

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Биканов Сергій Миколайович

УДК 666.946

СПЕЦІАЛЬНІ ЦЕМЕНТИ НА ОСНОВІ СПОЛУК СИСТЕМИ

BaO - Al₂O₃ - Fe₂O₃

Спеціальність 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1999

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Харківському державному політехнічному університеті Міністерства освіти України, м. Харків

Науковий керівник: кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Шабанова Галина Миколаївна,
Харківський державний політехнічний університет,
старший науковий співробітник кафедри технології кераміки,
вогнетривів, скла та емалей, м. Харків

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Ілюха Микола Григорович,
Українська інженерно-педагогічна академія
завідуючий кафедрою хімії і хімічної технології, м. Харків

кандидат технічних наук, доцент
Бурак Микола Петрович,
Харківська державна академія міського господарства,
доцент кафедри технології будівельного виробництва і будівельних
матеріалів, м. Харків

Провідна установа: Український державний хіміко-технологічний університет,
кафедра хімічної технології в'язучих матеріалів, Міністерство
освіти України, м. Дніпропетровськ

Захист відбудеться "24" червня 1999 р. о 15 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.03 у Харківському державному політехнічному університеті за адресою: 310002, м. Харків – 2, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного політехнічного університету.

Автореферат розісланий "18" травня 1999 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Сахненко М. Д.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

Атомна енергетика є сьогодні одним з основних джерел отримання енергії в Україні. Експлуатація зараз діючих електростанцій, підвищення їх безпеки вимагає не тільки удосконалення конструкцій реакторів, але й створення нових, більш ефективних матеріалів, які спроможні забезпечити надійний захист від різних видів випромінювання. Це також стосується експериментальних, дослідницьких реакторів, прискорювачей заряджених часток, контейнерів для поховання радіоактивних відходів, інших об'єктів, в яких відбуваються ядерні реакції та виникає значне випромінювання.

Найбільш високу проникаючу спроможність мають гама-випромінювання та нейтрони, для яких потрібно створення спеціального захисту. В більшості випадків захист виконується з бетону на основі портландцементу, в особливих випадках використовуються глиноземний, магнезійний, іноді барійсерпентинитовий. Але зазначені цементи не мають достатньої стабільності експлуатаційних властивостей. Наприклад, портландцемент за умов радіаційного розігрівання матеріалу (200-600 °С) втрачає майже 50-60 % міцності, оскільки в цьому інтервалі температур відбувається дегідратація продуктів тверднення портландцементу. Гідратація глиноземних цементів супроводжується виділенням значної кількості тепла, що призводить до розвинення внутрішніх напруг та виникнення розколин у бетоні. Використання магнезійних цементів призводить до корозії сталевих конструкцій.

Таким чином, цілком актуальною є проблема створення нових в'язучих матеріалів, які ефективно послаблюють гама-випромінювання при одночасній дії високих температур. З цієї точки зору привертає увагу система $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, до складу якої входять як гідралічно активні сполуки, так і елементи з великою атомною вагою (Ba, Fe), що спроможні ефективно послаблювати гама-випромінювання.

Робота виконувалася згідно з Наказом Міністерства Освіти України № 37 від 13 лютого 1997 р. та Наказом ХДПУ № 2 від 25 лютого 1994 р.

Мета та задачі дослідження.

Розробка й отримання спеціальних цементів на основі композицій системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, що включають гідралічно активні фази з високими показниками міцності та коефіцієнтом масового поглинання, для створення радіаційностійких бетонів з високим ступенем захисту від гама-випромінювання при одночасній дії температур до 1300 °С.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

-сформуванню термодинамічну базу даних по алюмінатам і феритам барію, яка необхідна для термодинамічного дослідження твердофазових реакцій в системі $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$,

-провести термодинамічні дослідження взаємних реакцій в системі $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$;

-встановити дослідним шляхом стабільні пари співіснуючих фаз;

-здійснити триангуляцію системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ при температурах передбачуваного синтезу залізовміщуючого алюмобарієвого цементу – 1200 і 1300 °С;

-визначити перспективні області складів в системі $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, які придатні для отримання жаростійких в'язучих матеріалів із комплексом заданих властивостей і розробити нові склади алюмобарієвих залізовміщуючих цементів з високими показниками міцності та високими захисними властивостями;

-дослідити фазовий склад клінкеру та особливості процесу гідратації цементу на основі сполук системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$;

-розробити бетони на основі отриманих цементів і дослідити їх фізико-механічні та технічні властивості;

-надати практичні рекомендації з виробництва та використання розроблених в'язучих та бетонів на їх основі.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Теоретично обґрунтовано та експериментально доведено одержання радіаційностійких алюмобарієвих залізовміщуючих цементів на основі композицій системи $BaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$ із сировинної суміші, яка складається з вуглекислого барію, технічного глинозему і залізовміщуючих речовин при температурі синтезу 1200 - 1300 °С.

2. Проведено термодинамічну оцінку взаємних реакцій в системі $BaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$, розраховано вихідні термодинамічні константи бінарних сполук системи $BaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$, які відсутні в довідковій літературі.

3. Здійснено триангуляцію системи $BaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$ при температурах 1200 та 1300 °С з урахуванням усіх стабільних сполук, виявлено співіснування фаз: $BaAl_{12}O_{19} - Fe_2O_3$, $BaAl_2O_4-BaFe_{12}O_{19}$, $BaAl_2O_4-Ba_2Fe_2O_5$, $BaAl_2O_4-Ba_3Fe_2O_6$, $BaAl_2O_4-Ba_2Fe_6O_{11}$, $Ba_4Al_2O_7-Ba_3Fe_2O_6$, $Ba_8Al_2O_{11}-Ba_3Fe_2O_6$, $Ba_8Al_2O_{11}-Ba_7Fe_4O_{13}$ та надано геометро-топологічну характеристику системи.

