

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по научно-инновационной
работе КемГУ

доктор экономических наук, доцент

Е.А. Жидкова

» марта 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Кемеровский государственный университет»
по диссертации Иванова Алексея Владимировича «Физико-химические основы
применения ферритов в процессах магнитно-адсорбционной и озонолитической очистки
воды» на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по научной
специальности 1.4.4. Физическая химия

Диссертация Иванова Алексея Владимировича «Физико-химические основы
применения ферритов в процессах магнитно-адсорбционной и озонолитической очистки
воды», представляемая на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 1.4.4 Физическая химия, выполнена на кафедре химии твердого тела
и химического материаловедения Института фундаментальных наук Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения «Кемеровский
государственный университет». В период подготовки кандидатской диссертации соискатель
Иванов А.В. являлся аспирантом, а также ассистентом и старшим преподавателем кафедры
химии твердого тела и химического материаловедения Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский
государственный университет»

В 2019 году с отличием закончил магистратуру института фундаментальных наук
Кемеровского государственного университета по направлению «Химия». С сентября 2021
года по август 2025 года проходит обучение в аспирантуре по направлению «Физическая
химия». С сентября 2019 года работает ассистентом кафедры химии твердого тела и
химического материаловедения, в сентябре 2023 года принят на должность старшего
преподавателя данной кафедры.

Научный руководитель диссертационной работы – Звеков Александр Андреевич,
доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры химии твердого тела

и химического материаловедения института фундаментальных наук федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет» является соавтором большинства работ, в которых изложено основное содержание диссертации Иванова А.В.

Диссертация «Физико-химические основы применения ферритов в процессах магнитно-адсорбционной и озонолитической очистки воды» рассмотрена на семинаре Института фундаментальных наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет», на котором присутствовали к.ф.-м.н. Газенаур Е.Г. (директор института фундаментальных наук, председатель семинара), д.ф.-м.н. Звеков А.А. (секретарь), д.ф.-м.н. Гордиенко А.Б., д.ф.-м.н. Журавлев Ю.Н., д.ф.-м.н. Каленский А.В., д.х.н. Салищева О.В., д.ф.-м.н. Федоров И.А, д.ф.-м.н. Шандаков С.Д., Иванов А.В., всего 9 человек, из них 7 докторов наук - членов диссертационного совета 24.2.315.09 по специальности 1.4.4. «Физическая химия».

При обсуждении результатов, полученных в диссертационной работе, были заданы следующие вопросы:

1. д.ф.-м.н. Шандаков С.Д.: Каким образом ставился эксперимент по озонолизу? Использовалась ли магнитная мешалка при перемешивании раствора? Где именно идет реакция при озоноллизе: в пузырьке, в толще жидкости? Успевают ли озон продифундировать до пор катализатора? Какие из выводов работы относятся к результатам расчета? На каких основаниях Вы утверждаете, что диссертация соответствует пункту 6 паспорта специальности «1.4.4 – Физическая химия»? В чем кроется «неравновесность» изучаемого процесса?

2. д.ф.-м.н. Журавлев Ю.Н.: Каким способом показано снижение адсорбционной способности и каталитический эффект от действия ферритов? Что именно понимается под термином «оптимизация» в цели работы? Какие именно усовершенствования были сделаны при оптимизации методик синтеза?

3. д.ф.-м.н. Гордиенко А.Б.: В работе часто используется термин «магнитный». Как конкретно используется магнитный характер полученных материалов? Прокомментируйте формулировку модели. Из слайда не ясно каким образом вводится константа массообмена. Что понимается под обозначением «[Ph]»?

4. д.х.н. Салищева О.В.: Подумайте, как разграничить объекты исследования в докладе (адсорбенты и катализаторы), поскольку пока не всегда ясно, какие результаты относятся к каждому из них. Не стоит ли построить доклад на основе защищаемых положений?

