

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.12

по диссертации Аверкиной Анастасии Сергеевны

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Диссертация **«Физико-химические основы технологии синтеза осадкопреобразующего реагента на основе AgI-SiO_2 »** по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ принята к защите 15 сентября 2022 г. (протокол заседания № 7) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.12, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от 27 января 2022 г. № 5-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым – четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. N 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. N 1792-р.

Диссертация выполнена в лаборатории «Многофазные дисперсные системы» в «Институте технической химии Уральского отделения Российской академии наук» - филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, Министерство образования и науки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Вальцифер Виктор Александрович, «Институт технической химии

Уральского отделения Российской академии наук» - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук

Официальные оппоненты:

Конькова Татьяна Владимировна; доктор технических наук (05.17.01 – Технология неорганических веществ), доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Министерство науки и высшего образования РФ, кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, профессор;

Сайкова Светлана Васильевна; доктор химических наук (05.17.01 – Технология неорганических веществ), доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» Министерство науки и высшего образования РФ, кафедра физической и неорганической химии, профессор.

дали *положительные* отзывы диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования РФ (г. Казань). Отзыв ведущей организации утвержден Сафиным Русланом Рушановичем, доктором технических наук, профессором, исполняющим обязанности проректора по научной работе КНИТУ, заслушан на расширенном заседании кафедры технологии неорганических веществ и материалов и подписан Хацриновым Алексеем Ильичом, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой технологии неорганических веществ и материалов ФГБОУ ВО «КНИТУ». В отзыве указано, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной проблемы для развития технологий искусственного управления осадками за счет повышения эффективности применяемого иодида серебра, а соискатель

Аверкина Анастасия Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их научными достижениями в области технологий неорганических веществ, которые по предметной области соответствуют направлению диссертационного исследования соискателя; наличием достаточной квалификации для оценки научной и практической значимости, обоснованности и достоверности полученных выводов.

По теме диссертации соискателем опубликовано 6 научных трудов, в том числе 1 работа в ведущем рецензируемом научном издании, рекомендованном для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени, и 2 работы в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science, Scopus. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Аверкина А. С. Синтез и структурные особенности гибридных порошковых материалов на основе коллоидного диоксида кремния и иодида серебра / А. С. Аверкина, Т. Е. Ощепкова, В. А. Вальцифер, В. Н. Стрельников // Неорганические материалы. – Т.56. – 2020. – С. 860-864. Переводная версия: Inorganic Materials. – V. 56. – 2020. – P. 815-819. 864 (**Web of Science, Scopus**) (0,79 п. л., авт. 0,71 п. л.).

В работе рассмотрены способы создания потенциальных реагентов для процессов осаждения атмосферной влаги. В работе гибридный порошок представлен как совокупность инертной матрицы (коллоидного диоксида кремния) и модификатора (активного реагента, в данном случае иодида серебра). Показано влияние способа синтеза композитного порошка на фазовое состояние модификатора. Исследованы структурные характеристики полученных порошковых материалов.

2. Averkina A. S. The Influence Preparation Way on Properties Powders AgI-SiO₂ / **A. S. Averkina**, N. B. Kondrashova, I. V. Valtsifer, V. A. Valtsifer // Silicon. – V. 14. – 2021. – P. 5415-5425 (**Scopus**) (0,91 п. л., авт. 0,88 п. л.).

В данной работе методом гидротермально-темплатного синтеза получены гибридные порошки (ГП) на основе мезопористого кремнезема (МСМ-48), легированного иодидом серебра. Исследовано влияние концентрации и последовательности введения в реакционную смесь прекурсоров иодида серебра и кремнезема на текстурно-структурные и морфологические свойства систем AgI-SiO₂. Установлено, что последовательность введения прекурсора влияет как на характер распределения иодида серебра по поверхности кремнеземной матрицы, так и на текстурные свойства синтезированного порошка AgI-SiO₂.

3. Аверкина А. С. Получение гибридных порошковых материалов AgI-SiO₂, их свойства и применение в качестве осадкопреобразующих реагентов // **Аверкина А. С.**, Кондрашова Н. Б., Вальцифер В. А. // Вестник технологического университета. – Т.25. – № 7. – 2022. – С. 31-38. (0,74 п. л., авт. 0,70 п. л.).

В работе предложены способы получения гибридных порошковых материалов AgI-SiO₂ (ГПМ AgI-SiO₂) на основе иодида серебра и кремнеоксидных матриц с различными текстурно-структурными свойствами, предназначенных для борьбы с низкими облаками и теплыми/переохлажденными туманами. Предложенные способы синтеза гибридных порошковых материалов направлены на повышение эксплуатационного ресурса технического иодида серебра, используемого в качестве осадкопреобразующего реагента. Для всех синтезированных образцов ГПМ AgI-SiO₂ определены характеристические особенности и технические свойства.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, все отзывы положительные: **Ильин Алексей Алексеевич**, кандидат технических наук, директор по НИР, АО «ГалоПолимер»; **Ситников Петр Александрович**,

кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Ультрадисперсных систем», Институт химии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН); **Зубарев Михаил Павлович**, кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической химии, химической технологии и техносферной безопасности, ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», **Данелян Баграт Григорьевич**, кандидат физико-математических наук, начальник центра физики облаков и активных воздействий, ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория»; **Дидик Марина Владимировна**, кандидат химических наук, доцент кафедры Фундаментальной и прикладной химии, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»; **Шуняев Константин Юрьевич**, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт металлургии УрО РАН; **Винник Денис Александрович**, доктор химических наук, доцент, заведующий кафедрой «Материаловедение и физико-химия материалов», ФГАУ ВО «Южно-уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

