

УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Иващенко Марина Юрьевна

УДК 666.946

ЦЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИЙ СИСТЕМЫ $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Ворожбян Михаил Иванович,
доктор технических наук, профессор

Харьков – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛ 1	
ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	
1.1 Субсолидусное строение системы BaO – Al ₂ O ₃	12
1.2 Субсолидусное строение системы BaO – Fe ₂ O ₃	19
1.3 Субсолидусное строение системы Fe ₂ O ₃ – Al ₂ O ₃	26
1.4 Субсолидусное строение системы BaO – Al ₂ O ₃ – Fe ₂ O ₃	31
1.5 Материалы, защищающие от электромагнитного излучения	34
1.6 Цель и задачи исследований.....	38
РАЗДЕЛ 2	
СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1 Сырьевые материалы.....	40
2.2 Методы исследования.....	45
РАЗДЕЛ 3	
ИССЛЕДОВАНИЯ СТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ BaO – Al ₂ O ₃ – Fe ₂ O ₃	
3.1 Термодинамический анализ твердофазных реакций в системе BaO – Al ₂ O ₃ – Fe ₂ O ₃	51
3.2 Теоретические и экспериментальные исследования возможности существования тройных соединений в системе BaO – Al ₂ O ₃ – Fe ₂ O ₃	65
3.3 Геометро-топологическая характеристика фаз системы BaO – Al ₂ O ₃ – Fe ₂ O ₃	72
3.4 Оценка температур и составов эвтектик в бинарных и тройных псевдосечениях системы BaO – Al ₂ O ₃ – Fe ₂ O ₃	76
3.5 Выводы по разделу.....	80
РАЗДЕЛ 4	
СИНТЕЗ БАРИЙСОДЕРЖАЩИХ ЦЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ	

КОМПОЗИЦИЙ СИСТЕМЫ BaO – Al ₂ O ₃ – Fe ₂ O ₃	
4.1 Оптимизация составов барийсодержащих цементов.....	81
4.2 Исследование процессов фазообразования специальных цементов на основе гексаферрита и моноалюмината бария.....	88
4.3 Исследование продуктов твердения барийсодержащих цементов и процессов гидратации.....	101
4.4 Выводы по разделу.....	110
РАЗДЕЛ 5	
АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОГО БАРИЙСОДЕРЖАЩЕГО ЦЕМЕНТА И БЕТОНА НА ЕГО ОСНОВЕ	
5.1 Физико-технические свойства разработанного барийсодержащего цемента.....	112
5.2 Гексаферрит бария как наполнитель при производстве защитных бетонов.....	115
5.3 Получение защитных бетонов на основе разработанного барийсодержащего цемента.....	118
5.4 Исследование защитных свойств барийсодержащего цемента и бетона на его основе.....	124
5.5 Оценка экономической эффективности производства барийсодержащего цемента.....	129
5.6 Выводы по разделу.....	132
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	134
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	137
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	153

ВВЕДЕНИЕ

Развитие различных отраслей промышленности требуют создания новых эффективных вяжущих материалов полифункционального назначения с комплексом заданных свойств широкого спектра, а именно высокие прочностные характеристики, стойкость к воздействию агрессивных сред, стойкость к воздействию различных видов излучений, повышенные ферромагнитные характеристики и т.д. Возрастающие требования, предъявляемые к различным защитным материалам, требуют разработки новых композиционных материалов специального назначения, обладающих комплексом физико-технических и физико-механических характеристик. С этой точки зрения представляет интерес трехкомпонентная система $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$, включающая в себя соединения, обладающие гидравлической активностью, а также соединения, которые обеспечивают вяжущим материалам защитные свойства.

Поскольку в литературе нами не обнаружено достаточной информации о субсолидном строении системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$, что является необходимым при разработке ферромагнитных вяжущих материалов, поэтому целесообразно проведение теоретических и экспериментальных исследований строения данной системы в области субсолидуса и разработка специальных вяжущих материалов на основе её композиций.

Получение термодинамической базы данных даст возможность теоретически установить возможность создания на основе композиций системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ материалов с заданными физико-механическими и защитными свойствами, а наличие информации о субсолидном строении системы позволит регулировать свойства материалов, варьируя состав комбинации фаз.

Получение ферромагнитных вяжущих материалов основано на целенаправленном синтезе трехкомпонентных смесей заданного химического

и фазового состава, которые и определяют их ферромагнитные свойства и область применения.

Актуальность работы. В связи с вышеуказанным, актуальной является задача создания новых эффективных цементов специального назначения с комплексом заданных эксплуатационных свойств на основе композиций системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Диссертационная работа выполнялась на кафедре охраны труда и окружающей среды Украинского государственного университета железнодорожного транспорта в рамках фундаментальных исследований в соответствии с планами МОН Украины «Физико-химические основы создания самотвердеющего композиционного материала полифункционального назначения для защиты от электромагнитного излучения, электростатических полей, радиоактивных излучений, персонала и объектов железнодорожного транспорта» (ГР № 0111U002239), где соискатель являлся исполнителем отдельных этапов.

Целью данной работы является создание новых эффективных строительных материалов с защитными свойствами от электромагнитного излучения на основе композиций системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Сформировать термодинамическую базу данных для соединений системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ и произвести термодинамическую оценку твердофазных реакций в системе.

2. Исследовать субсолидусное строение системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ методом триангуляции и дать ее геометро-топологическую характеристику.

3. Определить в системе $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ области составов наиболее перспективных для получения специальных вяжущих с комплексом заданных эксплуатационных характеристик.

4. Выявить закономерности процессов фазообразования и определить продукты гидратации разработанного специального барийсодержащего цемента.

5. Разработать составы защитных бетонов на основе синтезированного цемента и определить их физико-механические и технические свойства.

Объект исследования – особенности процессов фазообразования вяжущих защитных композиций от электромагнитного излучения.