4. Виявлено особливості процесів фазоутворення та гідратації залізовміщуючого алюмобарієвого цементу. Встановлено, що основними клінкерними мінералами розробленого цементу є моноалюмінат і ферити барію, а продуктами гідратації розроблених цементів є: на початку тверднення - переважно низькоосновні гідроалюмінати барію $BaH_{0,5}$, BaH , BaH_2 , а в більш пізніші строки тверднення (28 діб) - переважно високоосновні гідроалюмінати барію B_2BaH_5 , BaH_4 і гидроксид алюмінію $Al(OH)_3$ в колоїдному і кристалічному стані, саме їх поєднання сприяє створенню міцної структури цементного каменя.

Практичне значення одержаних результатів

1. Визначено перспективні області складів перерізу $BaAl_2O_4-BaFe_2O_4-Ba_3Fe_2O_6$ системи $BaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$, що придатні для отримання нових барійвміщуючих цементів.
2. Розроблено технологію одержання залізовміщуючого алюмобарієвого цементу (температура випалу 1200-1300 °С, ізотермічна витримка 3 год.) та визначено фізико-механічні та технічні властивості цементу. Встановлено, що одержані матеріали є високоміцними – міцність на стиск досягає 40-70 МПа (28 діб тверднення), швидкоутворюючими – початок від 20 хв., кінець – від 30 хв., швидкоутверднучими – міцність на стиск після 1 доби – до 50 МПа, повітряними в'язучими з низьким водо-цементним відношенням - від 0,16 до 0,30; мають високий ступінь захисту від гама-випромінювання - коефіцієнт масового поглинання до 240-270 cm^{-1} , який у 1,5-2 рази вище, ніж у портландцементу (110 – 140 cm^{-1}).
3. Отримано захисні бетони з високими фізико-механічними та технічними властивостями: міцність на стиск після 28 діб тверднення 44-60 МПа в залежності від заповнювачу; коефіцієнт послаблення гама-квантів 0,57-0,72; порушення міцності в інтервалі температур 20-1000 °С до 15 %.
4. Здійснено випробування бетонів у прискорювачі електронів ЛУ-10 Національного Наукового Центру “Харківський фізико-технічний інститут” і отримано підтвердження щодо можливості їх використання як радіаційностійких матеріалів з високим ступенем захисту від гама-випромінювання при одночасній дії температур до 1300 °С.

5. Розроблено технічні умови і технологічний регламент на виробництво дослідно-промислових партій залізовміщуючого алюмобарієвого цементу в умовах Харківського дослідного цементного заводу.
6. За наслідками проведених досліджень подано заявку до НДЦПЕ на винахід “В’яжуче “ (реєстраційний номер 99010034 від 05.01.1999).

Особистий внесок здобувача

Вперше здійснено триангуляцію системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ з урахуванням усіх фаз, що стабільні при температурах 1200 та 1300 °С , надано геометро-топологічну характеристику системи у повному обсязі. Розраховано термодинамічні константи бінарних сполук, що відсутні у довідковій літературі. Доведено можливість отримання захисних цементів на основі алюмінатів та феритів барію. Досліджено фізико-механічні та технічні властивості одержаних матеріалів. Вивчено процеси фазоутворення та продукти гідратації цементів. Розроблено склади захисних бетонів на основі залізовміщуючого алюмобарієвого цементу.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на: Науково-технічній конференції “Якість вогнетривів - шлях до енергозбереження та ефективності”(м.Харків, 1995р.); Міжнародній науково-технічній конференції “Розвиток технічної хімії в Україні”(м.Харків, 1995р.); Міжнародному конгресі по хімічній технології “CHISA – 96” (м. Прага, 1996 р.); Міжнародній науково-технічній конференції “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я”(м.Харків, 1997р.); Першій міській науково-практичній конференції “Актуальні проблеми сучасної науки у дослідженнях молодих вчених м.Харкова”(м.Харків, 1997р.); Міжнародному симпозиумі з будівельних матеріалів “13.Ibautil” (м.Веймар, 1997р.).

Публікації: за темою дисертації опубліковано 12 робіт: 4 статті та 8 тезисів.

Структура дисертації: дисертація має вступ, 5 розділів основного змісту та додатки; викладена на 202 сторінках машинописного тексту, містить 151 найменувань праць вітчизняних та закордонних авторів. Ілюстрації викладено на 46, таблиці - на 32, і додатки - на 22 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. Обґрунтовано актуальність, наукову і практичну важливість питань, які складають предмет досліджень дисертаційної роботи, сформульовано мету та шляхи її досягнення.

Аналітичний огляд. Розглянуто літературні джерела, в яких доводяться питання щодо матеріалів, які використовуються для створення біологічного захисту. Внаслідок проведеного літературного огляду встановлено, що система $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ викликає інтерес з точки зору отримання нових ефективних матеріалів, спроможних ефективно послаблювати γ -випромінювання при одночасній дії високих температур. Крім того, оскільки необхідні властивості цементу забезпечуються присутністю алюмобарієвих та алюмоферитних фаз, в огляді розглянуто двокомпонентні системи, що входять до складу трикомпонентної системи, а також безпосередньо система $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Аналіз стану питання показав, що загальна будова трикомпонентної системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в літературі відсутня, що викликає великі труднощі для створення нових видів спеціальних цементів на основі алюмінатів та феритів барію. Це визначило напрямок наукових досліджень дисертаційної роботи: по-перше - дослідити будову трикомпонентної систе-

ми $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$; по-друге – розробити нові склади високоефективних барійвміщуючих цементів з стабільними експлуатаційними властивостями.

Характеристика сировини і методи досліджень.

