

ОТЗЫВ

официального оппонента Жереба Владимира Павловича на диссертацию

Акимочкиной Галины Валерьевны

«СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСНЫХ МИКРОСФЕР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗОЛ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по
специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ.

Одной из важных задач современного материаловедения является создание эффективных ресурсосберегающих технологий производства керамических материалов с заданными свойствами и эксплуатационными характеристиками. Эффективное использование крупнотоннажных отходов становится не просто экологической необходимостью, а превращается в экономически обоснованный фактор, способный значительно повысить конкурентоспособность производства. Перспективность дисперсных микросфер энергетических зол для получения стеклокерамических материалов определяется их составом, включающим макрокомпоненты SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , FeO , высоким содержанием стеклофазы, морфологией и микроструктурой частиц порошкового техногенного сырья. Размер микросфер является ключевой технологической переменной в керамическом производстве, определяя, наряду с составом, улучшенную микроструктуру и свойства разрабатываемых композитов, а получение материалов только из зольных отходов без добавок и связующих, исключая энергоемкую стадию размолла, позволяет упростить технологический процесс.

Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования не вызывает сомнений.

Следует также отметить, что работа выполнялась в соответствии с планами НИР Института химии и химической технологии СО РАН по проектам № АААА-А17-117021310222-4 «Формирование новых функциональных микросферических и композитных материалов с заданными свойствами» (2017-2020), № 121031500198-3 «Развитие научных основ формирования функциональных материалов с заданными свойствами на основе сложных оксидных систем и микросфер энергетических зол» (2021-2025); проектам РФФИ-ККФН № 18-43-240002 (АААА-А18-118101290006-5) «Разработка облегченных высокопрочных проппантов на основе узких фракций микросфер энергетических зол» (2018-2020) и РНФ № 22-27-20039 (122040100062-2) «Состав,

строение и маршруты образования экологически опасных дисперсных микросфер $PM_{2.5}$, PM_{10} энергетических зол от сжигания углей Канско-Ачинского бассейна» (2022-2023), РНФ № 23-19-00269 «Электро / баромембранное разделение многокомпонентных растворов электролитов на основе электропроводящих нанопермативных мембран» (2023-2025).

НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ДОСТОВЕРНОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В диссертационной работе впервые определены ключевые стадии процесса выделения из энергетических зол, образующихся при сжигании разных типов углей, узких фракций дисперсных микросфер определенного состава со средним диаметром от 1 до 10 мкм, включающие аэродинамическую классификацию и магнитную сепарацию. Установлены общие закономерности изменения химического и фазового состава фракций дисперсных микросфер в зависимости от их размера и типа сжигаемого угля. Определены структурообразующие минеральные прекурсоры дисперсных микросфер PM_{10} , образующихся при сжигании каменных и бурых углей. Впервые установлены термохимические и фазовые превращения дисперсных микросфер макрокомпонентного состава в системе $[SiO_2-Al_2O_3-FeO]$ и $[CaO-SiO_2-Al_2O_3-FeO]$ при формировании стеклокерамических материалов на их основе. Определены условия получения материалов с повышенной прочностью, заданной пористостью, химической стойкостью и магнитными свойствами. Выявлена зависимость физико-химических характеристик стеклокерамических материалов от условия их формирования, размера и состава дисперсных микросфер энергетических зол. Установлено, что с увеличением температуры обжига возрастает кажущаяся плотность стеклокерамических образцов на основе дисперсных микросфер, снижаются водопоглощение, открытая пористость и размер пор, одновременно повышаются прочность и кислотоустойчивость.

Достоверность полученных результатов подтверждается их воспроизводимостью и использованием в работе современных физико-химических методов анализа. Полученные экспериментальные результаты согласуются с литературными данными.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Разработан эффективный способ переработки дисперсных микросфер энергетических зол в стеклокерамические материалы оптимальной структуры с комплексом требуемых показателей в зависимости от целевого назначения. Полученные материалы открывают широкие перспективы для создания теплоизоляционной керамики,

высокоэффективных микрофльтрационных мембран, тонкой и высокоплотной керамики, а также магнитомягких композитов. Они демонстрируют устойчивость к агрессивным средам и высоким температурам, что делает их пригодными для использования в специализированных установках. Результаты исследования служат основой для разработки новых наукоемких технологий комплексной переработки крупнотоннажных отходов тепловой энергетики в неорганические материалы с заданными свойствами и эксплуатационными характеристиками.

Основное содержание диссертационной работы достаточно полно представлено в научной литературе. По теме диссертации опубликовано 11 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, а также материалы и тезисы 4 докладов на международных и российских конференциях. Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на XIII Международном Российско-Казахстанском симпозиуме «Углекислотная и экология Кузбасса» (г. Кемерово, 2024), XVIII Международном симпозиуме «Фундаментальные и прикладные проблемы науки» (г. Миасс, 2023), IV Всероссийской конференции с международным участием «Исследования и разработки в области химии и технологии функциональных материалов» (г. Апатиты, 2023), XIX Всероссийском симпозиуме с международным участием «Сложные системы в экстремальных условиях» (г. Красноярск, 2018).

Автореферат в полном объеме представляет основные положения, результаты и выводы диссертационной работы.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, выводов, списка цитируемой литературы из 225 наименований. Работа изложена на 160 страницах, содержит 40 рисунков, 26 таблиц, 6 приложений.

