

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО
ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИХТТМ СО РАН)

ул. Кутателадзе, д. 18, Новосибирск, 630090
Телефон (383) 332-40-02, факс (383) 332-28-47
E-mail: secretary@solid.nsc.ru, http://www.solid.nsc.ru
ОКПО 03534021, ОГРН 1025403647972,
ИНН/КПП 5406015261/540801001

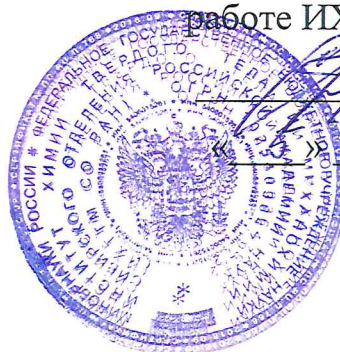
УТВЕРЖДАЮ

зам. директора по научной

работе ИХТТМ СО РАН, к.х.н.

Титков А.И.

2026 г.



05.06.2026 № 15333-62-34

На № _____ от _____

Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Иванова Алексея Владимировича
«Физико-химические основы применения ферритов в процессах магнитно-адсорбционной и озонолитической очистки воды», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия

Актуальность темы. Устойчивое развитие человечества невозможно без внедрения новых безотходных технологий. Снижение экологической нагрузки на окружающую среду актуально как не когда в настоящее время. Поэтому разработка подходов к эффективной очистке воды является одной из важнейших задач, решение которых направлено на улучшение качества жизни населения и снижение сбросов промышленных предприятий. Современные условия требуют создания новых материалов и изучение физико-химических процессов, обеспечивающих необходимый эффект на основе связи адсорбционной и каталитической активности со способом получения и структурой материала. Работа Иванова А.В. направлена на разработку магнитных адсорбентов и катализаторов озонлиза органических соединений на основе ферритов. Для интерпретации результатов автором не

только выполнены аппроксимации полученных зависимостей в рамках известных моделей, но и сформулированы макрокинетическая модель озонолиза, включающая процессы массообмена, выявлены корреляции каталитической и адсорбционной активности со структурными особенностями материалов. В силу вышесказанного, не вызывает сомнения, что диссертационная работа Иванова А.В. актуальна.

Целью работы являлась адаптация методик получения функциональных материалов на основе ферритов с изучением физико-химических и макрокинетических закономерностей использования ферритов в качестве магнитной компоненты активированных углей и катализаторов озонолитической очистки воды от органических загрязнителей.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 134 страницах машинописного текста, включая 38 рисунков и 10 таблиц, библиография включает 115 наименований.

Во **введении** определена разработанность и обоснована актуальность темы работы, сформулированы цели и задачи работы, новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробации материала.

В **первой главе** представлен подробный, вдумчивый обзор литературных источников по теме диссертации. Кратко рассматриваются основные модели адсорбции на поверхности жидкость - твердое тело. Приведены основные закономерности озонолиза органических соединений различных классов в водной среде, методы получения ферритов и их применение как катализаторов озонолиза.

Вторая глава посвящена получению магнитного углеродного адсорбента на основе коммерческих активированных углей БАУ-А и АГ-З методом разложения нанесенного оксалата железа (II) в условиях отсечения воздушной атмосферы (защищаемое положение 1). Методами азотной порометрии и молекулярных щупов показано слабое влияние нанесения магнетита использованным методом на удельную площадь поверхности и объем пор. Исследование адсорбции фенола и нитробензола из водных растворов показало, что оно описывается уравнением Дубинина-Радushкевича как для исходного активированного угля БАУ-А, так и для полученного на его основе магнитного адсорбента. Сделан вывод, что в результате нанесения магнетита методом разложения оксалата железа (II) адсорбционные характеристики меняются незначительно: предельные адсорбции фенола и нитробензола снижаются на 19% и 52% соответственно, для фенола не происходит изменения энергии насыщения, а для нитробензола она снижается на 32%. (вывод 1).

