0,085$ Вт/(м·К)).

Одночасне введення сполук феруму та магнію до складу вихідної композиції не має суттєвих переваг перед вищерозглянутими системами, тому використання кожної добавки окремо є більш доцільним та економічно вигідним.

Встановлено, що відсутня єдина тенденція зміни властивостей матеріалу залежно від розчино-твердого відношення реакційних сумішей та кількості заповнювача, що може пояснюватися різною природою, складом і структурою використаних заповнювачів. Тому при виборі цього параметру доцільно в першу чергу керуватися технологічними властивостями сумішей (легкоукладальністю та зв'язністю). Також необхідно зазначити, що коефіцієнт розм'якшення для всіх зразків дослідженого матеріалу знаходиться в межах 0,7...0,97, що свідчить про достатньо високу водостійкість отриманого матеріалу, навіть при умові використання неводостійких пористих заповнювачів.

Покращення декоративних властивостей розроблених матеріалів може бути здійснено за рахунок використання різних типів кремнеземистого компонента в складі вихідної композиції (трепелу, білої сажі та ін.), що мають білі та світлі кольори. При введенні білої сажі до складу алюмосилікатної композиції декоративні властивості матеріалу найкращі, при цьому також відмічено найменші значення його середньої густини (244кг/м³), в той час як при використанні мікрокремнезему цей показник зростає майже на 5 %, а трепелу – на 16 % (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив різних типів кремнеземистого компонента в складі лужної алюмосилікатної композиції на властивості теплоізоляційних матеріалів, отриманих з використанням в якості заповнювача сіопору (температура випалювання 300°C)

Тип кремнеземистого компонента	Основні показники зразків				
	Середня густина, кг/см ³	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Границя міцності при стиску, МПа	Коефіцієнт конструктивної якості	Коефіцієнт розм'якшення
Трепел	284	0,064	1,16	14,38	0,91
Біла сажа	244	0,050	1,25	20,99	0,71
Мікрокремнезем	256	0,054	1,67	25,48	0,68

Досліджено вплив типу та кількості заповнювачів на можливість отримання на основі алюмосилікатних систем теплоізоляційних матеріалів із покращеними експлуатаційними властивостями, що полягає у зміні характеру пористості та особливостях формування контактної зони «зв'язуюча речовина–заповнювач». Так, застосування в якості заповнювачів спученого перліту та вермикуліту дозволяє виготовляти штучний камінь із високими показниками міцності, які обумовлені

кристалохімічною спорідненістю складів та структур дегідратованих алюмосилікатних композицій та використаних пористих заповнювачів. Такі заповнювачі як сіопор, отриманий на основі силікатних та лужних сполук, та поравер, який складається зі спіненого скла, мають підвищену реакційну здатність до зв'язуючих композицій, що сприяє формуванню двофракційної пористої структури спученого матеріалу. Введення до складу алюмосилікатної композиції мулітокремнеземистого волокна, що відіграє роль мікроармуючого компонента, рівномірно розподіленого по всій структурі спученого шару, сприяє отриманню матеріалу, який характеризується низькою середньою густиною та високою водостійкістю.

Отримані матеріали за показниками середньої густини, теплопровідності, міцності можна ефективно застосовувати для утеплення огорожувальних конструкцій, ізоляції морозильних і теплових установок, трубопроводів і покрівель, для виготовлення опоряджувальних матеріалів із теплозахисними та декоративними властивостями, а також в якості акустичних матеріалів.

В п'ятому розділі наведено результати дослідно-промислового впровадження теплоізоляційних плит розміром 500x500x75 мм на основі модифікованої лужної алюмосилікатної композиції та штучного пористого заповнювача сіопору, які було застосовано для влаштування 200 м² теплоізоляції двоповерхового житлового будинку. Отриманий теплоізоляційний матеріал за показником середньої густини відповідає марці СП 225 (ГОСТ 16381-77) та має наступні характеристики: середня густина 220 кг/м³; міцність на стиск 2,34 МПа; коефіцієнт конструктивної якості 48,35 МПа; коефіцієнт розм'якшення – 0,88; коефіцієнт теплопровідності – 0,042 Вт/(м·К). Фактичний економічний ефект, отриманий при виготовленні та використанні розробленого теплоізоляційного матеріалу становить 1274,96 грн. на 1 м³ готової продукції і досягається як за рахунок значного зниження енерговитрат на його виробництво порівняно з газосклом, так і за рахунок використання відносно недорогих та недефіцитних сировинних матеріалів для отримання лужної алюмосилікатної композиції (табл. 4).