Во **введении** обоснована актуальность диссертации, сформулированы цель и основные задачи исследования. Показана научная новизна и практическая значимость работы. Перечислены положения, выносимые на защиту. Описан личный вклад автора, апробация работы и дано описание структуры диссертации. В первой главе представлен литературный обзор, в котором рассмотрены классификация керамических материалов, их строение и свойства, сырье для производства, приведены основные стадии керамической технологии. Рассмотрены характеристики энергетических углей, обобщены и проанализированы термохимические преобразования минеральных компонентов углей в процессе сжигания и возможные маршруты образования компонентов летучих зол.

Приведена классификация летучих зол и основные направления их использования. Сделан вывод о перспективности выделения дисперсных микросферических компонентов летучих зол, проведен анализ характеристик керамических материалов, полученных на основе летучих зол. Особое внимание в обзоре посвящено проблеме обращения с дисперсными частицам размером менее 10 мкм, их характеристикам и сферам применения. На основе анализа литературных данных сделаны выводы и определены основные задачи диссертационной работы. **Во второй главе** приведены характеристики исходных зол, описаны методы исследования и методики проведения экспериментов. **В третьей главе** изложена основа аэродинамического разделения летучих зол на фракции с требуемым размером частиц и определенным составом, приведены результаты исследования их состава и строения, в том числе на уровне индивидуальных глобул. **В четвертой главе** рассмотрены термохимические и фазовые превращения, происходящие в образцах дисперсных микросфер в процессе твердофазного синтеза, представлены результаты получения стеклокерамических материалов, проанализированы характеристики полученных образцов.

Представленные в диссертации выводы являются обоснованными и достаточно полно обобщают полученные Г.В. Акимускиной результаты. Следует отметить хорошее качество оформления текста диссертации, иллюстративного материала и таблиц. В целом, представленная диссертация свидетельствуют о высоком профессиональном уровне соискателя, широте его научного кругозора и способности к системному мышлению.

Принципиальных возражений по содержанию работы не возникло; однако имеется несколько замечаний и уточняющих вопросов, требующих дальнейшего рассмотрения.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ.

1. Несмотря на явную практическую значимость в работе отсутствует патентование.

2. В таблицах с химическим и фазовым составом образцов узких фракций дисперсных микросфер не указана погрешность определения содержания оксидов и фаз.

3. Чем обусловлен выбор сырья для выделения дисперсных микросфер?

4. В работе определены структурообразующие минеральные прекурсоры, термохимические превращения которых привели к образованию дисперсных микросфер. Почему не исследовался минеральный состав исходного угля?

5. С чем связано присутствие во фракциях микросфер серии Р (рисунок 3.8) характерно вспененных частиц? А во фракциях микросфер серии К (рисунок 3.10) сфер с шероховатой поверхностью?

6. Для полноценных технологических исследований по переработке техногенного сырья в материалы с определенной структурой и заданным свойствами необходим поиск более глубоких закономерностей состав-строение-свойства.

7. Отсутствует сравнение фильтрационных свойств полученных керамических мембран с известными мембранными материалами за исключением фразы, что параметры сопоставимы по отдельным показателям.

8. На стр. 28 есть продублированный текст. Также в тексте в незначительном количестве встречаются пунктуационные и стилистические ошибки.

Отмеченные замечания не являются принципиальными и не снижают ценности основных результатов и положений, защищаемых в диссертации.

СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ ПАСПОРТУ СПЕЦИАЛЬНОСТИ.

Диссертационная работа Акимочкиной Галины Валерьевны по своему содержанию и результатам исследования соответствует пункту 4 «Способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты» и пункту 6 «Свойства сырья и материалов, закономерности технологических процессов для разработки, технологических расчетов, проектирования и управления химико-технологическими процессами и производствами» паспорта научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ (химические науки).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа «Стеклокерамические материалы на основе дисперсных микросфер энергетических зол» представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, по своей актуальности, научной новизне, обоснованности научных положений, выводов, практической значимости результатов является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи - установление закономерностей процесса получения стеклокерамических материалов с комплексом заданных свойств на основе дисперсных микросфер, выделенных из энергетических зол от пылевидного сжигания углей. Полученные диссертантом результаты, представленные в положениях,

выносимых на защиту, а также в общих выводах, имеют важное значение для развития технологии неорганических веществ, что полностью соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени кандидата наук (п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года (с изменениями на 16 октября 2024 года, редакция, действующая с 1 января 2025 года), а ее автор - Акимочкина Галина Валерьевна - заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Официальный оппонент

Доктор химических наук (02.00.04-Физическая химия)
Профессор кафедры металловедения и термической обработки
металлов имени В. С. Биронта ИЦМ СФУ

Я, Жереб Владимир Павлович даю согласие на обработку моих персональных данных в документах, связанных с защитой кандидатской диссертации и оформлении аттестационного дела Акимочкиной Галины Валерьевны

10.11.2025

В.П. Жереб

Институт цветных металлов Сибирского федерального университета (ИЦМ СФУ)

Почтовый адрес: 660025, г. Красноярск, пр. им. газеты Красноярский рабочий, 95, ауд. 380 л.к., ИЦМ СФУ

Email: VZhereb@sfu-kras.ru

Контактный телефон: +7 (391) 206-36-75

Официальный сайт: <http://icmim.sfu-kras.ru/mitom>