Для проведення експериментальних досліджень використовувалися: вуглекислий барій технічний (ДСТ 2149-75), оксид алюмінію марки “ХЧ” (ТУ 6-09-426-95), оксид заліза (III) (ДСТ 4173-66), технічний глинозем марки Г - ОО (ДСТ 6912-94), пиритні недогарки (ТУ 6-08-385-77).

Реактиви застосовувалися для дослідження системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, для інших експериментів використовувалася технічна сировина.

Дослідження фазового складу продуктів випалу та продуктів гідратації в'язучого здійснювалося за допомогою методів ІЧ - спектроскопії (прилад Specord M-80), диференційно-термічного (дериватограф Q-1500D системи F.Paulik-J.Paulik-L.Erdey), рентгенофазового (Дрон-3М) та петрографічного (поляризаційний мікроскоп NU-2E) аналізів.

Трикомпонентну систему було досліджено з залученням сучасних методів вивчення багатоконпонентних систем – термодинамічного, фізико-хімічного, триангуляційного. Використання означених методик дозволило встановити будову системи, характер та напрямки взаємних реакцій, надати геометро-топологічну характеристику системи. Вихідні термодинамічні константи розраховано за допомогою формул Яцимірського, Істмена, Вуда, Фрейзера, за методом Ландія Н.А., Морачевського А.Г. і Сладкова І.Б., та з використанням методу ізозатом ентальпій утворення.

Фізико-механічні іспити цементу здійснювалися згідно з методикою малих зразків М.І. Стрелкова, а оптимальні склади цементу визначалися згідно з ДСТ: 310.1-96 - 310.4-96.

Технічні властивості матеріалів визначалися за методиками: коефіцієнт послаблення гама-квантів - шляхом вимірювання дози тормозного гама-випромінювання на передній та зворотній сторонах зразків матеріалу; коефіцієнт масового поглинання - шляхом розрахунку за формулою:

$$I = I_0 e^{-\mu \rho X}$$

де I , I_0 – інтенсивність падаючого випромінювання та інтенсивність випромінювання, яке проходить крізь матеріал, що характеризується щільністю ρ та товщиною x ; μ - коефіцієнт масового поглинання.

Математична обробка даних для побудови діаграм “склад-властивість” з метою оптимізації складів цементу здійснювалася з використанням методу симплекс-гратчастого планування експерименту. Температури і склади евтектик перерізів системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ були розраховані за формулами Епштейна-Хоуланда. Всі розрахунки виконано за допомогою ПЕОМ.

Дослідження будови системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Відсутність даних в літературі про будову трикомпонентної системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ викликає труднощі для створення нових видів барійвміщуючих в'язучих матеріалів. Проведенню термодинамічного аналізу передували розрахунки відсутніх у довідниках термодинамічних констант бінарних сполук: стандартної ентальпії утворення з елементів ΔH_{298}^0 , стандартної ентропії S_{298}^0 , залежності теплоємності від температури $C_p=f(T)$, а саме: ΔH_{298}^0 - для $\text{Ba}_4\text{Al}_2\text{O}_7$, $\text{Ba}_5\text{Al}_2\text{O}_8$, $\text{Ba}_7\text{Al}_2\text{O}_{10}$, $\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$, $\text{Ba}_{10}\text{Al}_2\text{O}_{13}$, $\text{Ba}_2\text{Fe}_6\text{O}_{11}$, $\text{Ba}_5\text{Fe}_2\text{O}_8$; S_{298}^0 - для $\text{Ba}_4\text{Al}_2\text{O}_7$, $\text{Ba}_5\text{Al}_2\text{O}_8$, $\text{Ba}_7\text{Al}_2\text{O}_{10}$, $\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$, $\text{Ba}_{10}\text{Al}_2\text{O}_{13}$, $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, $\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6$,

$\text{Ba}_5\text{Fe}_2\text{O}_8$, $\text{Ba}_7\text{Fe}_4\text{O}_{13}$, $\text{Ba}_2\text{Fe}_6\text{O}_{11}$; $C_p=f(T)$ - для $\text{Ba}_4\text{Al}_2\text{O}_7$, $\text{Ba}_5\text{Al}_2\text{O}_8$, $\text{Ba}_7\text{Al}_2\text{O}_{10}$, $\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$, $\text{Ba}_{10}\text{Al}_2\text{O}_{13}$, $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6$, $\text{Ba}_5\text{Fe}_2\text{O}_8$, $\text{Ba}_7\text{Fe}_4\text{O}_{13}$, $\text{Ba}_2\text{Fe}_6\text{O}_{11}$.

Отримані результати дозволили провести термодинамічний аналіз взаємних твердофазових реакцій в системі $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ з метою встановлення стабільних пар співіснуючих фаз. Базуючись на даних термодинамічного аналізу нами було проведено експерименти з метою підтвердження теоретичних розрахунків.

Дослідження системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ здійснювалося при температурах 1200 та 1300 °С, позаяк оксид заліза знижує температуру дисоціації вуглекислого барію, що призведе до утворення більшості феритів барію в обраному температурному інтервалі.

Внаслідок проведених теоретичних та експериментальних досліджень нами встановлено, що в системі $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ при температурах 1200 та 1300 °С співіснують фази: $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$ - Fe_2O_3 , BaAl_2O_4 - $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, BaAl_2O_4 - $\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, BaAl_2O_4 - $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6$, $\text{Ba}_4\text{Al}_2\text{O}_7$ - $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6$, $\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$ - $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6$, $\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$ - $\text{Ba}_7\text{Fe}_4\text{O}_{13}$, BaAl_2O_4 - $\text{Ba}_2\text{Fe}_6\text{O}_{11}$, поряд з відомими в літературі $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$ - $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, BaAl_2O_4 - BaFe_2O_4 , $\text{Ba}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ - $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6$. Співіснування фаз підтверджується рентгенофазовими дослідженнями продуктів випалу. Слід додати, що співіснування фаз $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$ - Fe_2O_3 , BaAl_2O_4 - $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, BaAl_2O_4 - $\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, BaAl_2O_4 - $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6$, BaAl_2O_4 - $\text{Ba}_2\text{Fe}_6\text{O}_{11}$ доведено як теоретичними так і експериментальними дослідженнями, а співіснування фаз $\text{Ba}_4\text{Al}_2\text{O}_7$ - $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6$, $\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$ - $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6$, $\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$ - $\text{Ba}_7\text{Fe}_4\text{O}_{13}$ – тільки теоретичними дослідженнями (термодинамічною оцінкою взаємних реакцій), оскільки ця область системи не є технологічно важливою.