Предмет исследования – барийсодержащие вяжущие материалы для защиты от электромагнитного излучения на основе композиций системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Методы исследования. Для решения поставленных задач применялся комплекс современных методов исследований. Для установления направленности протекания твердофазных реакций в системе $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ применялись фундаментальные законы равновесной термодинамики и термодинамические методы анализа твердофазных химических реакций. Статистическая обработка экспериментальных данных и термодинамических расчетов выполнялись с помощью электронных таблиц Microsoft Excel.

Исследование фазового состава клинкерных минералов и продуктов гидратации проводилось с привлечением комплекса физико-химических методов анализа – рентгенофазового, термического, петрографического, инфракрасной спектроскопии. Физико-химический анализ материалов проводился согласно стандартных методик. Структурные особенности синтезируемых материалов изучали с помощью электронной микроскопии.

Физико-механические и физико-технические свойства разработанных материалов определялись в соответствии с действующими стандартами.

Достоверность и обоснованность результатов исследований обеспечена использованием законов равновесной термодинамики и термодинамических методов анализа твердофазных реакций, применением комплекса современных физико-химических методов анализа, методов статистической обработки результатов исследований, а также

подтверждением теоретических исследований экспериментальными и промышленными внедрениями.

В результате выполнения диссертационной работы получены следующие **новые научные результаты**:

1. Теоретически обоснована возможность получения специальных вяжущих материалов с комплексом заданных характеристик на основе гексаферрита и моноалюмината бария в системе $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$.

2. Сформирована база термодинамических данных соединений системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$, проведен термодинамический анализ твердофазных реакций в данной системе и установлено, что сосуществование комбинаций фаз $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ и $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19} - \text{Fe}_2\text{Al}_2\text{O}_6$ является менее предпочтительной, чем комбинации фаз $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{Fe}_2\text{Al}_2\text{O}_6$, что изменяет триангуляцию системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ при температуре 1300 °С; доказано существование двух тройных соединений $\text{Ba}_2\text{Fe}_2^{2+}\text{Fe}_9^{3+}\text{Al}_{11}\text{O}_{34}$ и $\text{BaAlFe}_{11}\text{O}_{19}$ в виде твердых растворов; представлена геометро-топологическая характеристика субсолидусного строения системы.

3. Впервые установлено кинетические закономерности протекания твердофазных процессов в системе $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$, определены энергия активации ($Q = 25,52$ кДж/моль) и константа скорости протекания реакций ($K = 7,08 \cdot 10^{-3} \cdot e^{\frac{25,52}{RT}}$). Доказано, что реакции взаимодействия между оксидами сырьевой смеси с заметной скоростью начинают протекать при 800 °С и полностью заканчиваются при 1000 °С. Установлено, что графическая зависимость скорости реакции от температуры и от времени выдержки является линейной, что свидетельствует о преобладании диффузионного характера протекания процесса.

4. Впервые установлено, что основными продуктами твердения барийсодержащего цемента являются гидроалюминаты бария различной основности: $\text{BaAl}_2\text{O}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{BaAl}_2\text{O}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{BaAl}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $2\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, а также $\text{Al}(\text{OH})_3$ в кристаллическом и коллоидном состоянии. Именно

сочетание низкоосновных и высокоосновных гидратных новообразований и обеспечивает необходимую прочность цементному камню.

Практическое значение полученных результатов.

Изготовлено опытные партии барийсодержащего цемента и заполнителя для защитных бетонов на базе лаборатории вяжущих материалов НТУ «ХПИ». Определены физико-механические и физико-технические свойства разработанных цемента и заполнителя, что подтверждается актами выпуска экспериментальных партий.

Проведены испытания ферромагнитных свойств полученного барийсодержащего цемента в условиях кафедры электроизоляционной и кабельной техники НТУ «ХПИ» и подтверждена его пригодность для применения в качестве связки при производстве ферромагнитных материалов, а также при получении защитных композиционных материалов, о чем свидетельствует акт испытания барийсодержащего цемента с ферромагнитными свойствами.

Испытания бетонных образцов, полученных на основе разработанного барийсодержащего цемента с ферромагнитными свойствами и гексаферрита бария в качестве заполнителя, для измерения ферромагнитных характеристик проводись на базе лаборатории ООО «Кермет-У». Установлено, что разработанные бетоны обладают высокой прочностью и полностью удовлетворяют по ферромагнитным характеристикам, могут быть рекомендованы в качестве защитных композиционных материалов для получения изделий различной сложной конфигурации в различных областях промышленности (патент Украины на полезную модель № 90619 и акт испытаний образцов экспериментальных составов барийсодержащих бетонов).

Внедрен разработанный барийсодержащий цемент и бетон на его основе на базе лаборатории ООО НПП «ДОМИНАНТА» как штукатурный материал для защиты персонала и технических объектов от негативного воздействия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона.

Полученные результаты испытаний разработанных материалов показали высокие показатели экранирования электромагнитного излучения (до 27 дБ) в диапазоне частот 80 – 100 кГц, о чем свидетельствует акт внедрения.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе кафедры охраны труда и окружающей среды УкрГУЖТ во время лекционных и практических занятий по дисциплинам «Химия», «Основы охраны труда», «Основы экологии», а также на кафедре технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей НТУ «ХПИ» при чтении дисциплин «Общая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» и «Керамика технического и биомедицинского назначения, радиационностойкие материалы», что подтверждается актами о внедрении в учебный процесс.

