

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.228.04, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный
исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 02 декабря 2025 г. № 14

О присуждении **Акимочкиной Галине Валерьевне**, гражданке РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Стеклокерамические материалы на основе дисперсных микросфер энергетических зол» по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ принята к защите 23 сентября 2025 года (протокол заседания № 9) диссертационным советом 24.1.228.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) (660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50), приказ о создании диссертационного совета № 47/нк от 30 января 2017 года.

Соискатель Акимочкина Галина Валерьевна, 31 июля 1980 года рождения, в 2003 году окончила инженерно-физический факультет Красноярского государственного технического университета г. Красноярска с присуждением степени магистра физики по направлению «Техническая физика». С 2003 г. по 2006 г. обучалась в очной аспирантуре Института химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХХТ СО РАН) по направлению 04.06.01 химические науки, специальность 02.00.04 – Физическая химия. С 13 января 2025 года по 12 июля 2025 года Акимочкина Г.В. прикреплена к ФИЦ КНЦ СО РАН для сдачи кандидатских экзаменов по научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, отрасль наук – химические науки. Кандидатские экзамены сданы по следующим дисциплинам: Технология неорганических веществ, История и философия науки, Иностранный язык (английский). На момент подачи документов в диссертационный совет Акимочкина Г.В. занимала должность ведущего инженера лаборатории каталитических превращений малых молекул (КПММ) Института химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (ИХХТ СО РАН), в настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории КПММ ИХХТ СО РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории каталитических превращений малых молекул ИХХТ СО РАН.

Научный руководитель – кандидат химических наук Фоменко Елена Викторовна, старший научный сотрудник, исполняющая обязанности заведующего лабораторией каталитических превращений малых молекул ИХХТ СО РАН.

Официальные оппоненты:

Жереб Владимир Павлович, доктор химических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (СФУ), профессор кафедры металловедения и термической обработки металлов имени В. С. Биронта Института цветных металлов;

Шичалин Олег Олегович, кандидат химических наук, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ), научный сотрудник лаборатории ядерных технологий Института наукоемких технологий и передовых материалов

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХТТМ СО РАН), г. Новосибирск.

Отзыв **положительный**. Отзыв подготовлен и подписан главным научным сотрудником лаборатории «Методов синхротронного излучения», доктором химических наук Толочко Борисом Петровичем и старшим научным сотрудником лаборатории «Методов синхротронного излучения», кандидатом химических наук Коротаевой Зоей Алексеевной, отзыв утвержден директором ИХТТМ СО РАН, членом-корреспондентом РАН Немудрым Александром Петровичем. В отзыве ведущей организации отмечено, что научная новизна диссертационной работы заключается в определении ключевых стадий 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. В отзыве отмечена актуальность темы исследования, рассмотрена структура и содержание

диссертации, указаны теоретическая и практическая значимость, достоверность результатов, соответствие диссертации паспорту специальности. В заключении указано, что все научные положения и выводы, представленные в диссертационной работе, сформулированы грамотно и четко и в полной мере отражают результаты работы. Работа обладает единством, ее структурные части хорошо взаимосвязаны друг с другом, выводы сделаны на основе достоверных экспериментальных данных, которые не противоречат основным научным закономерностям. Автореферат соответствует диссертационной работе, отражая ее суть. По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, объему проведенных исследований и уровню обсуждения полученных результатов диссертационная работа «Стеклокерамические материалы на основе дисперсных микросфер энергетических зол» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям «Положения о присуждении ученых степеней» (Раздел II, пункты 9-11, 13, 14), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года (в действующей редакции), а ее автор, Акимочкина Галина Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7 – «Технология неорганических веществ».

Соискатель имеет по теме диссертации 15 опубликованных работ, из них 11 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Результаты работы доложены на конференциях различного уровня. Работы посвящены описанию схем выделения узких фракций дисперсных микросфер из энергетических зол, образующихся при сжигании каменных и бурых углей; исследованию физико-химических характеристик дисперсных микросфер макрокомпонентного состава, включающего оксиды кремния, алюминия, кальция и железа, как основы для получения стеклокерамических материалов; получению стеклокерамических материалов на основе фракций дисперсных микросфер и изучению свойств и характеристик полученных материалов.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Fomenko E.V., **Akimochkina G.V.**, Anshits A.G. Investigation of the composition of dispersed particles in fly ash and determination of the routes of PM₁₀ formation from the mineral components of lignite // Chemistry for Sustainable Development. – 2024. – Vol. 32, № 6. – P. 860-868.
2. **Акимочкина Г.В.**, Фоменко Е.В., Фадеева Н.П., Харченко И.А., Рыжков И.И., Павлов М.В., Павлов В.Ф., Аншиц А.Г. Высокопрочная пористая керамика на основе дисперсных микросфер летучих зол и перлита // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 339-349.
3. Fomenko E.V., **Akimochkina G.V.**, Anshits A.G., Fadeeva N.P., Kharchenko I.A., El'suf'ev E.V., Shabanova K.A., Maksimova A.A., Ryzhkov I.I. Ceramic substrates for filtration membranes based on fine fly ash microspheres // Membranes and Membrane Technologies. – 2024. – Vol. 6, № 2. – P. 71-83.

