ОТЗЫВ

официального оппонента Шичалина Олега Олеговича 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 работы обусловлена решением одной из важнейших задач современного материаловедения - созданием эффективных ресурсосберегающих технологий производства керамических материалов с заданными свойствами. Особую значимость приобретает вовлечение в керамическое производство техногенных отходов, в частности дисперсных микросфер энергетических зол, которые представляют серьезную экологическую проблему. Согласно данным Минэнерго России, к 2024 году на золоотвалах накоплено около 1,3 млрд. тонн отходов, при этом ежегодно образуется около 18 млн. тонн, из которых утилизируется лишь 30%.

Перспективность дисперсных микросфер энергетических зол для получения стеклокерамических материалов определяется их уникальным составом, включающим макрокомпоненты $Si0_2$, Al_2O_3, CaO, FeO, высоким содержанием стеклофазы (41-94% в зависимости от типа золы), сферической морфологией и специфической микроструктурой частиц. Размер микросфер является ключевой технологической переменной, определяющей микроструктуру и свойства разрабатываемых композитов. Важным преимуществом предложенного подхода является возможность получения материалов непосредственно из зольных отходов без добавок и связующих, исключая энергоемкую стадию размола, что значительно упрощает технологический процесс.

Задачи, поставленные и успешно решенные в диссертационной работе: В диссертационной работе успешно решены следующие взаимосвязанные задачи. Разработана и оптимизирована технология аэродинамического и магнитного разделения энергетических зол, позволившая получать узкие фракции дисперсных микросфер (1-10 мкм) с воспроизводимым химическим составом. Проведен комплексный физико-химический анализ, установивший четкие закономерности влияния типа исходного угля на состав, фазовое состояние и морфологию микросфер. На этой основе создана технология прямого спекания, обеспечивающая формирование стеклокерамических материалов с управляемой микроструктурой. Экспериментально подтверждено, что полученные материалы соответствуют строгим требованиям, предъявляемым к технической керамике, высокоэффективным микрофильтрационным мембранам и специализированным магнитомягким композитам

Научная новизна и достоверность полученных результатов и выводов: 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

Получено ИХХТ СО РАН
7 ноября 2025 г.
Вход. № 287.8-23-08/34

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 работы: Практическая значимость работы заключается в разработке высокоэффективного способа переработки дисперсных микросфер энергетических зол в стеклокерамические материалы с оптимизированной структурой и комплексом заданных свойств. Полученные материалы демонстрируют широкие перспективы применения в различных отраслях: от теплоизоляционной керамики и высокоэффективных микрофильтрационных мембран до тонкой высокоплотной керамики и магнитомягких композитов. Важным преимуществом разработанных материалов является их устойчивость к агрессивным средам и высоким температурам, что определяет возможность использования в специализированных установках химической и энергетической промышленности. Результаты исследования создают научно-техническую основу для разработки новых наукоемких технологий комплексной переработки крупнотоннажных отходов тепловой энергетики в неорганические функциональные материалы с заданными эксплуатационными характеристиками, что имеет важное значение для реализации стратегии ресурсосбережения и снижения экологической нагрузки.

Оценка содержания 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. По результатам работы сформулированы выводы. Изложение материала в диссертации последовательно и логично. Автореферат в достаточно полном объеме представляет основные положения, результаты и выводы диссертационной работы.

Апробация работы: Основные материалы диссертации докладывались и обсуждались 4 международных и всероссийских конференция. По теме диссертации опубликовано 11 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ. Работа выполнялась в соответствии с планами НИР Института химии и химической технологии, проектам РФФИ-ККФН и РНФ

По диссертационной работе имеются несколько вопросов:

1. Почему при получении узких фракций из золы бурого угля (серия К) была исключена стадия магнитной сепарации, в отличие от обработки зол каменных углей, и как это отразилось на чистоте и свойствах конечных продуктов?
2. Проводился ли предварительный отжиг от частиц несгоревшего углерода для керамики, полученной из фракций серии Р и К, для которых п.п.п. составляет менее 5 мас.%, и если нет, то каким образом обеспечивалась стабильность состава при высокотемпературном синтезе?
3. Каким образом количественно определялось содержание некристаллической фазы (стеклофазы) методом Ритвельда, учитывая, что в классическом исполнении этот метод предназначен только для моделирования дифракционных картин от кристаллических фаз?
4. На основании каких критериев выбирались температурные режимы обжига (1000-1200°С) для различных типов микросфер, и проводились ли эксперименты по изучению кинетики спекания в этом температурном диапазоне?
5. Каков предполагаемый механизм образования магнитных свойств в материалах на основе

высококальциевой золы (серия К) после термической обработки, учитывая сложный характер фазовых превращений в системе $CaO–SiO_2–Al_2O_3–FeO$

Заключение: однако, возникшие вопросы не снижают ценности основных результатов и положений, защищаемых в диссертации, и не влияют на общее положительное впечатление от работы. Диссертационная работа Акимочкиной Галины Валерьевны «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 представляет собой завершенную научно-квалификационную работу и полностью отвечает требованиям ВАК РФ (п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 года в действующей редакции с дополнениями и изменениями от 25.01.2024г.) а ее автор - Акимочкина Галина Валерьевна - заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7 -технология неорганических веществ.

Официальный оппонент
Кандидат химических наук (02.00.04-Физическая химия)
научный сотрудник лаборатории ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

Я, Шичалин Олег Олегович даю согласие на обработку моих персональных данных в документах, связанных с защитой кандидатской диссертации и оформлении аттестационного дела Акимочкиной Галины Валерьевны

10.11.2025 *(дата)* *(подпись)* Шичалин О.О *(инициалы и фамилия)*

Институт наукоемких технологий и передовых материалов, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ИТПМ ДВФУ)
Почтовый адрес: Приморский край, посёлок Русский, посёлок Аякс, 10, корп. L, кампус Дальневосточного федерального университета
Email: oleg_shich@mail.ru
Контактный телефон: +7(914)-333-1221
Официальный сайт: https://www.dvfu.ru

Подпись заверяю:
начальник отдела кадрового администрирования *(должность)* *(подпись)* А.А. Белинская *(инициалы и фамилия)*

(печать)

(дата) 10.11.2025 г.