Личный вклад автора. Проведен термодинамический анализ твердофазных реакций, протекающих в системе $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$; проведена полная триангуляция трехкомпонентной системы с учетом фаз стабильных при температуре 1300 °С; представлена геометро-топологическая характеристика фаз системы. Теоретически обоснована возможность получения специальных цементов из сырьевой смеси, состоящей из углекислого бария технического, железа (III) оксида и глинозема. Исследованы особенности протекания процессов фазообразования и гидратации специальных барийсодержащих цементов с ферромагнитными свойствами. Определены физико-механические и физико-технические свойства специальных вяжущих материалов и защитных бетонов на их основе. Участие автора в совместных публикациях отображено в списке опубликованных работ.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертационной работы были представлены и обговорены на: Международной научно-технической конференции «Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности» (г. Харьков, 25–26 апреля 2007 г.); Международных научно-методических

конференциях НТУ «ХПИ» «Безопасность человека в современных условиях» (г. Харьков, 8–9 декабря 2011 г., 5–7 декабря 2013 г., 4–5 декабря 2014 г.); Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по химии и химической технологии (г. Киев, 4–6 апреля 2012 г.); Международной научно-технической конференции «Экологическая и техногенная опасность. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов» (г. Бердянск, 11–15 июня 2012 г.); Международных научно-технических конференциях УкрГАЗТ (г. Харьков, 11–13 апреля 2012 г., 24–25 апреля 2013 г., 15–17 апреля 2014 г.); Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности человека как условие устойчивого развития современного общества» (г. Киев, 5–7 июня 2013 г.); Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта» (г. Днепропетровск, 23–24 мая 2013 г.); Международной научной конференции «Эффективные композиты для архитектурной геоники» (г. Белгород, Россия, 18–19 сентября 2013 г.); Международной научно-практической конференции «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (г. Харьков, 15–17 октября 2014 г.); Всеукраинской научно-практической конференции «Актуальные проблемы химии и химической технологии» (г. Киев, 20–21 ноября 2014 г.); Международных научно-технических конференциях УкрГУЖТ (г. Харьков, 21–22 апреля 2015 г.); Международной научно-технической конференции по строительным материалам, конструкциям и сооружениям «Проблемы надежности и долговечности инженерных сооружений и зданий на железнодорожном транспорте» (г. Харьков, 23–24 апреля 2015 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 25 научные работы, среди которых 9 статей в научных журналах и сборниках научных трудов, рекомендованных МОН Украины, в том числе 1 – в издании, которое входит в международные наукометрические базы, 1 – в зарубежных изданиях, 15 – в тезисах и материалах конференций, 1 патент Украины на полезную модель. В

публикациях отображены основные теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы.

Соискатель выражает искреннюю благодарность главному научному сотруднику кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», доктору технических наук, профессору **Шабановой Галине Николаевне** за консультативную поддержку при обобщении теоретических и экспериментальных данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабанова Г.Н. Барийсодержащие оксидные системы и вяжущие материалы на их основе: монография / Г.Н. Шабанова. – Х.: НТУ «ХПИ», 2006. – 280 с.
2. Торопов Н.А. Диаграмма состояния системы $BaO - Al_2O_3$ / Н.А. Торопов, Ф.Я. Галахов // ДАН СССР. – 1952. – Т. 82, № 1. – С. 69 – 70.
3. Puri I. Phasengleichgewicht in System $BaO - Al_2O_3$ / I. Puri // Roalex Rundschau. – 1960. – № 4. – P. 198 – 202.
4. Appendino P. Sistema ossido di barioallumina / P. Appendino // Ceramurgia. – 1972. – Vol. 2, № 1. – P.103 – 105.
5. Appendino P. Ricerche sul sistema silice – allumina – ossido di bario / P. Appendino // Rev. Haut. Temper. Refract. – 1972. – Vol. 9, № 3. – P. 297 – 299.
6. Appendino P. Recerche sulla zona piu basica del sistema ossido di barioallumina / P. Appendino // Annali de chimia (Ital.). – 1971. – Т. 61, № 12. – P. 822 – 830.
7. Mateiko D. Researche aluminat Ba in system $BaO - Al_2O_3$ / D. Mateiko, H.K. Lauden // J. Cryst. Grouwth. – 1994. – Vol. 46, № 1. – P. 28 – 31.
8. Сулейменов А.Т. Вяжущие материалы из побочных отходов промышленности / А.Т. Сулейменов. – М.: Стройиздат, 1986. – 195 с.
9. Дент-Глассер Л.С. Щелочноземельные алюминаты и их гидраты / Л.С. Дент-Глассер // Кристаллография. – 1971. – Т. 16, № 6. – С. 1188 – 1194.
10. Gebner W. Beitrage zun chemie der Tannerdzemente / W. Gebner, A. Rettel, M. Winzycz // Silikattechnik. – 1977. – № 8. – P. 232 – 234.
11. Матвеев Г.М. Термодинамический анализ твердофазовых реакций в системе $BaSO_4 - Al_2O_3$ / Г.М. Матвеев, А.С. Агарков // Известия АН СССР. Неорганические материалы. – 1968. – Т.4, № 6. – С. 957 – 959.
12. Будников П.П. Синтез монобариевого алюмината и некоторые его свойства / П.П. Будников, В.Г. Савельев // Труды МХТИ им. Д.И. Менделеева.

ва. – 1961. – Вып. 36. – С. 44 – 51.

13. Braniski A. Die Eigenschaften der silikatischen Bariumzement in Abhängigkeit vom Aufbau ihrer Klinkerminerale / A. Braniski // Zement-Kalk-Gips. – 1968. – Bd. 21, № 2. – P. 91 – 98.

14. Аннапельский В.Ф. Взаимодействие карбонатов щелочноземельных металлов с оксидами алюминия, железа и кремния / В.Ф. Аннапельский, И.П. Книгавко // Сб. трудов НИОХИМ. – 1974. – № 32. – С. 30 – 33.

15. Куликова Н.В. Выделение тепла при твердении бариевых цементов / Н.В. Куликова // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. – 1970. – Сер. 13. – № 9. – С. 1381 – 1382.

16. Журавлев В.Ф. Химия вяжущих веществ / В.Ф. Журавлев. – М.–Л.: Госхимиздат, 1951. – 207 с.

17. Хандке М. Спектры поглощения в ИК-области продуктов гидратации глиноземисто-бариевого цемента / М. Хандке, В. Розановски // ЭИССМ. – 1972. – № 13. – С. 63.

18. Branicki A. Infratubscriptions spektralphotometrisch Untersuchungen der Hydratation des Manocalcium, Monostrontium- und Monocalcium-aluminates und der Silikatischen calcium-strontium – und Bariumzemente / A. Branicki // Rev. Roum. Sel. Techn. Ser. Metallurg. – 1965. – Vol. 10, № 1. – P. 35 – 52.