Таблиця 4

Порівняльна характеристика розробленого матеріалу та газоскла

Найменування показника	Найменування матеріалу		
	газоскло*	газоскло ізоляційне	розроблений матеріал (на основі сіопору)
Середня густина, кг/м ³	125-175	150-250	210-250
Теплопровідність, Вт/(м·К)	0,052-0,057	0,06-0,087	0,039-0,052
Міцність при стиску, МПа	0,7-1,2	0,8-2,0	2,3-2,6
Максимальна температура застосування, °С	400-500		700
Горючість	повністю не горючий		повністю не горючий
Токсичність	відсутня		відсутня
Термін використання	необмежений		необмежений

Температура отримання, °C	800-900	300-400
Загальний час термообробки, год	10,05	2,25
Вартість за 1 м ³ , грн	2400*	1125

*Примітка. За даними ТОВ «НВП «Технологія», м. Шостка, Сумської обл.

ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано та експериментально доведено можливість отримання ефективних теплоізоляційних матеріалів на основі лужних алюмосилікатних композицій, модифікованих сполуками феруму та магнію, спучення яких відбувається за рахунок часткової дегідратації рідинного скла та направленого синтезу в складі продуктів випалювання штучних новоутворень, подібних до природних слюд і гідрослюд, що сприяють формуванню шаруватої будови матеріалу на мікрорівні та забезпечують утворення двофракційної пористої структури на макрорівні.
2. Доведено, що модифікація лужної алюмосилікатної композиції сполуками феруму та магнію сприяє підвищенню коефіцієнта спучення в середньому в 1,3...1,8 рази порівняно з немодифікованими композиціями за рахунок направленого синтезу в складі новоутворень аналогів природних гідрослюд, причому тип синтезованої гідрослюди залежить від виду використаної добавки-модифікатора.
3. За допомогою сучасних методів рентгенофазового аналізу та електронної мікроскопії встановлено, що:
 - при модифікації базових композицій сполуками феруму серед продуктів дегідратації переважають зародки лепідомелану – залізистої слюди ряду біотиту, що утворюється з частковою заміною кристалів мусковіту (Na форма);
 - у складі спученої алюмосилікатної композиції, модифікованої магnezіальною добавкою, ідентифіковано, окрім вище зазначених сполук, зародки глауконіту;
 - при введенні до складу алюмосилікатної композиції одночасно сполук магнію та феруму відмічено часткову заміну у складі продуктів дегідратації лепідомелану на флогопіт (магнієву слюду ряду біотитів).
4. Досліджено вплив технологічних параметрів (швидкість перемішування та час попереднього витримування реакційних сумішей, температура випалювання зразків) на процеси спучування та структуроутворення лужних алюмосилікатних композицій і визначено, що:
 - більш інтенсивне перемішування вихідних сумішей (950 об/хв) змінює їхню реакційну здатність у напрямку утворення зародків лужних гідроалюмосилікатних сполук, що підвищує коефіцієнт спучення композицій при випалюванні в інтервалі температур 400...800 °C в середньому в 1,1...1,7 рази порівняно зі звичайним перемішуванням (60-120 об/хв) та сприяє синтезу в складі продуктів дегідратації зародків слюд типу парагоніту та мусковіту;
 - направлене формування зародків гідрослюд у складі реакційних сумішей під час перемішування та витримування реакційних сумішей (до 6 діб) дає змогу регулювати процеси спучування алюмосилікатних композицій (збільшувати

коефіцієнт спучення в 2...2,5 рази) в широкому інтервалі температур випалювання;

- вибір оптимальної температури випалювання композицій залежить від типу вибраної модифікуючої добавки, а саме: використання сполук феруму зміщує максимальне спучування алюмосилікатної композиції в діапазон температур 400...600°C, в той час як найкраще спучування композицій, модифікованих сполуками магнію та комплексною добавкою, відбувається при більш високих температурах випалювання (600...800°C).