Приоритетная публикация, отражающая содержание 2-й главы диссертации, защищаемое положение 1 и вывод 1:

Kalenskii A., Ivanov A., Sevostyanov D., Zvekov A., Krechetov A. The adsorption performance of porous activated carbons prepared from iron (II) precursors precipitated on the porous carbon matrix thermolysis //Magnetochemistry. 2023. Т. 9. № 6. С. 151.

Достоверность результатов второй главы и соответствующих защищаемого положения 1 и вывода 1 обосновывается использованием комплекса хорошо апробированных физико-химических методов для исследования пористой структуры адсорбентов и адсорбции на них органических соединений.

Значимость результатов 2-й главы заключается в уточнении способа получения магнитного адсорбента методом разложения оксалата железа (II), нанесенного на углеродную матрицу с определением физико-химических параметров процесса адсорбции фенола и нитробензола из водных растворов.

В третьей главе представлено описание синтеза феррита цинка, результаты его характеризации физико-химическими методами и его применение для озонолитической очистки воды от фенола. Образцы феррита цинка получены гидротермальным методом и методом разложения соосажденных оксалатов. Показано преимущественное формирование фазы феррита цинка с развитой поверхностью и наличием поверхностных гидроксильных групп в обоих случаях (вывод 2). Показана выраженная каталитическая активность полученных образцов феррита цинка в процессе озонолитического окисления фенола в стандартном растворе и как компонента оборотной воды коксохимического производства (вывод 3). Из сравнения начальных скоростей и времен полупревращения сделан вывод: активность феррита цинка, полученного оксалатным способом, превышает активность, полученного гидротермальным методом (защищаемое положение 2 и вывод 4).

Приоритетные публикации, отражающие содержание 3-й главы диссертации и соответствующие выводы и 3 2 и защищаемое положение 3:

1. Каленский А.В., Звеков А.А., Иванов А.В., Корчуганова К.А., Яковлев С.А., Гордиенко А.Б. Применение каталитического озонлиза для очистки оборотных вод коксохимических производств // Кокс и химия. 2025. №10. С. 21-26.

2. Корчуганова К.А., Звеков А.А., Иванов А.В., Кречетов А.Г., Каленский А.В. Ферритовые катализаторы для очистки сточных вод // Бутлеровские сообщения. 2024. Т. 79. № 8. С. 43-50.

3. Каленский А.В., Звеков А.А., Корчуганова К.А., Иванов А.В., Пугачев В.М., Качурин В.А., Чиркова И.М. Исследование процесса озонлиза фенола в присутствии феррита цинка методом УФ-Вид спектроскопии // Химия в интересах устойчивого развития. 2025. Т. 33, № 6. С. 801–807.

Достоверность результатов третьей главы и соответствующих защищаемого положения 2 и выводов 2-4 подтверждается использованием

простых и воспроизводимых методов синтеза образцов, стандартных способов их характеристики и известных спектральных методов определения концентраций реагентов при исследовании каталитической реакции озонлиза.

Значимость результатов 3-й главы связана с тем, что в ней продемонстрирована выраженная каталитическая активность феррита цинка, полученного доступными методами в процессе озонлиза модельного загрязнителя – фенола, в том числе в реальном объекте, которая в перспективе позволит снизить энергозатратность и повысить доступность озонолитических технологий очистки воды.

Четвертая глава посвящена интерпретации результатов по каталитическому озонлизу фенола. На основании анализа полученных спектров поглощения показано наличие помимо фенола двух компонентов: сумм промежуточных и конечных продуктов. Оценены эффективные константы скорости первого порядка для обобщенной двухстадийной реакции для некаталитической реакции и в случае катализа ферритом цинка оксалатного и гидротермального синтеза (защищаемое положение 3 и вывод 5). Получены спектры поглощения компонентов с их интерпретацией. Рассмотрен массообмен при всплывании пузырька газа, содержащего озон, и оценена эффективная константа скорости массообмена (вывод 6). Показано, что она позволяет с удовлетворительной точностью оценить эффективную константу скорости снижения концентрации фенола при озонлизе оборотной воды с учетом типичного содержания других компонентов (вывод 7). Обнаружена корреляция каталитических свойств феррита цинка и содержания в нем поверхностных гидроксильных групп.