19. Branicki A. Grundlegende Unterschiede Zwischen calcium-strontium-und Barium-zemente / A. Branicki // Zement- Kalk-Gips. – 1969. – Vol. 22, № 11. – P. 513 – 516.

20. Ушикава Х. Алюминаты и силикаты бария и их гидравлические свойства / Х. Ушикава, К. Цукияма; [сокр. пер. с англ. под ред. О.П. Мчедлова-Петросяна, Ю.М. Бутга, В.И. Сатарина, А.И. Бойковой] // Труды V Междунар. конгресса по химии цемента. – М.: Стройиздат. – 1973. – С. 166 – 169.

21. Будников П.П. Изучение процесса дегидратации алюмината и силиката бария / П.П. Будников, Н.В. Куликова, В.И. Сердюков // Журнал прикладной химии. – 1967. – Т. 40, Вып. 5. – С. 937 – 942.

22. Будников П.П. Исследование процесса гидратации алюминатов бария / П.П. Будников, Н.В. Куликова // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 1969. – Т. 12, № 3. – С. 306 – 310.

23. Braniski A. Refractory aluminates cement / A. Braniski // Revue Romaine metallurge. – 1960. – Vol. 1, № 5. – P. 165 – 185.

24. Соловьев В.П. Алюминаты бария / В.П. Соловьев, П.П. Будников // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 1962. – № 5. – С. 793 – 799.

25. Uchikava H. The Hydratation of Bariumaluminates / H. Uchikava, K. Tsukijama // J. Chem. Soc. Yapan. Indust. – 1966. – Vol. 69, № 9. – P. 148 – 153.

26. Вылков В. Термодинамично изучаване на твърдофазните реакции в системата $BaO - Al_2O_3$ / В. Вылков, Х. Бояджиева, Я. Дмитриев // Строительни материали и силикатна промишленность. – 1972. – Т. 13, № 4. – С. 3 – 5.

27. Вылков В. Исследование кинетиката на получаването бариевите алюминат / В. Вылков, Х. Бояджиева // Строительни материали и силикатна промишленность. – 1973. – Т. 14, № 7. – С. 3 – 4.

28. Kimura S. The System barium oxide – alumina / S. Kimura, E. Bannai, I. Shindo // Mat. Res. Bull. – 1982. – Vol. 17, № 2. – P. 209 – 215.

29. Аксельрод Н.Л. Использование радиационно-термического метода для анализа последовательности твердофазных взаимодействий в сложных оксидных системах на примере $MeO - Fe_2O_3$ / [Н.Л. Аксельрод, О.С. Грибков, В.В. Болдырев и др.] // Известия СОАН СССР. Серия химических наук. – 1987. – № 5, Вып. 2. – С. 36 – 39.

30. Batti P. Diagrami di stato strutture e comportamento magnetico del esahonali / P. Batti // Ceramurgia. – 1976. – Vol. 6, № 1. – S. 11 – 16.

31. Goto G. Phase diagram of the system $BaO - Fe_2O_3$ / G. Goto, T. Takada // J. Amer. Ceram. Soc. – 1960. – Vol. 43, № 3. – P. 150 – 153.

32. Slaccari G. Phase equilibrium in the subsystem $\text{BaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ / G. Slaccari // J. Amer. Ceram. Soc. – 1973. – Vol. 56, № 9. – P. 489 – 490.

33. Schops W. Phasen und Reaktionen bei der Barium- und Strontium hexaferrit – bildung – Eine Übersicht / W. Schops // Silikattechnik. – 1979. – Vol. 30, № 7. – S. 195 – 201.

34. Batti P. Equilibrium diagram of the system $\text{BaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / P. Batti // Annali Di Chimica (Rome) – 1960. – Vol. 50, № 3 – P. 1461 – 1478.

35. Преображенский А.А. Магнитные материалы и элементы / А.А. Преображенский. – М.: Высшая школа, 1976. – 186 с.

36. Такэси Т. Ферриты / Т. Такэси; под ред. Т. Такэси; [пер. с яп. М. Ким; под ред. К.М. Поливанова. – М.: Metallurgia. – 1964. – 194 с.

37. Пащенко В.П. Кинетика и механизм образования гексаферрита бария / В.П. Пащенко, Н.П. Капустин, О.Г. Литвинова // Известия АН СССР. Неорганические материалы. – 1980. – Т. 16, № 1. – С. 138 – 141.

38. Беляшина Н.В. Влияние температуры ферритизации на фазовый состав и микроструктуру гексаферрита бария / Н.В. Беляшина, И.Н. Иванова, Ю.Г. Самсонов // Журнал неорганической химии. – 1978. – Т. 23, № 11. – С. 2924 – 2926.

39. Melrer K., Martin A., Semmelhask H. Phasenbildung und Phasenbestand in Bariumferiten / K. Melrer, A. Martin, H. Semmelhask // Wiss. Z. Karl-Marx- Univ. Math.-Naturwiss. – 1990. – Vol. 39, № 4. – S. 404 – 413.

40. Рабкин Л.И. Ферриты. Строение, свойства, технология производства / Л.И. Рабкин. – Л.: Энергия. – 1968. – 358 с.

41. Торопов Н.А. Диаграммы состояния силикатных систем: справочник: в 4 вып. / Н.А. Торопов, В.П. Барзаковский, В.А. Лапин. – М.: Наука, 1965. – Вып. 1: Двойные системы. – 547 с.

42. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высшая школа, 1981. – 334 с.

43. Шипко М.Н. О структуре фаз в системе $\text{BaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / М.Н. Шипко, Л.М. Летюк, Н.Л. Аксельрод // Известия АН СССР. Неорганические материалы. – 1990. – Т. 26, № 12. – С. 2551 – 2555.

44. Бережной А.С. Многокомпонентные системы окислов / А.С. Бережной. – К.: Наукова думка, 1970. – 576 с.

45. Muan A. Phase equilibria at liquidus temperatures in the system iron oxide – $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ in air atmosphere / A. Muan // J. Amer. Ceram. Soc. – 1957. – Vol. 40, № 4. – P. 121 – 124.