4. Fomenko E.V., **Akimochkina G.A.**, Knyazev Y.V., Semenov S.V., Yumashev V.V., Solovyov L.A., Anshits A.G. Characterization and magnetic properties of sintered glass-ceramics from dispersed fly ash microspheres // *Magnetochemistry*. – 2023. – Vol. 9, № 7. – 177.
5. Fomenko E.V., Anshits N.N., **Akimochkina G.V.**, Solovyov L.A., Kukhteskiy S.V., Anshits A.G. The composition and origin of PM₁₋₂ microspheres in high-calcium fly ash from pulverized lignite combustion // *Energies*. – 2022. – Vol. 15. – 5551.
6. **Акимочкина Г.В.**, Роговенко Е.С., Гареева А.С., Фоменко Е.В. Аэродинамическое выделение дисперсных микросфер PM_{2.5}, PM₁₀ из зол-уноса от сжигания бурых углей с целью получения новых материалов // *Журнал Сибирского федерального университета. Химия*. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 387-397.
7. **Акимочкина Г.В.**, Роговенко Е.С., Фоменко Е.В. Определение сопротивления раздавливанию и кислотостойкости узких фракций микросфер летучих зол как основы композитных материалов // *Журнал Сибирского федерального университета. Химия*. – 2020. – Т. 13, № 2. – С. 189-200.
8. Fomenko E.V., **Akimochkina G.V.**, Anshits A.G. Narrow dispersed fractions of high-calcium fly ash produced from the pulverized combustion of Irsha-Borodinsky coal // *Thermal Engineering*. – 2019. – Vol. 66, № 8. – P. 560-568.
9. Fomenko E.V., Anshits N.N., Kushnerova O.A., **Akimochkina G.V.**, Kukhtetskiy S.V., Anshits A.G. Separation of non-magnetic fine narrow fractions of PM₁₀ from coal fly ash, their characteristics and mineral precursors // *Energy and Fuels*. – 2019. – Vol. 33, № 4. – P. 3584-3593.
10. Фоменко Е.В., **Акимочкина Г.В.**, Аншиц А.Г. Аэродинамическое выделение алюмосиликатных дисперсных узких фракций из летучей золы экибастузского угля и их характеристика // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2018. – № 12. – С. 156-164.
11. Kushnerova O.A., **Akimochkina G.V.**, Fomenko E.V., Rabchevskii E.V., Anshits A.G. Single-stage aerodynamic separation of fly ash from the pulverized combustion of Ekibastuz basin coal // *Solid Fuel Chemistry*. – 2018. – Vol. 52, № 3. – P. 188-200.

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные.

Краткий обзор вопросов и замечаний, содержащихся в отзывах ведущей организации (ИХТТМ СО РАН г. Новосибирск), официальных оппонентов д.х.н. Жереба В.П. (СФУ, г. Красноярск), к.х.н. Шичалина О.О. (ДВФУ, г. Владивосток) и на автореферат д.х.н., проф. Школьников Е.В. (СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург), д.т.н., проф. Яценко Е.А. (ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск), к.х.н. Беляева В.Д. (ИК им. Г.К. Борескова, г. Новосибирск), д.ф.-м.н. Базарова Б.Г. (БИП СО РАН г. Улан-Удэ), д.х.н., проф. Конченко С.Н. (ИНХ СО РАН, г. Новосибирск), д.т.н. Федюка Р.С. (ДВФУ, г. Владивосток), к.х.н. Парфенова В.А. (АО «Аксион – Редкие и Драгоценные металлы», г. Солнечногорск):

1. Как вычислялась погрешность измерений для итоговых значений и в рамках методов химического анализа, и РФА? Следовало привести погрешности измерения

- концентраций и других характеристик, как микросфер, так и материала, полученного из них. В таблицах с химическим и фазовым составом образцов узких фракций дисперсных микросфер не указана погрешность определения содержания оксидов и фаз.
2. Учитывая, что золы могут содержать достаточно значимое количество тяжелых металлов, не наблюдал ли Автор эффекты допирования или интеркаляции этих элементов в макроскопические фазы?
 3. На рисунке 4.7 хорошо виден «шум» на дифрактограммах, особенно в сравнении с рисунками 4.6 и 4.8. Чем Автор объясняет его появление, учитывая отжиг при 1100°C, и насколько он мешает определению фаз исследуемых образцов?
 4. Чем обусловлен выбор сырья для выделения дисперсных микросфер?
 5. С чем связано присутствие во фракциях микросфер серии Р характерно вспененных частиц? А во фракциях микросфер серии К сфер с шероховатой поверхностью?
 6. Отсутствует сравнение фильтрационных свойств полученных керамических мембран с известными мембранными материалами за исключением фразы, что параметры сопоставимы по отдельным показателям.
 7. Почему при получении узких фракций из золы бурого угля была исключена стадия магнитной сепарации, в отличие от обработки зол каменных углей, и как это отразилось на чистоте и свойствах конечных продуктов?
 8. 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?
 9. 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?
 10. На основании каких критериев выбирались температурные режимы обжига (1000-1200°C) для различных типов микросфер, и проводились ли эксперименты по изучению кинетики спекания в этом температурном диапазоне?
 11. Каков предполагаемый механизм образования магнитных свойств в материалах на основе высококальциевой золы после термической обработки, учитывая сложный характер фазовых превращений в системе $[\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO}]$?
 12. Как были обработаны Мессбауэровские спектры исходного образца дисперсных микросфер К-2 и образца керамического материала, полученного на его основе при 1200 °С для интерпретации результатов?
 13. Завышена точность представления (сотые мас.%) оксидного состава индивидуальных микросфер (глобул), оцененного в таблице к рис. 5 (стр. 13) на основе элементного анализа, а также содержания оксидов в исходных зольных продуктах (табл.1, стр.7) с учетом сложности химического состава золы и потерь при прокаливании.