Нами проведено триангуляцію системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ з урахуванням усіх фаз, що стабільні при температурах дослідження.

Встановлено, що при 1200 °С трикомпонентна система $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ розбивається на 12 елементарних трикутників (рис 1), а при 1300 °С – на 11 елементарних трикутників



1	BA	60,07	39,93	-	100	-	-	-	-
2	B ₂ F	65,76	-	34,24	-	-	100	-	-
3	B ₃ F	74,23	-	25,77	-	-	-	100	-
4	BA-BF	51,20	7,99	40,81	20	80	-	-	-
5	BA-BF	52,31	11,98	35,71	30	70	-	-	-
6	BA-BF	53,42	15,97	30,61	40	60	-	-	-
7	BA-BF	54,52	19,97	25,51	50	50	-	-	-
8	BA-B ₂ F	64,62	7,99	27,39	20	-	80	-	-
9	BA-B ₂ F	63,49	15,97	20,54	40	-	60	-	-
10	BA-B ₂ F	62,92	19,96	17,12	50	-	50	-	-
11	BA-B ₃ F	63,61	29,95	6,44	75	-	-	25	-
12	BA-B ₃ F	67,15	19,97	12,88	50	-	-	50	-
13	BA-B ₃ F	70,69	9,98	19,33	25	-	-	75	-
14	BA-BF ₆	23,00	8,00	69,00	20	-	-	-	80
15	BA-BF ₆	32,40	15,97	51,73	40	-	-	-	60
16	BA-BF-B ₂ F	55,09	15,97	28,93	40	50	10	-	-
17	BA-BF-B ₃ F	55,94	15,97	28,09	40	50	-	10	-
18	BA-B ₂ F-B ₃ F	64,33	15,97	19,70	40	-	50	10	-

Таблиця 2.

Фізико-механічні та технічні властивості синтезованих цементів

N	Композиції системи	Твип., °С	В/Ц	Термін ту- жавіння, г. - хв.		Границя міцності на стиск, МПа				μ, см ⁻¹
				Поча- ток	Кі- нець	1 до- ба	3 до- би	7 діб	28 діб	
1	BA	1550	0,17	0-38	0-55	35,8	56,3	60,6	58,2	206
2	B ₂ F	1300	0,14	1-57	3-20	7,68	10,2	20,5	25,6	291
3	B ₃ F	1200	0,45	-	-	20,5	10,4	6,4	6,4	299
4	BA-BF	1450	0,16	0-21	0-28	20,4	28,3	30,7	36,2	262
5	BA-BF	1450	0,16	0-35	0-45	51,2	51,2	51,25	62,5	255
6	BA-BF	1450	0,16	0-45	0-55	51,2	51,2	3,8	68,0	248
7	BA-BF	1460	0,16	0-50	1-05	51,2	64,5	70,0	75,64	241
8	BA-B ₂ F	1170	0,21	0-40	0-52	30,0	30,4	38,4	0,2	274
9	BA-B ₂ F	1250	0,22	0-26	1-00	35,0	35,4	38,4	42,65	257
10	BA-B ₂ F	1300	0,22	0-23	0-30	45,0	45,0	51,2	8,210,	249
11	BA-B ₃ F	1320	0,30	-	-	20,3	20,3	19,8	3	230
12	BA-B ₃ F	1220	0,32	-	-	17,9	15,4	12,8	10,1	253
13	BA-B ₃ F	1120	0,18	-	-	10,3	10,1	7,7	5,12	276
14	BA-BF ₆	1220	0,12	0-25	0-50	11,6	15,4	40,0	40,3	236
15	BA-BF ₆	1250	0,14	0-38	1-10	20,4	58,6	72,8	71,9	229
16	BA-BF-B ₂ F	1220	0,28	0-55	1-05	20,4	23,1	40,9	42,3	249

17	BA-BF-B ₃ F	1220	0,26	-	-	20,4	28,1	30,7	30,4	250
18	BA-B ₂ F-B ₃ F	1200	0,22	-	-	20,4	17,9	16,2	15,3	258

стиск після 28 діб тверднення - до 75 МПа), швидкотужавіючими (початок тужавіння 20 – 1 год. 57 хв., кінець 28 хв.-3 год. 20 хв.), швидкотверднучими (міцність на стиск після 1 доби тверднення – 50 МПа), повітряними в'язучими з водо-цементним відношенням 0,12-0,30, мають високий коефіцієнт масового поглинання гама-випромінювання 206 - 299 см⁻¹.

Склади № 3, 11, 12, 13, 17, 18, які вміщують фазу Ва₃Fe₂O₆, характеризуються миттєвим тужавінням з великим теплоутворенням, що є, на наш погляд, причиною низької міцності цементів вказаних складів. Одержані результати свідчать про те, що придатними для виготовлення радіаційностійких цементів, на нашу думку, є склади № 4-10 та 16, тому що вони поєднують високу механічну міцність (40 – 70 МПа) і високий коефіцієнт масового поглинання гама-випромінювання (240-270 см⁻¹). Оптимальним складом цементу, який поєднує велику міцність (68,0 МПа) і високий коефіцієнт масового поглинання гама-випромінювання (248 см⁻¹), є композиція № 6.