5. Встановлено основні закономірності композиційної побудови теплоізоляційних матеріалів із заданими властивостями, що передбачають:

- вибір відповідного виду модифікуючої добавки, що дозволяє регулювати експлуатаційні властивості розроблених матеріалів, причому використання сполук феруму забезпечує отримання матеріалів з найменшою середньою густиною, максимальне спучення яких відбувається при відносно низьких температурах (200...400°C), а введення сполук магнію підвищує міцність і сприяє розширенню інтервалу температур використання отриманих матеріалів;
- застосування певних типів легких заповнювачів, що є кристалохімічно спорідненими до продуктів дегідратації випалених алюмосилікатних композицій;
- вибір розчино-твердого відношення реакційних сумішей, значення якого залежить від типу використаного заповнювача, його кількості та гранулометричного складу і є визначальним для формування заданої мікро- та макроструктури отриманого матеріалу.

6. Розроблено та оптимізовано склади теплоізоляційних матеріалів на основі модифікованих алюмосилікатних композицій та різних типів штучних пористих заповнювачів, що відрізняються наступними характеристиками:

- використання сіопору, мулітокремнеземистого волокна та пораверу дозволяє отримувати матеріали з найменшою середньою густиною $\rho=210...270 \text{ кг/м}^3$ та теплопровідністю $\lambda=0,039...0,059 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ і міцністю в межах 1,0...2,6 МПа;
- такі заповнювачі як спучений перліт та вермикуліт дещо підвищують середню густину матеріалу в діапазоні 300...370 кг/м^3 ($\lambda=0,070...0,099 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$), але при цьому матеріал характеризується найвищою міцністю (2,5...4,75 МПа).

7. Встановлено, що високі теплоізоляційні характеристики матеріалів ($\lambda=0,039...0,099 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$) досягаються за рахунок направленої формування двофракційної пористої структури штучного каменю, яка на мікрорівні забезпечується шляхом направленої синтезу зародків гідролізу шаруватої будови, а на макрорівні – за рахунок використання різних типів штучних пористих заповнювачів, зміни розчино-твердого відношення реакційних сумішей та температури випалювання.

8. Розроблено основи низькоенергоємної, екологічно безпечної технології теплоізоляційних матеріалів з використанням модифікованих алюмосилікатних композицій та штучних пористих заповнювачів, які за своїми характеристиками не поступаються відомим аналогам (газо- та піносклу), але при цьому можуть бути отримані за низькотемпературними режимами випалювання. Запропоновані матеріали ефективно застосовувати для утеплення огорожувальних конструкцій,

ізоляції морозильних і теплових установок, трубопроводів і покрівель, для виготовлення опоряджувальних матеріалів із теплозахисними та декоративними властивостями.

9. В умовах ТОВ «СІОПОР Україна» здійснено промислове впровадження випуску партії теплоізоляційних плит на основі модифікованої алюмосилікатної композиції та сіопору, економічний ефект від застосування яких становить 1274,96 грн. на 1 м³ готової продукції і досягається як за рахунок значного зниження енерговитрат на виробництво розроблених матеріалів порівняно з газосклом, так і за рахунок використання відносно недорогих та недефіцитних сировинних матеріалів.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У ПРАЦЯХ:

1. Особливості структуроутворення лужних алюмосилікатних композицій, модифікованих сполуками магнію та заліза / [Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І., Лучко В.П.] // Науково-технічний збірник «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Рівне, 2011. – Вип. 21. – С. 68-75.
2. Пушкарьова К.К. Легкі теплоізоляційні бетони на основі модифікованих лужних алюмосилікатних композицій / К.К. Пушкарьова, О.А. Гончар, А.І. Борисова // Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка». – Київ: НДІБМВ, 2011. – Вип. 39. – С. 137-140.
3. Пушкарьова К.К. Ефективні теплоізоляційні матеріали на основі лужних алюмосилікатних систем / К.К. Пушкарьова, О.А. Гончар, А.І. Борисова // Збірник наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А.С. Бережного». – Харків, № 110, 2010. – С. 582-586.
4. Особливості спучування лужних алюмосилікатних композицій, модифікованих залізовміщуючими добавками / [Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І., Самченко Д.М.] // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури «Сучасне промислове та цивільне будівництво». – Макіївка, 2010. – Вип. 1 (81). – С. 67-72.
5. Пушкарьова К.К. Особливості спучування алюмосилікатних композицій, модифікованих магнезійними добавками / К.К. Пушкарьова, О.А. Гончар, А.І. Борисова // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво». – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 34. – С. 354-360.
6. Influence of Inorganic Modifiers on Structure, Properties and Durability of Bloating Geocement Compositions: materials International conference [«Alkaline activated materials»], (Praha, June, 2007) / [Pushkarova Ekaterina, Guziy Sergiy, Sukhanevich Marina, Borisova Angelina]. – Praha, 2007. – P. 581-593.
7. Борисова А.І. Дослідження впливу різних типів заповнювачів на основні властивості теплоізоляційних матеріалів, отриманих на основі спучених алюмосилікатних композицій: тези доповідей наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, (Київ, 16-18 листопада 2010 р.) / А.І. Борисова. – Київ: КНУБА, 2010. – С. 16.
8. Исследование влияния добавки Fe_2O_3 на коэффициент вспучивания модифицированных алюмосиликатных композиций в зависимости от