46. Muan A. On the stability of the phase $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ / A. Muan // Amer. Journ. Sci. – 1958. – Vol. 256, № 6. – P. 413 – 416.

47. Muan A. Phase equilibrium studies in the system iron oxide – Al_2O_3 in air and at 1 atm. O_2 pressure / A. Muan, C.L. Gee // J. Amer. Ceram. Soc. – 1956. – Vol. 39, № 6. – P. 207 – 214.

48. Tsuchida T. Effect of grinding of mixtures of goethite and hydrated alumina on the formation of $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$, solid solutions / Tsuchida T., Sugimoto K. // Thermochemica acta. – 1990. – Vol. 170. – P. 41 – 50.

49. [Majzlan](#) J. Thermodynamics and crystal chemistry of the hematite – corundum solid solution and the FeAlO_3 phase / J. [Majzlan](#), A. [Navrotsky](#), B.J. [Evans](#) // Phys. Chem. Miner. – 2002. – Vol. 29, № 8. – P. 515 – 526.

50. Atlas L.M. Solidus, subsolidus, and subdissociation phase equilibria in the system $\text{Fe} - \text{Al} - \text{O}$ / L.M. Atlas, W.K. Sumida // J. Amer. Ceram. Soc. – 1958. – Vol. 41, № 5. – P. 150 – 160.

51. Бережной А.С., Питак Я.Н., Пономаренко А.Д., Соболев Н.П. Физико-химические системы тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: учебное пособие / А.С. Бережной, Я.Н. Питак, А.Д. Пономаренко, Н.П. Соболев. – К.: НМК ВО, 1992. – 172 с.

52. Macdonald J. and crystal chemistry of some mixed metal sesquioxides containing Fe, Al, Ga, Cr, Sc and In / J. Macdonald, J.A. Gard, F.P. Glasser // [Journ. Inorg. Nucl. Chem.](#) – 1967. – [Vol. 29, № 3](#). – P. 661 – 671.

53. Batti P. Ricerche su una zona del sistema ternario $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ /

P. Batti // Elenco delle pubblicazioni. – 1961. – № 11. – P. 32 – 38.

54. Барзаковский В.П. Диаграммы состояния силикатных систем: справочник: в 4 вып. / [В.П. Барзаковский, В.В. Лапин, А.И. Бойкова, Н.Н. Курцева]. – Л.: Наука, 1974. – Вып.: 4: Тройные окисные системы. – 514 с.

55. Kurdovski W. Fazy mineralne bogatej w bar cresci ukladu $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / W. Kurdovski // Cement-Wapno-Cips. – 1973. – № 11. – S. 339 – 350.

56. Шабанова Г.Н. Диаграмма плавкости системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / Г.Н. Шабанова, Н.Г. Илюха, М.В. Скрылева // Вестник ХПИ. – 1988. – Вып. 12. – С. 81 – 82.

57. Шабанова Г.Н. Строение системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / Г.Н. Шабанова, С.Н. Быканов // Огнеупоры и техническая керамика. – 2002. – № 7 – 8. – С. 21 – 24.

58. Левин Б.Е. Физико-химические основы получения, свойства и применения ферритов / Б.Е. Левин, Ю.Д. Третьяков, Л.М. Летюк. – М.: Металлургия, 1979. – 472 с.

59. Сердюк В.Р. Строительные материалы и изделия для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев // Строительные материалы и изделия. – 2005. – № 6. – С. 8 – 12.

60. Соловьев С.П. Специальные строительные стекла / [С.П. Соловьев, М.А. Царицын, О.В. Воробьева, Г.П. Замаев]; под ред. С.П. Соловьева. – М.: Изд-во литературы по стр-ву, 1971. – 278 с.

61. Лисачук Г.В. Разработка композиционных покрытий по керамике, экранирующих электромагнитные излучения / [Г.В. Лисачук, Р.В. Кривобок, Е.Ю. Федоренко и др.] // Вестник науки и техники. – Харьков: ООО «ХДНТ», 2005. – № 4 (23). – С. 54 – 59.

62. Петров В.М. Радиопоглощающие материалы / В.М. Петров, В.В. Гагулин // Неорганические материалы. – 2001. – Т. 37, № 2. – С. 135 – 141.

63. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань: ДСН 239–96. – К.: МОЗ України, 1996. – 17 с. – (Наказ МОЗ України).

64. Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. ГОСТ 12.1.002–84. – [Действующий от 1986-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 6 с. – (Межгосударственный стандарт).

65. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. ГОСТ 12.1.006–84. – [Действующий от 1986-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 9 с. – (Межгосударственный стандарт).

66. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. ГОСТ 12.1.045–84. [Действующий от 1985-01-07]. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 4 с. – (Межгосударственный стандарт).

67. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: учебник для вузов / В.И. Нефедов. – М.: Высшая школа, 2000. – 510 с.

68. Куневич А.В. Ферриты: энциклопедический справочник. Том 1. Магниты и магнитные материалы / А.В. Куневич, А.В. Подольский, И.Н. Сидоров. – Издательство «Лик», 2004. – 358 с.

69. Пат. 18322 Украина, МПК С04В33/00. Полупроводниковая керамическая масса / Лисачук Г.В., Кривобок Р.В., Трусова Ю.Д., Белостоцкая Л.О., Павлова Л.В., Щукина Л.П.; заявитель и патентообладатель НТУ «ХПИ». – № 200603365; заявл. 28.03.06; опубл. 15.11.06, Бюл. № 11.

70. Пат. 27297 Украина, МПК С04В33/00. Электропроводная керамическая масса / Лисачук Г.В., Кривобок Р.В., Трусова Ю.Д., Белостоцкая Л.О., Павлова Л.В., Романова О.А., Лисачук Л.Н.; заявитель и

патентовладелец НТУ «ХПИ». – № 200706580; заявл. 12.06.07; опубл. 25.10.07, Бюл. № 17.