З залученням сучасних методів фізико-хімічного аналізу було досліджено фазовий склад клінкеру оптимальної композиції. Встановлено, що основними фазами залізовміщуючого алюмобарієвого цементу є моноалюмінат і моноферит барію.

Внаслідок проведення комплексу фізико-хімічних досліджень встановлено, що основними продуктами гідратації залізовміщуючого алюмобарієвого цементу є гідроалюмінати барію та гідроксиди алюмінію в кристалічному та колоїдному стані, саме таке поєднання фаз забезпечує високу міцність цементного каменя.

Вивчення змінювання складу новоутворень, яке відбувається за час тверднення цементу, показало, що міцність на початку тверднення (6, 12 год., 1, 3 доби) зумовлюється переважно за рахунок присутності низькоосновних гідроалюмінатів барію ВАН_{0,5}, ВАН, ВАН₂, а в більш пізніші строки тверднення (7 та 28 діб) – в основному за рахунок збільшення доли високоосновних гідроалюмінатів барію ВАН₄, В₂АН₅.

Застосування цементу для виготовлення бетонів.

За допомогою математичного методу планування експерименту визначено кількісне співвідношення суміжних фракцій заповнювачу. За наслідками експериментів було розраховано коефіцієнти поліномів, які відображають залежність міцності та пористості від гранулометричного складу заповнювачу. Для дослідження властивостей бетону всі зразки були виготовлені на основі цементу оптимального складу. Результати досліджень свідчать про те, що для отримання бетону високої міцності, щільності та однорідності, які забезпечують експлуатаційну надійність одержаних матеріалів, необхідно використовувати трифракційну суміш заповнювачу складу, мас.% :

фракції 1,25 - 0,63 мм	-	20 - 40;
0,63 - 0,315 мм	-	10 - 30;
0,315- 0,15 мм	-	30 - 70.

Як заповнювач використовувався синтезований моноферит барію, природний барит або серпентинит. Досліджено вплив методів формування на механічну міцність бетонів. Виявлено, що кращим є метод пресування, але його можливо використовувати тільки для виготовлення штучних виробів, в інших випадках слід застосовувати метод віброукладення.

Вивчено вплив співвідношення цемент : заповнювач на міцність та пористість бетонів, оптимальним співвідношенням, яке поєднує необхідну механічну міцність і забезпечує еко-

номію цементу, є співвідношення 1:4. Виявлено, що найбільші показники міцності мають бетони із моноферитом барію, міцність на стиск після 28 діб тверднення – до 61,0 МПа. Найбільшу об'ємну масу мають бетони із баритом - 4540 кг/м³ та моноферитом барію - 4680 кг/м³. Найбільш ефективним заповнювачем є моноферит барію і барит, що пояснюється спорідненням матричного складу цементу і заповнювачу.

Вивчено вплив підвищених температур на міцність бетонів. Встановлено, що ступінь порушення міцності бетонів в інтервалі температур 20-1000 °С не перебільшує 15 %, а для бетонів на основі портландцементу цей показник коливається в межах 50-60 %.

В умовах Національного Наукового Центру “ Харківський фізико-технічний інститут” здійснено радіаційні іспити бетонів з різними заповнювачами в прискорювачі електронів ЛУ-10. Визначено, що коефіцієнт послаблення потоку гама-квантів з енергією 9,0 МеВ був найбільшим для бетону із заповнювачем моноферитом барію – 0,72. Розраховано лінійний коефіцієнт послаблення гама-випромінювання для розроблених бетонів. Виявлено, що для всього діапазону енергій (0,5 – 10 МеВ) значення коефіцієнтів послаблення одержаних бетонів вище ніж для звичайного бетону.

Таким чином, бетони на основі залізозміщуючого алюмобарієвого цементу характеризуються високим коефіцієнтом послаблення гама-квантів, є радіаційностійкими та можуть бути рекомендовані для захисту об'єктів та установок атомної енергетики.

За наслідками проведених досліджень подано до НДЦПЕ заявку на винахід “В’яжуче” (реєстраційний номер 99010034 від 05.01.1999).

ВИСНОВКИ

1. Вперше розроблено фізико-хімічні основи отримання високоміцного залізозміщуючого алюмобарієвого цементу із сировинної суміші, яка складається з технічного глинозему, пиритних недогарків, вуглекислого барію. Отримані цементы характеризуються високими показниками міцності - 40-70 МПа після 28 діб тверднення, є швидкоотжуваними – початок отжування від 20 хв., кінець – від 30 хв.; швидкоотвердними – міцність на стиск після 1 доби тверднення - до 50 МПа; повітряними в’яжучими з водо-цементним відношенням 0,16-0,30; з високими захисними властивостями проти радіаційного випромінювання (коефіцієнт масового поглинання гама-випромінювання 240-270 см⁻¹, який у 1,5 - 2 рази вище, ніж у портландцементу (110-140 см⁻¹)) при одночасній дії підвищених температур (до 1300 °С), що дозволяє використовувати його як радіаційностійкий матеріал.

2. Вперше розраховано вихідні термодинамічні константи (ΔH_{298}^0 , S_{298}^0 , $C_p=f(T)$) бінарних сполук системи ВаО-Al₂O₃-Fe₂O₃: ΔH_{298}^0 - для Ва₄Al₂O₇, Ва₅Al₂O₈, Ва₇Al₂O₁₀, Ва₈Al₂O₁₁, Ва₁₀Al₂O₁₃, Ва₂Fe₆O₁₁, Ва₅Fe₂O₈; S_{298}^0 - для Ва₄Al₂O₇, Ва₅Al₂O₈, Ва₇Al₂O₁₀, Ва₈Al₂O₁₁, Ва₁₀Al₂O₁₃, ВаFe₁₂O₁₉, Ва₂Fe₂O₅, Ва₃Fe₂O₆, Ва₅Fe₂O₈, Ва₇Fe₄O₁₃, Ва₂Fe₆O₁₁; $C_p=f(T)$ - для Ва₄Al₂O₇, Ва₅Al₂O₈, Ва₇Al₂O₁₀, Ва₈Al₂O₁₁, Ва₁₀Al₂O₁₃, ВаFe₁₂O₁₉, Ва₃Fe₂O₆, Ва₅Fe₂O₈, Ва₇Fe₄O₁₃, Ва₂Fe₆O₁₁.