5. д.ф.-м.н. Федоров И.А.: Насколько важно для данного катализатора обладать магнитными свойствами? Измерялись ли магнитные характеристики (напряженность поля насыщения, коэрцитивная сила)?

6. д.ф.-м.н. Каленский А.В.: Какие продукты образуются при деструкции фенола? насколько корректно использование термина «деструкция» (сохраняется ли бензольное кольцо)?

7. к.ф.-м.н. Газенаур Е.Г.: По каким причинам Вы не ставили основной целью практическую разработку материалов для систем водоочистки? Не стоит ли усилить выводы работы численными значениями определенных физико-химических величин?

На все вопросы Иванов А.В. дал убедительные и аргументированные ответы.

По итогам обсуждения диссертационной работы принято следующее **закключение**:

Диссертация Иванова Алексея Владимировича «Физико-химические основы применения ферритов в процессах магнитно-адсорбционной и озонолитической очистки воды» выполнена на кафедре химии твердого тела и химического материаловедения Института фундаментальных наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Кемеровский государственный университет» в период с 2021 по 2026 гг.

Личный вклад соискателя: Автором изучены и проанализированы литературные данные по теме работы, получены основные экспериментальные результаты работы. Совместно с научным руководителем автором проведены формулировка задач, выбор методов исследования, анализ полученных результатов. В опубликованных в соавторстве статьях, автору принадлежат результаты, сформулированные в положениях, выносимых на защиту, результатах и выводах работы.

Высокая степень достоверности результатов, проведенных Ивановым А.В. исследований обоснована использованием известных и апробированных методик синтеза объектов исследования, применением стандартизированных и хорошо зарекомендовавших себя экспериментальных методов исследования высокопористых материалов и гетерогенных катализаторов, использованием общепринятых подходов химической термодинамики и кинетики для интерпретации результатов. Результаты диссертации докладывались на 5 конференциях различного уровня, изложены в 10 научных работах, в том числе в 4 статьях в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертации.

Научная новизна работы

1. Впервые исследованы основные характеристики пористой структуры и адсорбционная способность магнитных активированных углей, полученных нанесением магнетита с помощью реакции разложения оксалата железа (II).
2. Впервые исследована каталитическая активность феррита цинка, полученного оксалатным методом, в реакции озонлиза фенола.
3. Впервые оценено каталитическое действие ферритов цинка оксалатного и гидротермального способов синтеза на процесс озонлитической очистки оборотной воды коксохимического производства.

Теоретическая значимость работы определяется установлением взаимосвязи между методиками синтеза катализаторов озонлиза и магнитных адсорбентов с их физико-химическими свойствами, включая удельную площадь поверхности, эффективную константу скорости реакции и глубину окисления органических соединений, а также обнаруженным эффектом влияния других компонентов оборотной воды коксохимического производства на скорость и преимущественное направление деградации фенола.

Практическая значимость работы связана с оптимизацией методик получения магнитных катализаторов и адсорбентов, которые могут быть успешно масштабированы для применения на сооружениях очистки сточных вод и станциях водоподготовки населенных пунктов. Разработанные подходы могут быть адаптированы к очистке воды от большинства практически важных органических загрязнителей и их смесей.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Адаптированные способы получения магнитного адсорбента и катализатора, основанные на процессе термического разложения оксалатов, в том числе в присутствии углеродной матрицы.
2. Каталитическая активность феррита цинка, полученного оксалатным способом, превышает активность феррита цинка, полученного гидротермальным методом.
3. Закономерности озонлиза стандартного раствора фенола и оборотной воды коксохимического производства, эффективные константы скорости некаталитической реакции и в присутствии феррита цинка.

Ценность научных работ соискателя состоит в развитии представлений об адсорбции органических соединений на магнитных углеродных адсорбентах и кинетических закономерностях озонлиза модельных и реальных систем в присутствии ферритовых катализаторов, которые дают возможность оптимизировать синтез соответствующих материалов для очистки воды.