температуры нагрева: материалы 46-го междунар. науч. семинара по моделированию и оптимизации композитов (МОК'46) [«Моделирование в компьютерном материаловедении»] (Одесса, 26-27 апреля 2007 г.) / [Пушкарева Е.К., Гузий С.Г., Суханевич М.В., Борисова А.И.]. – Одесса: Астропринт, 2007. – С. 47-49.

9. Борисова А.І. Особливості процесів спучування алюмосилікатних композицій, модифікованих сполуками магнію: тези доповідей наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, (Київ, 3-5 листопада 2009 р.) / А.І. Борисова, Д.М. Самченко. – Київ: КНУБА, 2009. – С. 73-74.
10. Борисова А.І. Дослідження особливостей процесів спучування в системі « $\text{Na}_2\text{O}-\text{MeO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ »: тези доповідей 70-ї науково-практичної конференції (Київ, 14-17 квітня 2009 р.) / А.І. Борисова, Є.О. Захарченко. – Київ, 2009. – С. 104-105.

АНОТАЦІЯ

Борисова А.І. Теплоізоляційні матеріали на основі модифікованих лужних алюмосилікатних композицій, здатних до спучування. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби. – Київський національний університет будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Київ, 2011.

Дисертаційна робота присвячена питанням розробки ефективних теплоізоляційних матеріалів, отриманих на основі модифікованих лужних алюмосилікатних композицій, здатних до спучування. Показано, що регулювання властивостей даних матеріалів можливе у двох напрямках: перший – оптимізація композиційного складу лужної алюмосилікатної системи шляхом введення модифікуючих добавок на основі сполук феруму та магнію, які сприяють синтезу в складі новоутворень аналогів природних слюд і гідрослюд, що дозволяє підвищити коефіцієнт спучення композицій порівняно з немодифікованими в середньому в 1,3...1,8 рази, розширити інтервал температур спучування та покращити структуру спученого шару отриманих матеріалів; другий – зміна технологічних параметрів отримання розроблених матеріалів (швидкість перемішування та час попереднього витримання вихідних композицій, тип і кількість використаного заповнювача, розчино-тверде відношення реакційних сумішей, температура випалювання зразків), що не тільки дозволяє покращити їх експлуатаційні властивості, а й сприяє синтезу серед продуктів випалювання новоутворень заданого складу.

Сформульовано загальні принципи композиційної побудови розроблених теплоізоляційних матеріалів загальнобудівельного та спеціального призначення, що можуть бути отримані за екологічно безпечною низькоенергоємною технологією (при температурі випалювання 200...600°C) та досліджено їхні експлуатаційні властивості. Запропоновано основи технології виготовлення та здійснено промислове впровадження партії плит на основі розробленого матеріалу.

Ключові слова: лужні алюмосилікатні композиції, коефіцієнт спучення, модифікація, синтез, гідрослюди, теплоізоляційні матеріали.

АННОТАЦИЯ

Борисова А.И. Теплоизоляционные материалы на основе щелочных алюмосиликатных композиций, способных к вспучиванию. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. – Киевский национальный университет строительства и архитектуры Министерства образования и науки, молодёжи и спорта Украины, Киев, 2011.

Диссертационная работа посвящена вопросам разработки эффективных теплоизоляционных материалов, полученных на основе модифицированных щелочных алюмосиликатных композиций, способных вспучиваться за счёт частичной дегидратации жидкого стекла и направленного синтеза в составе продуктов обжига аналогов природных слюд и гидрослюд, которые позволяют расширить интервал температур вспучивания и улучшить структуру вспученного материала. Доказано, что модификация алюмосиликатной композиции соединениями магния и железа способствует повышению её коэффициента вспучивания в диапазоне температур 400...800°C в среднем в 1,3...1,8 раза по сравнению с немодифицированными композициями за счёт направленного синтеза в составе новообразований аналогов природных гидрослюд. Также установлено, что выбор оптимальной температуры обжига композиций зависит от вида модифицирующей добавки, а именно: использование соединений железа смещает максимальное вспучивание алюмосиликатной композиции в диапазон температур 400...600°C, в то время как наибольшее вспучивание композиций, модифицированных соединениями магния и комплексной добавкой, происходит при более высоких температурах обжига (600...800°C).