71. Пат. 20317 Украина, МПК С04В33/00. Керамическая масса экранирующая электромагнитные излучения / Лисачук Г.В., Кривобок Р.В., Князев В.В., Трусова Ю.Д., Белостоцкая Л.О., Павлова Л.В.; заявитель и патентообладатель НТУ «ХПИ». – № 200608439; заявл. 27.07.06; опубл. 15.01.07, Бюл. № 1.

72. Пат. 25888 Украина, МПК С04В41/86. Композиционное ферромагнитное покрытие / Лисачук Г.В., Кривобок Р.В., Белостоцкая Л.О., Трусова Ю.Д., Павлова Л.В., Романова О.А., Мостовой С.П., Козачок К.А.; заявитель и патентообладатель НТУ «ХПИ». – № 200704144, заявл. 16.04.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13.

73. Пат. 37004 Украина, МПК С03С3/00. Ферромагнитное стеклокристаллическое покрытие / Лисачук Г.В., Романова О.А., Трусова Ю.Д., Белостоцкая Л.О., Павлова Л.В., Щукина Л.П.; заявитель и патентообладатель НТУ «ХПИ». – № 200808155, заявл. 17.06.08.; опубл. 10.11.08, Бюл. № 21.

74. Лисачук Г.В. Композиционные керамические материалы, экранирующие электромагнитные излучения / Г.В. Лисачук, Р.В. Кривобок, В.В. Князев, И.П. Лесной // Вісник НТУ «ХПИ». – 2006. – № 17. – С. 82 – 85.

75. Пат. 2233255 Россия, МПК С04В28/30. Сухая строительная смесь / Поцелуева Л.Н., Гончаров Ю.Д.; заявитель и патентообладатель ООО «Альфа-Пол». – № 2003103719/03; заявл. 29.01.03; опубл. 27.07.04, Бюл. № 25.

76. Добровенский В.В. Композиционные радиопоглощающие материалы со слоями из поглощающих дифракционных решеток / [В.В. Добровенский, Э.А. Засовин, Д.И. Мировецкий, А.К. Черепанов] // Успехи современной радиоэлектроники. – 2000. – № 2. – С. 61 – 66.

77. Baoyi L. Electromagnetic wave absorption properties of cement-based composites filled with porous materials / [L. Baoyi, D. Yuping, Z. Yuefory, L. Shunhua] // Mater. and Des. – 2011. – Vol. 32, № 5. – P. 3017 – 3020.

78. Hongtao G. Cement-based electromagnetic shielding and absorbing building materials / G. Hongtao, D. Yuping, L. Shunhua, C. Ji // Cem. and Concr. Compos. – 2006. – Vol. 28, № 5. – P. 468 – 474.

79. Kezhi L. Reflectivity of carbon-fiber-reinforced cement-based composites against electromagnetic wave / [L. Kezhi, W. Chuang, L. Hejun et all.] // Rare Metal Mater. and Eng. – 2007. – Vol. 36, № 10. – P. 1702 – 1708.

80. Лазаренко Е.К. Курс минералогии / Е.К. Лазаренко. – М.: Высшая школа, 1963. – 560 с

81. Пащенко А.А. Общая технология силикатов / А.А. Пащенко. – К.: Вища школа, 1983. – 408 с.

82. Кузнецова Т.В. Физическая химия вяжущих материалов / Т.В. Кузнецова, И.В. Кудряшов, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1989. – 384 с.

83. Бережной А.С. Многокомпонентные щелочные оксидные системы / А.С. Бережной. – К.: Наукова думка, 1988. – 200 с.

84. Бобкова Н.М. Физическая химия силикатов и тугоплавких соединений / Н.М. Бобкова. – Минск: Высшая школа., 1984. – 256 с.

85. Шабанова Г.М. В'яжучі матеріали: практикум / Г.М. Шабанова, А.М. Корогодська, О.В. Христинч. – Х.: Підручник НТУ «ХП», 2014. – 220 с.

86. Бутт Ю.М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1973. – 504 с.

87. Epstein L.F. Binary mixture of UO_2 on other oxiden / L.F. Epstein, W.H. Howland // J. Amer. Ceram. Soc., 1953. – Vol. 36, № 10. – P. 334 – 335.

88. Логвинков С.М. Твердофазные реакции обмена в технологии керамики: монография / С.М. Логвинков. – Х.: Изд. ХНЭУ, 2013. – 248 с.

89. Бабушкин В.И. Термодинамика силикатов / В.И. Бабушкин, Г.М. Матвеев, О.П. Мчедлов-Петросян. – М.: Стройиздат, 1986. – 408 с.

90. Шабанова Г.Н. Термодинамическая оценка образования ферритов бария / [Г.Н. Шабанова, С.Н. Быканов, И.В. Гуренко, З.И. Ткачева] // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: Междунар. научн.-техн. конф., 27-29 мая 1998 г.: сборник докл. – Х., 1998. – Ч. 3. – С. 35–40.

91. Тараненкова В.В. Методика розрахунку стандартних ентальпій утворення складних кисневих неорганічних сполук / В.В. Тараненкова // Львівські хімічні читання – 2011: XXX наук. конф., 29 трав.–1 черв. 2011 р.: тези доп. – Львів, 2011. – С. Ф 46.

92. Шабанова Г.Н. К вопросу о существовании тройного соединения $\text{Ba}_2\text{AlFeO}_5$ в системе $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / Г.Н. Шабанова, В.В. Тараненкова, С.Н. Быканов // Вопросы химии и химической технологии. – 2002. – № 1. – С. 60 – 63.

93. Шабанова Г.Н. Термодинамические исследования тройных соединений системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / Г.Н. Шабанова, Н.С. Цапко, В.В. Дей-нека, А.Н. Корогодская, И.В. Гуренко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2008. – Вип. 13. – С. 162 – 173.

94. Müller-Buschbaum Hk. Zur kenntnis von $\text{Ba}_2\text{Fe}_2^{2+}\text{Fe}_9^{3+}\text{Al}_{11}\text{O}_{34}$ / Hk. Müller-Buschbaum, M. Harder // Zeitachrift für Naturforschung B. – 1978. – № 33. – P. 146 – 148.