Ценность научных работ подтверждается 10 научными работами, опубликованными по результатам диссертационного исследования, в том числе 4 статьями в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных научных результатов диссертации, 6 тезисами докладов конференций различного уровня.

Результаты диссертации полностью отражены в публикациях автора. Основное содержание диссертации изложено в работах:

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК для публикации материалов диссертаций:

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

2. 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.

3. 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.

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

Тезисы докладов и материалы конференций:

5. Звеков А.А., Каленский А.В., **Иванов А.В.**, Корчуганова К.А., Яковлев С.А. Углеродные магнитные адсорбенты // СХС-2025: материалы II Сибирского химического симпозиума (Томск, 2025). – Томск, 2025. – С. 211–212.

6. Звеков А.А., Каленский А.В., Качурин В.А., **Иванов А.В.**, Корчуганова К.А. Каталитическое действие феррита цинка на озonoлитическое окисление фенола // СХС-2025 : материалы II Сибирского химического симпозиума (Томск, 2025). – Томск, 2025. – С. 145–146.

7. Каленский А.В., Звеков А.А., Корчуганова К.А., **Иванов А.В.**, Пугачев В.М., Качурин В.А., Чиркова И.М. Исследование озonoлиза фенола в присутствии феррита цинка методом УФ вид спектроскопии // Углекимия и экология Кузбасса: XIV Международный Российско-Казахстанский Симпозиум: сб. тез. докл. 7 - 9 октября 2025 г. Кемерово/ ФИЦ УУХ СО РАН. – Кемерово: ФИЦ УУХ СО РАН, 2025. – С. 35.

8. Качурин В.А., **Иванов А.В.** Применение феррита цинка в качестве катализатора озонлиза // В книге: XIII Инновационный конвент "Кузбасс: образование, наука, инновации", посвященный 80-й годовщине победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов. Сборник тезисов докладов. В 2-х частях. Кемерово, 2025. С. 314-317.

9. Акулова И.А., **Иванов А.В.** Способы получения феррита цинка // В сборнике: Фундаментальные и прикладные исследования в физике, химии, математике и информатике. Материалы симпозиума XIX (LI) Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Кемерово, 2024. С. 112-113.

10. Kalenskii A.V., Zvekov A.A., **Ivanov A.V.** The properties of carbonaceous magnetic adsorbents prepared by thermolysis of iron oxalate precipitated onto activated carbons // Горячие точки химии твердого тела: ориентированные фундаментальные исследования [Электронный ресурс] : IV Междунар. конф., посвящ. 80-летию Института химии твердого тела и механохимии СО РАН (2–4 июля 2024 г., Новосибирск, Академгородок) : тез. докл. / Ин-т химии тв. тела и механохимии СО РАН ; [отв. ред. Т. П. Шахтшнейдер]. – Новосибирск, 2024. – С. 86.

Выводы по работе:

1. Изотермы адсорбции магнитных активированных углей на основе БАУ-А по отношению к фенолу и нитробензолу описываются уравнением Дубинина-Радускевича. 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%.

2. Уточнены методики синтеза феррита цинка с использованием гидротермального и оксалатного подходов. В результате характеристики продуктов комплексом физико-химических методов показано, что в обоих случаях продукт имеет примеси оксидов цинка и железа, обладает развитой дефектной поверхностью.

3. Исследована реакция озонлиза фенола в присутствии феррита цинка. При низкой интенсивности озонирования наличие катализатора приводит к образованию продуктов более глубокого окисления, при высокой – становится выраженным увеличение скорости окисления фенола.

4. Активность феррита цинка, полученного оксалатным способом, превышает активность, полученного гидротермальным методом в 1.5 раза при сравнении начальных скоростей реакции для стандартного раствора фенола и 3 раза для оборотной воды коксохимического производства.

5. Выполнена обработка спектральных зависимостей проб растворов фенола, отобранных в ходе озонлиза. Показано, что спектрально различимый промежуточный продукт не является индивидуальным химическим соединением.