Показано, что более интенсивное перемешивание реакционных смесей (со скоростью 950 об/мин) повышает коэффициент вспучивания композиций при обжиге в интервале температур 400...800°C в среднем в 1,1...1,7 раза по сравнению с обычным перемешиванием (со скоростью 60...120 об/мин) и способствует синтезу в составе продуктов дегидратации зародышей слюд типа парагонита и мусковита.

Установлено, что введение в состав модифицированных алюмосиликатных композиций пористых заполнителей приводит к снижению температуры обжига образцов по сравнению с базовыми композициями (без заполнителя), при чём оптимальная температура обжига может изменяться в пределах 200...600°C в зависимости от вида модифицирующей добавки и типа использованного заполнителя.

Разработаны принципы композиционного построения теплоизоляционных материалов на основе модифицированных алюмосиликатных композиций и лёгких пористых заполнителей, которые предусматривают выбор технологических параметров получения материала (вид и количество использованного лёгкого заполнителя, водо-твёрдое соотношение реакционных смесей, температура обжига изделий), а также подбор композиционного состава алюмосиликатной системы путём введения модифицирующих добавок, а именно: использование соединений железа для получения материалов с наименьшей средней плотностью и относительно низкой температурой максимального вспучивания (200...400°C), а

соединений магния – для повышения прочности и расширения интервала температур использования полученных материалов. При этом данные материалы отличаются экологически чистой низкоэнергетической технологией получения (при температуре обжига 200...600°C) и характеризуются высокими теплоизоляционными свойствами ($\lambda=0,04...0,06$ Вт/(м·К)) при средней плотности в пределах 200...300 кг/м³ и коэффициенте конструкционного качества до 32 МПа.

В промышленных условиях осуществлён выпуск партии теплоизоляционных плит на основе модифицированной алюмосиликатной композиции и пористого заполнителя сиопора, которые характеризуются маркой СП 225 по средней плотности и прочностью 2,34 МПа. При этом фактический экономический эффект от их использования составляет 1274,96 грн на 1 м³ готовой продукции и достигается как за счёт значительного снижения энергозатрат на производство данного материала по сравнению с газостеклом, так и за счёт использования недорогих и недефицитных сырьевых материалов.

Ключевые слова: щелочная алюмосиликатная композиция, коэффициент вспучивания, модификация, синтез, гидрослюды, теплоизоляционные материалы.

ANNOTATION

Borisova A.I. Thermal insulation materials on the basis of modified alkaline aluminosilicate compositions, which is capable to bloat. – The manuscript.

Dissertation research for obtaining a scientific degree of candidate of technical sciences in speciality 05.23.05 – building materials and articles. – Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science, Youth and Sport of Ukraine, Kyiv, 2011.

Dissertation is devoted to the questions of development of efficient thermal insulation materials derived from alkali aluminosilicate compositions, which is capable to bloat. It is shown that the regulation of the properties of these materials is possible in two directions: first – optimizing composite of alkaline aluminosilicate systems through the introduction of modifying additives on the basis of iron and magnesium, which promote the synthesis in the new growths analogues of natural mica and hydromicas, thus enhancing the rate of bloating compositions in compared with unmodified, on average by 1.3...1.8 times, to extend the temperature range bloating and improve the structure of obtained materials; second – to change the process parameters developed by obtaining materials (mixing speed and time of the preliminary storage source compositions, the type and amount of filler used, water-solid ratio of the reaction mixtures, the baking temperature of samples), which not only improves their performance characteristics, but also promotes the synthesis of products of baking new growths of a given composition. Formulated the general principles of composite construction designed thermal insulation materials, which can be obtained for the environmentally safe and low power consumption technology (baking at 300...600°C) and investigated their performance. Proposed basis technology and the industrial implementation of the party slabs the developed material is carried.

Keywords: the alkaline aluminosilicate composition, coefficient of the bloating, modification, synthesis, hydromicas, thermal insulation materials.