3. Вперше проведено триангуляцію системи ВаО-Al₂O₃-Fe₂O₃ при температурах 1200 і 1300 °С з урахуванням фаз, що стабільні при вказаних температурах, а також теоретично встановлено та експериментально доведено співіснування фаз: ВаAl₁₂O₁₉ - Fe₂O₃, ВаAl₂O₄ - ВаFe₁₂O₁₉, ВаAl₂O₄ - Ва₂Fe₂O₅, ВаAl₂O₄ - Ва₂Fe₆O₁₁, ВаAl₂O₄-Ва₃Fe₂O₆, Ва₄Al₂O₇ - Ва₃Fe₂O₆, Ва₈Al₂O₁₁ - Ва₃Fe₂O₆, Ва₈Al₂O₁₁ - Ва₇Fe₄O₁₃. Надано геометро-топологічну характеристику фаз системи. Встановлено, що при 1200 °С система розбивається на 12, а при 1300 °С - на 11 елементарних трикутників, які значно відрізняються між собою за геометричними характеристиками.

4. Побудовано симплекс-діаграму залежності міцності та коефіцієнту масового поглинання від складу для перерізу BaAl_2O_4 - BaFe_2O_4 - $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6$ системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, що дозволило оптимізувати склади залізовміщуючих алюмобарієвих цементів.

5. Встановлено особливості процесів фазоутворення. Виявлено, що твердофазові реакції починають здійснюватися з помітною швидкістю при температурі 900°C і повністю закінчуються при температурі 1200°C . Кінцевими продуктами синтезу є BaAl_2O_4 , BaFe_2O_4 , $\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$.

6. Розглянуто фізико-хімічні аспекти тверднення отриманого цементу. Встановлено, що основними продуктами гідратації цементу є гідроалюмінати барію різної основності та гідроксид алюмінію в колоїдному та кристалічному стані; саме їх поєднання забезпечує високу механічну міцність цементного каменя.

7. Розроблено нові склади жаростійких бетонів з високим ступенем захисту від гамма-випромінювання з використанням як синтезованих (моноферит барію), так і природних (барит, серпентинит) заповнювачів, які характеризуються високою міцністю - 44-60 МПа після 28 діб тверднення, коефіцієнтом послаблення гамма-квантів - 0,57-0,72, низьким порушенням міцності – до 15 % в інтервалі температур 20-1000 $^\circ\text{C}$.

8. Здійснено випробування розроблених бетонів у прискорювачі електронів ЛУ-10 Національного Наукового Центру “Харківський фізико-технічний інститут” і отримано підтвердження щодо можливості їх використання як радіаційностійких матеріалів з високим ступенем захисту проти одночасної дії гамма-випромінювання і температур до 1300°C .

9. Розроблено технічні умови і технологічний регламент на виробництво дослідно-промислових партій залізовміщуючого алюмобарієвого цементу в умовах Харківського дослідного цементного заводу.

Основні матеріали дисертації опубліковані в таких роботах.

1. С.Н. Быканов, Г.Н. Шабанова, И.В.Гуренко, З.И.Ткачева. Термодинамическая оценка образования ферритов бария. // Сб. науч. тр. Харьк. гос. политехн. ун-та. - Харьков. - 1998. - Вып.6., ч.3. - С.35-40.

Автором досліджено реакції утворення феритів барію за допомогою методів термодинаміки.

2. С.Н.Быканов, Г.Н.Шабанова, И.В.Гуренко, Н.В. Казмина. Исследование продуктов твердения специальных цементов. // Вестн. Харьк. гос. политехн. ун-та. – Харьков - 1998. - Вып.18. - С.52-55.

Автором досліджено процеси гідратації залізовміщуючого алюмобарієвого цементу.

3. С.Н.Быканов, Г.Н.Шабанова, Н.В. Казмина. Термодинамические свойства некоторых соединений системы $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3$. // Вестн. Харьк. гос. политехн. ун-та. – Харьков - 1999. - Вып.26.- С.33-36.

Автором розраховано відсутні в літературі термодинамічні константи алюмінітів барію.

4. С.Н.Быканов, Г.Н.Шабанова, И.В. Гуренко. Исследование строения сечения $\text{BaO-BaFe}_2\text{O}_4\text{-BaSiO}_3$ системы $\text{BaO-Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. // Вестн. Харьк. гос. политехн. ун-та. – Харьков - 1999. - Вып.28. - С.56-58.

Автором за допомогою термодинамічних розрахунків і дослідним шляхом досліджено будову перерізу $\text{BaO-BaFe}_2\text{O}_4\text{-BaSiO}_3$, розраховано температури і склади евтектик.

5. С.Н.Быканов, Г.Н.Шабанова, Ю.М.Мельник, Я.Н.Питак. Жаростойкие цементы на основе алюминатов и ферритов бария. // Сб. науч. тр. Укр. гос. науч.-иссл. ин-та. огнеупоров. - Харьков - 1995. - С.141-143.

Автором надано теоретичні основи отримання жаростійких цементів в перетинах $\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5\text{-BaAl}_2\text{O}_4$, $\text{BaFe}_2\text{O}_4\text{-BaAl}_2\text{O}_4$, наведено властивості розроблених матеріалів.