95. An S.Y. High magnetic performance in Al-substituted $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ by a wet chemical process / S.Y. An, S.W. Lee, D.H. Choi et all.. // Phys. Stat. sol. (c). – 2004. – Vol. 1. – № 12. – P. 3310 – 3314.

96. Вуд Д. Термодинамика для геологов / Д. Вуд, Л. Фрейзер. – М.: Мир, 1981. – 180 с.

97. Ландия Н.А. Расчет высокотемпературных теплоемкостей твердых неорганических веществ по стандартной энтропии / Н.А. Ландия . – Тбилиси: Изд-во АН ГрузССР, 1962. – 223 с.

98. Расчет эвтектик в бинарных системах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://web.kpi.kharkov.ua/ceramic/ru/ynstrumentaryj-2/bynaryne-evtekyky/>.

99. Лазарев А.Н. Колебательные спектры и строение силикатов / А.Н. Лазарев. – Л.: Наука, 1968. – 232 с.

100. Барьяхтар В.Г. В мире магнитных доменов / В.Г. Барьяхтар, Б.А. Иванов. – К.: Наукова думка, 1986. – 256 с.

101. Китайгородский А.И. Смешанные кристаллы / А.И. Китайгородский. – М.: Наука, 1983. – 280 с.

102. Шабанова Г.Н. Особенности процессов фазообразования клинкера на основе алюминатов и ферритов бария системы $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ / [Г.Н. Шабанова, О.В. Миргород, С.Н. Быканов, В.В. Романова] // Вопросы химии и химической технологии. – 2003. – № 5. – С. 67–70.

103. Будников П.П. Реакции в смесях твердых веществ / П.П. Будников, А.М. Гинстлинг. – М.: Госстройиздат, 1961. – 432 с.

104. Шабанова Г.М. В'яжучі матеріали: текст лекцій / Г.М. Шабанова, А.М. Корогодска. – Х.: НТУ «ХП», 2012. – 150 с.

105. Шабанова Г.Н. Исследование механизма твердения и продуктов гидратации барийсодержащих цементов // Вопросы химии и химической технологии. – 2003. – № 1. – С. 51–57.

106. Шабанова Г.Н. Исследование продуктов твердения специальных цементов / [Г.Н. Шабанова, И.В. Гуренко, С.Н. Быканов, Н.В. Казмина] // Вестник ХГПУ. – 1998. – Вып. 18. – С. 52 – 55.

107. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов / О.П. Мчедлов-Петросян. – М.: Стройиздат. – 1988. – 304 с.

108. Плугін А.А. Колоїдна хімія та фізико-хімічна механіка як основа виробництва ресурсозберігаючих мінеральних в'яжучих речовин та високоефективних композиційних матеріалів на їх основі / [А.А. Плугін, А.М. Плугін, О.С. Кагановський, О.В. Градобоев] // Збірник наук. праць УкрДАЗТ. – 2013. – Вип. 138. – С. 7 – 19.

109. Плугин А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: монография в 3-х т. / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Л.В. Трикоз и др.]; под ред. А.Н. Плугина. – К.: Наукова думка, 2011. – Т. 1: Коллоидная химия и физико-химическая механика цементных бетонов. – 331 с.

110. Плугин А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: монография в 3-х т. / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, О.А. Калинин и др.]; под ред. А.Н. Плугина. – К.: Наук. думка, 2011. – Т. 2: Теория твердения портландцемента. – 224 с.

111. Плугин А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: монография в 3-х т. / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, О.А. Калинин и др.]; под ред. А.Н. Плугина. – К.: Наук. думка, 2012. – Т. 3: Теория прочности, разрушения и долговечности бетона, железобетона и конструкций из них. – 288 с.

112. Новые материалы / Коллектив авторов под науч. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС. – 2002. – 736 с.

113. Mallick K.K. Dielectric properties of M-type barium hexaferrite prepared by co-precipitation / K.K. Mallick, P. Shepherd, R.J. Green // Journal of the European Ceramic. – 2007. – № 27. – P. 2045 – 2052.

114. Sorescu M. Collapse of the Magnetic Hyperfine Structure of Barium Hexaferrite by Mechanochemical Activation / [M. Sorescu, A. Grabias, L. Diamandescu, D. Tarabasanu] // Journal of Materials Synthesis and Processing. – 2000. – Vol. 8, № 2. – P. 67 – 72.

115. Чернякова К.В. Структура и магнитные свойства гексагонального феррита бария / [К.В. Чернякова, В.В. Паньков, М.И. Ивановская, В.А. Ломоносов] // Вестник БГУ. – 2008. – № 1. – (Серия 2: Химия) – С. 9 – 13.

116. Мельник М.Т. Огнеупорные цементы / М.Т. Мельник, Н.Г. Илюха, Н.Н. Шаповалова. – К.: Вища школа, 1984. – с. 121.

117. Ахназарова С.Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1978. – 319 с.

118. Иващенко М.Ю. Термодинамический анализ субсолидусного строения системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / [Г.Н. Шабанова, С.М. Логвинков, М.Ю. Иващенко, О.В. Костыркин] // Огнеупоры и техническая керамика. – 2011. – № 9. – С. 16 – 20.

119. Иващенко М.Ю. Термодинамические исследования строения системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / М.Ю. Иващенко, О.В. Костыркин // Матеріали IV Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології, 4-6 квітня 2012 р.: Тези доп. – К., 2012. – С. 57.

120. Иващенко М.Ю. Уточнение субсолидусного строения системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / [Г.Н. Шабанова, М.Ю. Иващенко, М.И. Ворожбян и др.] // Вісник НТУ «ХП». – 2012. – № 63(969). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 27 – 32.

121. Иващенко М.Ю. Анализ будови системи $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / М.Ю. Иващенко, О.В. Костыркин // Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті: 74-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 11-13 квіт. 2012 р.: тези доп. – Х., 2012. – С. 273 – 274.

122. Иващенко М.Ю. Оцінка температур та складів евтектик перспективних областей трикомпонентної системи $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / [М.Ю. Иващенко, Г.М. Шабанова, М.І. Ворожбян, О.В. Костыркин] // Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті: 75-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 24-25 квіт. 2013 р.: тези доп. – Х., 2013. – С. 393.