Достоверность результатов четвертой главы и соответствующих защищаемого положения 3 и выводов 5-7 обосновывается использованием известных подходов к количественному анализу спектральных зависимостей

свопоглощения и макрокинетики химических реакций, а также внутренней непротиворечивостью результатов.

Значимость результатов 4-й главы заключается в интерпретации кинетических закономерностей озонлиза и построении цепочки способ получения – структура – каталитическая активность в случае феррита цинка – катализатора озонлиза органических соединений.

Результаты диссертации опубликованы в достаточном количестве статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов кандидатской диссертации. Результаты работы докладывались на конференциях всероссийского и международного уровня, обеспечив необходимую апробацию. Автореферат соответствует диссертации.

Принципиальные замечания и вопросы по диссертации отсутствуют. В то же время, работа не свободна от недостатков. Ниже перечислены основные из возникших **вопросов, замечаний и комментариев**:

1. Исследования по получению и адсорбционным свойствам магнитного углеродного сорбента на основе коммерческих активированных углей БАУ-А и АГ-3 (глава 2) идейно не связаны со всей остальной работой по каталитическому озонлизу водного раствора фенола (главы 3 - 4). Общего у этих частей работы только водный раствор фенола. Не рассматривается способ регенерации насыщенного фенолом магнитного углеродного сорбента, например, озонлизом, хотя это позволило бы связать воедино данную работу. Не видно принципиальных трудностей нанести на готовый магнитный углеродный сорбент и катализатор озонлиза – феррит цинка.
2. Совершенно не обсуждается потенциальная роль нестехиометрии феррита цинка в каталитическом окислении фенола. Какой получился при термическом синтезе – такой и взяли как катализатор. Газовой обработкой в восстановительной или окислительной среде можно

было бы найти условия для получения катализатора с оптимальными свойствами.

3. Насколько целесообразно выполнение глубокого кинетического анализа для столь сложного многостадийного химического процесса как озонлиз фенола? Все полученные константы скоростей стадий носят эффективный характер, тем более что в автореферате не удалось найти таблицы 3, где они должны были быть представлены.
4. Рисунок 25 обозначен в тексте диссертации под номером как рисунок 28, а ссылка в тексте на рисунок 34 на стр.83 соответствует рисунку 38.
5. Хотелось бы узнать, что автор имеет в виду на стр.111 «...адсорбированной на анионной вакансии молекулы воды (в водном растворе катионная вакансия должна существовать именно в таком виде)».

Диссертация Иванова А.В. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, существенной для развития физической химии: разработки методов получения и исследования адсорбционных и каталитических свойств пористых материалов на основе ферритов. По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, объему проведенных исследований и уровню обсуждения полученных результатов диссертационная работа «Физико-химические основы применения ферритов в процессах магнитно-адсорбционной и озонлитической очистки воды» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям «Положением о порядке присуждения ученых степеней» (пункты 9, 10, 11, 13), утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 (в действующей редакции), а ее автор Иванов Алексей Владимирович заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия.

Отзыв составлен доктором химических наук (специальность 02.00.21 – химия твердого тела), старшим научным сотрудником лаборатории химии твердого тела Сидельниковым Анатолием Анатольевичем. Работа обсуждена, а отзыв заслушан и одобрен на научном семинаре лаборатории химии твердого тела ФГБУН Института химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук 4 июня 2026 г., протокол № 06/26.

д.х.н., с.н.с. лаб. химии твердого тела

 Сидельников Анатолий Анатольевич

04 июня 2026 г.

Подпись д.х.н., с.н.с. Сидельникова А.А. заверяю.

Ученый секретарь ИХТТМ СО РАН, д.х.н.



 Шахтшнейдер Татьяна Петровна