6. С.Н.Быканов, А.С.Бережной, Г.Н.Шабанова, Я.Н.Питак. Термоди-намический анализ реакций в системе $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ с применением ЭВМ. // Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. "Компьютер: наука, техника, технология, образование, здоровье". – Харьков. - 1994. – ч.2. - С.73.

Автором досліджено за допомогою методів термодинаміки взаємні реакції в системі $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

7. Быканов С.Н., Бережной А.С., Шабанова Г.Н., Питак Я.Н. Применение ЭВМ для характеристики фаз системы $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$. // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. "Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье". – Харьков. - 1995. – ч.2. - С.48.

Автором наведено деякі рівняння, за допомогою яких створено базу даних для елементарних трикутників системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

8. Быканов С.Н., Шабанова Г.Н., Мельник М.Т., Гуренко И.В. Специальные цементы на основе ферритов бария. // Тез. докл. Междунар. конф. "Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций". - Белгород - 1995. - ч.1 - С.96-97.

Автором доведено можливість використання феритів барію для отримання спеціальних цементів.

9. Быканов С.Н., Шабанова Г.Н., Бережной А.С., Гуренко И.В. Новые вяжущие материалы специального назначения. // Тез. Міжнар. науково-техн. конф. "Розвиток технічної хімії в Україні". Вип.2 - Харків - 1995. - С.10.

Автором наведено склади матеріалів спеціального призначення.

10. Быканов С.Н., Г.Н.Шабанова, А.С.Бережной, Я.Н.Питак. Теоретические основы получения вяжущих материалов в области $\text{BaO-BaAl}_2\text{O}_4\text{-BaFe}_2\text{O}_4$ системы $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$. // Тез. докл. Всерос. совещ. "Наука и технология силикатных материалов в современных условиях рыночной экономики". - М. - 1995. - С.53-54.

Автором виявлено співіснування фаз в обраній області системи, здійснено триангуляцію вказаної області.

11. С.Н.Быканов, Г.Н.Шабанова, И.В.Гуренко, Я.Н.Питак Оценка поверхностей ликвидуса бинарных эвтектических систем с участием ферритов бария. // Тр. Междунар. науч.-техн. конф. "Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье".-Харьков. - 1997. - С. 167-171.

Автором досліджено поверхню ліквідусу в бінарних перетинах системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ і $\text{BaO-SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

12. S.Bykanov, G.Shabanova, G.Lisachuk, Y.Melnick Special cements on the base of $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ system compositions. // Werk 13. Internationale Baustofftagung "ibausil". – Weimar (Deutschland). - 1997. - В.2. - S. 109 - 118. Автором досліджено субсолідусну будову системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, здійснено триангуляцію системи з урахуванням усіх присутніх фаз, показано можливість синтезу цементів.

АНОТАЦІЇ

Быканов С.М. - Спеціальні цементы на основі сполук системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів, Харківський державний політехнічний університет, Харків, 1999 р.

Дисертація присвячена питанням розробки та отримання на основі сполук системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ спеціальних цементів і бетонів, які можуть бути використані як захисні матеріали проти дії гама-випромінювання при температурах до 1300°C . Одержанню спеціальних цементів передувало теоретичне дослідження трикомпонентної системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Здійснено триангуляцію системи в області передбачуваних температур синтезу цементу – 1200 і 1300°C . Базуючись на проведених теоретичних дослідженнях отримано високоміцні захисні цементы ($R_{\text{ст.}}$ до 70 МПа) з високим ступенем захисту від гама-випромінювання (μ до 270 см^{-1}). Бетони на основі отриманих цементів з різними заповнювачами характеризуються високим ступенем захисту від гама-випромінювання, високою міцністю (до 60 МПа), низьким порушенням міцності в інтервалі температур $20\text{-}1000^\circ\text{C}$ (до 15%), і можуть застосовуватися як радіаційностійкі матеріали при температурах служби до 1300°C .

Ключові слова: трикомпонентна система, триангуляція, цемент, гама-випромінювання, заповнювач, бетон.

Bykanov S.N. Special cements on the base of $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ system compounds. – Manuscript.

The thesis for a candidate's degree of technical science is submitted; speciality 05.17.11 – technology of hard-melting nonmetallic materials, Kharkov State Polytechnical University, Kharkov, 1999.

A thesis is devoted to developing topics and the special cements and concretes obtaining on the base of $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ system compounds that enables to use its as the protective materials from the simultaneous influence of γ -radiations and temperatures to 1300°C .

The theoretical investigation of $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ternary system structure was followed by the special cements obtaining. At the supposed cements synthesis temperatures 1200 and 1300°C the system triangulation has been completed. Having carried out the theoretical investigations the protective high-strength cements (compressive strength at the age 28 days of hardening – 70 МПа) with high degree of protection from γ -radiation ($\mu - 270 \text{ см}^{-1}$) have been obtained. The concretes on the base of cements obtained with the different fillers are characterized by high degree of protection from γ -radiation; high compressive strength (60 МПа); low strength loss in temperature range $20 - 1000^\circ\text{C}$ (to 15%). They can be used as the radiation-resistant materials with the service temperature to 1300°C .

Key words: ternary system, triangulation, cement, γ -radiation, filler, concrete.

Быканов С.Н. Специальные цементы на основе соединений системы $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – технология тугоплавких неметаллических материалов, Харьковский государственный политехнический университет, Харьков, 1999 г.