6. Оценены эффективные константы первого порядка первой стадии озонлиза: для некаталитического процесса (0.17 мин^{-1}), в присутствии феррита цинка гидротермального (0.33 мин^{-1}) и оксалатного (0.46 мин^{-1}) синтеза соответственно.

7. Скорости реакции окисления фенола в оборотной воде коксохимического производства выше, чем для растворов фенола без примесей при прочих равных условиях. Различия объясняются буферными свойствами системы и присутствием ингибиторов радикальных реакций в оборотной воде.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях всероссийского и международного уровня:

1. XIX (LI) и XX (L) Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей», Кемерово, 2024 и 2025.

2. IV Международная конференция «Горячие точки химии твердого тела: ориентированные фундаментальные исследования», Новосибирск, 2024.

3. XIII Инновационный конвент "Кузбасс: образование, наука, инновации", Кемерово, 2025.

4. II Сибирский химический симпозиум, Томск, 2025.

5. Углекислотная и экология Кузбасса: XIV Международный Российско-Казахстанский Симпозиум, Кемерово, 2025.

Диссертация Иванова Алексея Владимировича «Физико-химические основы применения ферритов в процессах магнитно-адсорбционной и озонлитической очистки воды» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне, в которой содержится решение научной задачи, имеющей важное значение для развития физической химии адсорбционных и каталитических процессов, применяемых в очистке воды. Автор диссертации Иванов А.В. является сложившимся исследователем, хорошо ориентируется в научной литературе по теме работы, имеет необходимые навыки для решения поставленной научной задачи, способен планировать и осуществлять синтез и экспериментальное и теоретическое исследование структуры и физико-химических свойств адсорбентов и катализаторов. Основные положения, выносимые на защиту, результаты и выводы работы не вызывают сомнения.

Научная специальность, которой соответствует диссертация: 1.4.4 - Физическая химия (физико-математические науки). Содержание диссертации соответствует пунктам паспорта научной специальности в части развития представлений об адсорбции на материалах с гибридными свойствами и составлении цепочки состав-метод синтеза – структура – свойства в случае феррита цинка как катализатора озонолиза органических соединений (п. 3. Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, **установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз** и формирования активных центров на таких поверхностях; п. 6. **Химические превращения, потоки массы, энергии и энтропии пространственных и временных структур в неравновесных системах**; п. 9. **Связь реакционной способности реагентов с их строением** и условиями протекания химической реакции; п. 12. **Физико-химические основы процессов химической технологии** и синтеза новых материалов.).

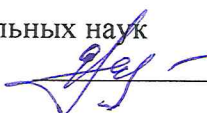
Постановили: диссертация Иванова Алексея Владимировича «Физико-химические основы применения ферритов в процессах магнитно-адсорбционной и озонолитической очистки воды» отвечает требованиям пп. 9 - 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции) и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4 «Физическая химия».

Заключение принято на заседании научного семинара Института фундаментальных наук ФГБОУ ВО «КемГУ».

Присутствовало на заседании 9 человек. Результаты голосования: "ЗА" - 9 чел., "ПРОТИВ" - 0 чел. "ВОЗДЕРЖАЛОСЬ" - 0 чел. Протокол № 2 от 20 марта 2026 г.

Председатель семинара

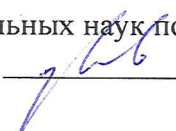
директор института фундаментальных наук
к.ф.-м.н., доцент

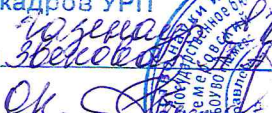
 /Газенаур Екатерина Геннадьевна

Секретарь семинара

профессор кафедры химии твердого тела
и химического материаловедения,

зам. директора института фундаментальных наук по НР
д.ф.-м.н., профессор

 /Звеков Александр Андреевич

ФГБОУ ВО «КемГУ» Отдел кадров УРП	
ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ.	
Должность	Подпись
	
20.03	2026г.