В отзывах дана высокая оценка научного уровня диссертации Аверкиной Анастасии Сергеевны, ее теоретической и практической значимости. Отмечено, что диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

изучены физико-химические основы технологий синтеза и общие тенденции создания гибридных порошковых материалов на основе иодида серебра и кремнеоксидных матриц различных типов: пирогенного диоксида

кремния Aerosil 380, а также диоксида кремния со структурой пор MCM-48, MCM-41 и SBA-15;

определен рецептурный состав, оптимизированы технологические параметры и приведены технологические схемы получения гибридных порошковых материалов AgI-SiO₂, предназначенных для улучшения конденсационной и льдообразующей активности;

разработаны две технологии получения полифункциональных гибридных порошковых материалов AgI-SiO₂, предназначенных для изменения неблагоприятной метеорологической обстановки, на основе методов пастоформирования «МПФ» и гидротермального синтеза «ГТС»;

показано, что синтезированные ГПМ AgI-SiO₂ активны в отношении разрушения теплых и переохлажденных туманов. Отмечено, что эффективность ГПМ AgI-SiO₂ при разрушении туманов определяется особенностями кремнеоксидных матриц и зависит от соотношения [Ag]/[Si] в составе реагентов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установлено влияние метода синтеза на структуру и содержание иодида серебра в составе гибрида, а также на структурно-текстурные, морфологические и реологические свойства синтезированного гибридного реагента;

получены теоретические основы, которые могут позволить регулировать соотношения активатора и инертной матрицы в составе реагента для достижения наилучшей конденсационной активности в различных условиях.

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

разработаны технологии получения (операционные и принципиальные схемы) гибридных порошковых материалов AgI-SiO₂ и их рецептурный состав, обладающих мультифункциональной активностью в отношении разрушения областей, перенасыщенных влагой;

установлено, что синтезированные реагенты могут проявлять активность в отношении разрушения туманов в диапазоне температур от минус 40 °С до плюс 5 °С;

отмечено, что термоустойчивость иодида серебра в составе ГПМ AgI-SiO₂ повышена до 1000 °С. Показано, что ГПМ AgI-SiO₂, синтезированные методом «МПФ», могут использоваться в качестве реагентов для аэрозольных генераторов, а гибриды AgI-SiO₂, полученные методом «ГТС» - для высокоэнергетических составов;

определено, что за счет увеличения центров активной конденсации и инициирования нисходящих потоков частиц воды, полученные высокодисперсные твердофазные реагенты AgI-SiO₂ позволят снизить расход дорогостоящего реагента AgI на единицу обрабатываемого объема атмосферы;

установлено, что разработанные неорганические реагенты AgI-SiO₂ и методы их получения удовлетворяют потребности снижения затрат на организацию технологий искусственного управления осадками и обеспечивают получение осадкопреобразующих реагентов с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные работы проводились в лабораторных условиях с применением современных физико-химических методов исследования и аттестованных приборов, позволивших получить точные и воспроизводимые данные, которые коррелируют с проведенными натурными исследованиями;

проведенные **опытные испытания** позволили подтвердить эффективность и перспективность синтезированных гибридных порошковых материалов AgI-SiO₂ при воздействии на перенасыщенные водяные туманы;

идея базируется на анализе и обобщении отечественного и зарубежного опыта создания гибридных порошковых материалов и необходимости получения реагентов, используемых в технологиях искусственного управления осадками;

установлено, что результаты, полученные автором, согласуются с данными, представленными в современной научной литературе по данной тематике.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследования, теоретическом и методическом обосновании путей их решения, разработке рецептуры и технологии синтеза гибридных порошковых материалов AgI-SiO₂, проведении экспериментальных исследований: определении структурно-текстурных свойств, морфологических особенностей, реологических и технических характеристик, а также в обработке, обобщении и интерпретации полученных результатов, формулировке выводов, подготовке и оформлении публикаций.

Диссертационный совет пришел к выводам о том, что:

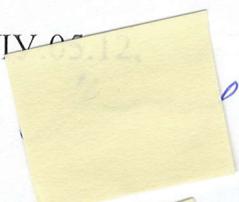
1) диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 декабря 2021 г. № 1-О: в работе изложены научно обоснованные технологические решения по вопросам физико-химических основ синтеза осадкопреобразующего твердофазного материала на основе β -AgI, обладающего повышенной термоустойчивостью AgI и эффективностью разрушения облаков и туманов при различных температурах;

2) диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую п. 9. «Разработка оптимальных структур и конструкций, а также инновационных технологий изготовления материалов с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями для обеспечения снижения затрат на организацию их производства и повышение качества продукции» паспорта научной специальности: 2.6.7. Технология неорганических веществ.

На заседании 01 декабря 2022 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.12 принял решение присудить Аверкиной Анастасии Сергеевне ученую степень кандидата технических наук (протокол № 8 от 01 декабря 2022 г.).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 17, против присуждения ученой степени – нет.

Председатель диссертационного совета Д ПНИПУ.05.12,
доктор технических наук, профессор

 Рудакова Л.В.

Ученый секретарь диссертационного совета Д ПНИПУ.05.12,
кандидат технических наук, доцент

 Калинина Е.В.

« 6 » декабря 2022 г.