Диссертация посвящена вопросам разработки и получения на основе композиций системы $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ специальных цементов и бетонов, которые могут быть использованы в качестве защитных материалов при одновременном воздействии гамма-излучения и температур до 1300°C . Получению специальных цементов предшествовало теоретическое исследование строения трехкомпонентной системы $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, поскольку отсутствие в литературе полного строения системы вызывает трудности для синтеза алюмобариевых железосодержащих цементов. Рассчитаны отсутствующие в справочной литературе термодинамические константы бинарных соединений: стандартная теплота образования из элементов

ΔH^0_{298} , стандартная энтропия S^0_{298} , зависимость теплоемкости от температуры: ΔH^0_{298} – для $Ba_4Al_2O_7$, $Ba_5Al_2O_8$, $Ba_7Al_2O_{10}$, $Ba_8Al_2O_{11}$, $Ba_{10}Al_2O_{13}$, $Ba_2Fe_6O_{11}$, $Ba_5Fe_2O_8$; S^0_{298} – для $Ba_4Al_2O_7$, $Ba_5Al_2O_8$, $Ba_7Al_2O_{10}$, $Ba_8Al_2O_{11}$, $Ba_{10}Al_2O_{13}$, $BaFe_{12}O_{19}$, $Ba_2Fe_2O_5$, $Ba_3Fe_2O_6$, $Ba_5Fe_2O_8$, $Ba_7Fe_4O_{13}$, $Ba_2Fe_6O_{11}$; $Cp=f(T)$ – для $Ba_4Al_2O_7$, $Ba_5Al_2O_8$, $Ba_7Al_2O_{10}$, $Ba_8Al_2O_{11}$, $Ba_{10}Al_2O_{13}$, $BaFe_{12}O_{19}$, $Ba_3Fe_2O_6$, $Ba_5Fe_2O_8$, $Ba_7Fe_4O_{13}$, $Ba_2Fe_6O_{11}$. Полученные результаты позволили провести термодинамический анализ взаимных твердофазовых реакций в системе $BaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$ с целью установления пар сосуществующих фаз. Основываясь на результатах термодинамического анализа проведены эксперименты с целью подтверждения теоретических расчетов. На основании полученных результатов проведена триангуляция системы $BaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$ в области предполагаемого синтеза цементов – 1200 и 1300 °С с учетом всех фаз, стабильных при данных температурах. Теоретически и экспериментально установлено сосуществование следующих фаз: $BaAl_{12}O_{19} - Fe_2O_3$, $BaAl_2O_4 - BaFe_{12}O_{19}$, $BaAl_2O_4 - Ba_2Fe_2O_5$, $BaAl_2O_4 - Ba_2Fe_6O_{11}$, $BaAl_2O_4 - Ba_3Fe_2O_6$, $Ba_4Al_2O_7 - Ba_3Fe_2O_6$, $Ba_8Al_2O_{11} - Ba_3Fe_2O_6$, $Ba_8Al_2O_{11} - Ba_7Fe_4O_{13}$ в системе $BaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$ и дана геометро-топологическая характеристика фаз системы. Установлено, что при 1200 °С система разбивается на 12 элементарных треугольников, а при 1300 °С – на 11 элементарных треугольников, значительно различающихся по геометрическим характеристикам. Основываясь на проведенных теоретических и экспериментальных исследованиях выбрана область $BaAl_2O_4-BaFe_2O_4-Ba_3Fe_2O_6$ системы, которая является перспективной для получения вяжущих материалов специального назначения. В этой области рассчитаны температуры и состав эвтектик, что позволило определить температуру службы цементов (до 1300 °С), а построенные с применением метода математического моделирования диаграммы “состав-прочность” и “состав-коэффициент массового поглощения” позволили определить область оптимальных композиций защитных цементов. Исследованы процессы фазообразования железосодержащего алюмобариевого цемента и установлено, что твердофазовые реакции начинают протекать с заметной скоростью при температуре 900 °С и полностью заканчиваются при 1200 °С, конечными продуктами синтеза являются $BaAl_2O_4$, $BaFe_2O_4$, $Ba_2Fe_2O_5$. Проведены физико-механические и технические исследования полученных цементов и установлено, что они являются высокопрочными – прочность на сжатие к 28 сут. твердения 40-70 МПа, быстросхватывающимися – начало схватывания - от 20 мин., конец - от 30 мин., быстротвердеющими – прочность на сжатие через 1 сут. твердения – до 50 МПа, воздушными вяжущими с низким водо-цементным отношением – от 0,16 до 0,30, и характеризуются высоким коэффициентом массового поглощения $\mu=240-270 \text{ см}^{-1}$. Исследованы процессы гидратации железосодержащего алюмобариевого цемента и установлено, что основными продуктами гидратации являются гидроалюминаты бария различной основности и гидроксид алюминия в коллоидном и кристаллическом состоянии, причем в начальные сроки твердения характерно присутствие низкоосновных гидроалюминатов бария $ВАН_{0,5}$, $ВАН$, $ВАН_2$, а в более поздние – 7 и 28 сут. – преимущественно высокоосновных гидроалюминатов бария $В_2АН_5$, $ВАН_4$.

На основе разработанных цементов получены жаростойкие бетоны с использованием как синтезированных (моноферрит бария), так и природных (барит, серпентинит) заполнителей, характеризующиеся высокой прочностью 44-60 МПа (к 28 сут. твердения), коэффициентом ослабления гамма-квантов 0,57-0,72, низкой степенью разупрочнения – до 15 % в интервале температур 20-1000 °С.

Проведены предварительные испытания бетонов в ускорителе электронов ЛУ-10 Национального Научного Центра “Харьковский физико-технический институт” и получено подтверждение о возможности их использования в качестве радиационностойких материалов с высокой степенью защиты от гамма-излучения при воздействии температур до 1300 °С.

Ключевые слова: трехкомпонентная система, триангуляция, цемент, гамма-излучение, наполнитель, бетон.

Автор висловлює щиро подяку за цінні поради та допомогу, які було надано під час роботи над дисертацією, к.т.н., доц. кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Харківського державного політехнічного університету Пітаку Ярославу Миколайовичу.