123. Иващенко М.Ю. Оценка температур и составов эвтектик бинарных и тройных сечений системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ / [М.Ю. Иващенко, Г.Н. Шабанова, М.И. Ворожбян, О.В. Костыркин] // Вісник НТУ «ХП». – 2013. – № 47 (1020) 2013. – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 57 – 62.

124. Иващенко М.Ю. Теоретические и экспериментальные исследования возможности существования тройного соединения $BaAlFe_{11}O_{19}$ в системе $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ / [М.Ю. Иващенко, Г.Н. Шабанова, М.И. Ворожбян и др.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2014. – № 2. – С. 49 – 52.

125. Иващенко М.Ю. Возможность существования тройного соединения $BaAlFe_{11}O_{19}$ в системе $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ / [М.Ю. Иващенко, Г.Н. Шабанова, М.И. Ворожбян, О.В. Костыркин] // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XXII Міжнар. наук.-прак. конф., 15-17 жовт. 2014 р.: тези доп. – Х., 2014. – Ч. II – 2014. – С. 284.

126. Иващенко М.Ю. Исследование процессов минералообразования барийсодержащих цементов на основе моноалюмината и гексаферрита бария / М.Ю. Иващенко, Г.Н. Шабанова, М.И. Ворожбян и др.] // Вісник НТУ «ХП». – 2014. – № 51(1093). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 73 – 79.

127. Иващенко М.Ю. Дослідження процесів фазоутворення в системі $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ / [М.Ю. Иващенко, Г.Н. Шабанова, М.И. Ворожбян, О.В. Костыркин] // Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті: 76-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 15-17 квіт. 2014 р.: тези доп. – Х., 2014. – С. 270 – 271.

128. Иващенко М.Ю. Барийжелезосодержащие вяжущие материалы на основе отходов / М.Ю. Иващенко, Г.Н. Шабанова, М.И. Ворожбян, О.В. Костыркин // Экологическая и техногенная безопасность. Охрана водного и воздушного. Утилизация отходов бассейнов: XX Междунар. науч.-техн. конф., 11-15 июня 2012 г.: тезисы докл. – Х., 2012. – С. 344 – 348.

129. Иващенко М.Ю. Прогнозування складів спеціальних цементів для захисту від електромагнітного випромінювання / [М.Ю. Иващенко, О.В. Костыркин, М.И. Ворожбян] // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 73 Міжнар. наук.-практ. конф. 23-24 травня 2013р.: тези доп. – Дніпропетровськ, 2013. – С. 259 – 260.

130. Иващенко М.Ю. Барийсодержащий цемент с ферромагнитными свойствами на основе моноалюмината и гексаферрита бария / [М.Ю. Иващенко, Г.Н. Шабанова, М.И. Ворожбян, О.В. Костыркин] // Актуальні проблеми хімії та хімічної технології: Всеукр. наук.-практ. конф., 20-21 лист. 2014 р.: тези доп. – К., 2014. – С. 134 – 135.

131. Иващенко М.Ю. Теоретические аспекты создания материалов для защиты от электромагнитных излучений / М.Ю. Иващенко, О.В. Костыркин, М.О. Костенко // Зб. наук. праць. УкрДАЗТ. – 2011. – Вип. 127. – С. 15 – 17.

132. Иващенко М.Ю. Самоутверждающие композиции для защиты от электромагнитных излучений / М.Ю. Иващенко, О.В. Костыркин, Г.Н. Шабанова // Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства: IV Міжнар. наук.-практ. конф., 8-9 черв. 2011 р.: збірник стат. – К., 2011. – С. 221 – 224.

133. . Иващенко М.Ю. Фізико-хімічні основи створення композиційних систем для захисту від електромагнітного випромінювання / М.Ю. Иващенко, О.В. Костиркін // Безпека людини у сучасних умовах: III Міжнар. наук.-метод. конф., 8-9 груд. 2011 р.: тези. доп. – Х., 2011. – С. 92 – 93.

134. Иващенко М.Ю. Ферромагнитные материалы для защиты от электромагнитного излучения / М.Ю. Иващенко, О.В. Костыркин, М.И. Ворож-биян // Безпека людини в сучасних умовах: V Міжнар. наук.-метод.ї конф., 5-7 груд. 2013 р.: тези доп. – Х., 2013. – С. 87 – 89.

135. Иващенко М.Ю. Барийферритсодержащие вяжущие материалы для защиты от электромагнитных излучений / [М.Ю. Иващенко, О.В. Костыркин, Г.Н. Шабанова, М.И. Ворожбян] // Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства: V Міжнар. наук.-практ. конф., 5-7 черв. 2013 р.: збірник стат. – К., 2013. – С. 182 – 185.

136. Иващенко М.Ю. Композиционный материал с ферромагнитными свойствами / М.Ю. Иващенко, М.И. Ворожбян // Безпека людини в сучасних

умовах: VI Міжнар. наук.-метод. конф., 4-5 грудня 2014 р.: тези доп. – Х., 2014. – С. 137 – 138.

137. Іващенко М.Ю. Будівельні матеріали як захист від негативного впливу електромагнітного випромінювання / М.Ю. Іващенко, М.І. Ворожбіян, О.В. Костиркін // Комунальне господарство міст. – 2015. – № 120(1). – (Серія: Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика). – С. 107 – 109.

138. Пат. 90619 U. Україна, МПК С 04 В 14/00. Бетонна суміш / Іващенко М.Ю., Ворожбіян М.І., Шабанова Г.М., Костиркін О.В., Сударський В.М.; заявник та патентовласник УкрДАЗТ. – № и 201311713; заявл. 04.10.13; опубл. 10.06.14; Бюл. № 11.

139. Іващенко М.Ю. Спеціальні в'язучі матеріали для захисту від шкідливих факторів / М.Ю. Іващенко, М.І. Ворожбіян, Г.М. Шабанова // Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті: 77 Міжнар. наук.-техн. конф., 21-22 квіт. 2015 р.: тези доп. – Х., 2015. – С. 125.