14. Как выполнен количественный фазовый анализ фракций дисперсных микросфер (рис.7, стр. 15) при столь малых содержаниях кальцита и Fe-шпинели (0.3 и 1 мас. %), кварца и гематита (1 мас. %)?
15. В исходных золах (табл. 1) содержится оксид Fe_2O_3 , а в индивидуальных глобулах (таблица к рис.5) указано содержание FeO. На какой стадии технологического процесса или анализа Fe_2O_3 превращается в FeO?
16. По нашему мнению, тематика диссертации больше подходит паспортам специальности 2.6.14, 2.1.5 или 1.6.21, а не специальности 2.6.7.
17. Неясно, почему в разделе «Степень разработанности темы» не описаны ведущие научные коллективы, работающие в научной области диссертации.
18. При описании фазового состава следовало привести не только названия фаз, но и их химические формулы.
19. Вызывает недоумение отсутствие у автора патентов на способ переработки дисперсных микросфер энергетических зол в стеклокерамические материалы, на полученные керамические мембраны.
20. Как меняется микроструктура образцов полученных при различных температурах?
21. Почему для исследования маршрутов образования дисперсных микросфер выбраны частицы размером 1–2 мкм. Их каких минеральных прекурсоров образовались дисперсные частицы размером от 2 до 10 мкм?
22. Почему для синтеза стеклокерамики не исследовались композиции из фракций дисперсных микросфер разного состава и размера?
23. Что диссертант имеет под термином «энергетические золы: это золы-уноса или золошлаковые отходы? И почему исследуются только отходы трех электростанций - насколько эти результаты воспроизводимы для других регионов?
24. Каковы перспективы полученных Вами стеклокерамических композиций в отношении фильтрации промышленных сточных вод и/или иных технологических объектов?
25. В работе определены структурообразующие минеральные прекурсоры, термохимические превращения которых привели к образованию дисперсных микросфер. Почему не исследовался минеральный состав исходного угля?

Все присланные отзывы отмечают актуальность выполненной работы, ее научную новизну и практическую значимость. Достоверность результатов ни у кого из приславших отзывы сомнений не вызвала.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован наличием широко известных публикаций в области химического материаловедения, высокотемпературных и функциональных композиционных материалов, что позволяет полно и квалифицированно оценить научную и практическую ценность рассматриваемой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана и оптимизирована технология аэродинамического и магнитного разделения энергетических зол, позволившая получать узкие фракции дисперсных микросфер с воспроизводимыми гранулометрическим, химическим и фазовым составами;
- установлены термохимические и фазовые превращения дисперсных микросфер в системах $[\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--FeO}]$ и $[\text{CaO--SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--FeO}]$ в диапазоне температур 1000-1200°C при формировании стеклокерамических материалов на их основе.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установленные автором общие закономерности изменения химического и фазового состава фракций дисперсных микросфер в зависимости от их размера и типа сжигаемого угля вносят существенный вклад в технологию неорганических веществ.

Применительно к проблематике диссертации

эффективно использован комплекс современных физическо-химических методов исследования и анализа: рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, синхронный термический анализ, Мёссбауэровская спектроскопия, химический анализ.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны основы технологии переработки дисперсных микросфер энергетических зол в новые керамические материалы оптимальной структуры для получения теплоизоляционной, тонкой и высокоплотной керамики, высокоэффективных микрофильтрационных мембран и магнитомягких композитов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- воспроизводимость результатов экспериментов;
- согласованность данных, полученных различными физическими методами исследования с использованием сертифицированного оборудования;
- использование баз данных и научных электронных библиотек;
- обоснованность экспериментальными данными основных положений и выводов диссертации.

Личный вклад соискателя состоит:

в непосредственном участии в постановке цели и задач исследований; в планировании, проведении экспериментов, анализе, обработке и интерпретации полученных результатов и их представлении в форме научных публикаций и докладов на конференциях различного уровня.

В ходе защиты диссертации критических замечаний не было. Соискатель Акимочкина Г.В. ответила на задаваемые в ходе заседания вопросы.

