

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию 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.

Вода является основой жизни на Земле, однако интенсивное воздействие человека на природу привело к значительному загрязнению водных ресурсов планеты, которое продолжает увеличиваться. Современные технологии очистки воды основываются на комбинации физических, химических, физико-химических и биологических групп методов. В работе Иванова А.В. основное внимание уделено исследованию физико-химических методов адсорбции и озонирования для очистки воды от органических загрязнителей с использованием ферритов, под которыми подразумеваются смешанные оксиды, образованные железом (III) и металлами, включая железо (II), то есть оксиферы. **Актуальность темы** диссертации определяется как качественной, так и во многом, количественной оценкой физико-химических параметров процессов адсорбционной и окислительной очистки воды с использованием магнитных адсорбентов и катализаторов на основе ферритов, необходимых для оптимизации прикладных решений в области водоочистки.

В диссертации Иванова А.В. и рассмотрены физико-химические основы применения ферритов в процессах магнитно-адсорбционной и озонолитической очистки воды.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа Иванова Алексея Владимировича состоит из **введения**, в котором отражены пункты, необходимые для диссертации: актуальность исследования, основные цели и задачи, методология и методы исследования, основные положения, выносимые на защиту, научная новизна, степень достоверности и апробации изложенного материала. Подчеркивается теоретическая и практическая значимость исследования, обозначена новизна полученных результатов. В **обзоре литературы** проведен анализ работ, имеющих непосредственное отношение к теме настоящей диссертации, включающий основные закономерности адсорбции и озонолитической очистки воды от органических соединений, методы получения и применения ферритов.

Во **второй главе** детально описано получение магнитного углеродного адсорбента на основе коммерческих активированных углей БАУ-А и АГ-3. Методика получения включает осаждение оксалата железа в присутствии измельченного активированного угля, фильтрование, сушку прекурсора, его прокаливание с использованием алюминиевой фольги для отсекаания атмосферы, промывание продукта, прокаливание до

визуальной чистоты промывных вод, фильтрование и сушку продукта. Описана методика исследования пористой структуры и адсорбции фенола и нитробензола. Фенол и нитробензол выбраны в качестве модельных адсорбатов как классические загрязнители окружающей среды, встречающиеся в регионах с развитой химической промышленностью. Исследована адсорбция фенола и нитробензола на активированном угле БАУ-А и на магнитном адсорбенте на его основе. Показано, что изотермы удовлетворительно описываются уравнением Дубинина-Радushкевича.

В **третьей главе** рассмотрен синтез феррита цинка и его применение в качестве катализатора озонолитической очистки воды от фенола. Для синтеза феррита цинка были использованы оксалатный и гидротермальный методы. Показано, что феррит цинка, полученный как гидротермальным так и оксалатным методами, является эффективным катализатором, ускоряющим озонлиз как фенола, так и органических веществ оборотной воды коксохимического производства. Убыль общей концентрации фенолов в случае озонлиза оборотной воды происходит быстрее, а каталитическое действие феррита цинка кажется менее выраженным. Феррит цинка оксалатного способа синтеза обладает большей каталитической активностью в реакции озонлиза фенола, чем феррит цинка гидротермального синтеза.

Глава 4 посвящена анализу закономерностей озонлиза фенола в условиях эксперимента. Методом Каца-Уоллеса установлено наличие трех спектрально-различимых компонентов в системе, что позволяет формально записать схему реакции как $Ph \rightarrow Int \rightarrow Fin$. Сложность реакции, очевидная из изменения УФ-вид спектров раствора, сделала необходимым применение особых подходов к обработке полученных данных, что и описано автором в данной главе. Показано, что с точки зрения УФ-вид спектроскопии озонлиз фенола является двухстадийной реакцией, промежуточными продуктами которой является смесь бенздиолов, хинонов и муконовой кислоты. Их соотношения изменяются при использовании катализатора феррита цинка. Эффективные константы скорости первой стадии выше, чем второй, причем введение катализатора в количестве 0.1 г на 50 мл раствора приводит к почти 3-х кратному росту наблюдаемой константы скорости 1-й стадии. Сформулирована макрокинетическая модель, учитывающая скорость диффузии озона из барботируемых пузырьков. Оценена эффективная константа скорости массообмена, дающая разумное значение радиуса пузырька. Присутствие в оборотной воде свободного аммиака и солей аммония, приводящее к буферным свойствам, объясняет повышенную скорость окисления фенола по сравнению со стандартным раствором. Присутствие тиоцианатов объясняет преимущественное образование муконовой кислоты в качестве промежуточного продукта.

Основные положения, выносимые на защиту, заключаются в следующем:

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 озонолиза стандартного раствора фенола и оборотной воды коксохимического производства, эффективные константы скорости некаталитической реакции и в присутствии феррита цинка.

Научная новизна работы заключается в том, что в ней впервые исследованы основные характеристики пористой структуры и адсорбционная способность магнитных активированных углей, полученных нанесением магнетита с помощью реакции разложения оксалата железа (II). Впервые исследована каталитическая активность феррита цинка, полученного оксалатным методом, в реакции озонолиза фенола. Впервые оценено каталитическое действие ферритов цинка оксалатного и гидротермального способов синтеза на процесс озонолитической очистки оборотной воды коксохимического производства.

Достоверность выводов и результатов обусловлена 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. Также обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе Иванова А.В., подкреплена их обсуждением на престижных международных и российских конференциях. По теме диссертации опубликовано 4 статьи в международных и Российских рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, а также 6 тезисов научных конференций.

Замечания по диссертационной работе

1. Хотя данные не позволяют выделить отдельные промежуточные продукты, а только их гамму (с. 109), возможно стоило бы обсудить вопрос об этих продуктах более подробно.
2. В литературном обзоре (с. 24) приведена работа [64], где описана реакция окисления фенола под действием ультрафиолетового излучения в водном растворе, но, возможно, было бы полезно упомянуть и о методах очистки воды, где применяется сочетание озонирования с УФ-облучением?
3. Желательно было бы включить в литературный обзор и монографию В.В. Лунина, М.П. Поповича, С.Н. Ткаченко Физическая химия озона. Изд-во МГУ, 1998.

4. Есть некоторые замечания по тексту работы: на с. 24 написано "Озонолизу озона и его производных...", несомненно имелся в виду фенол; на с. 8 "... феррит бы получен" и некоторые другие опечатки.

Сделанные замечания ни в коей мере не уменьшают заслуг автора. Они имеют характер пожеланий и не умаляют достоинств работы, не снижают ее актуальности и научной значимости.

В работе получены новые оригинальные результаты. Содержание диссертационной работы и сформулированные в ней выводы дают основание считать, что цель исследования достигнута, а поставленные в диссертации задачи успешно решены. Рецензируемая диссертационная работа представляет собой завершенное научное исследование. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы. В работе удачно сочтается анализ собственных научных результатов и экспериментальных данных, полученных другими авторами. Это в сочетании с собственными оригинальными результатами обуславливает достоверность выводов работы. Диссертационная работа выполнена на хорошем научно-техническом уровне, представляет законченное исследование.

Считаю, что диссертационная работа Иванова А.В. "ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРРИТОВ В ПРОЦЕССАХ МАГНИТНО-АДСОРБЦИОННОЙ И ОЗОНОЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ" соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе отвечает критериям пп. 9, 10, 11, 13 "Положения о присуждения ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в текущей редакции), а ее автор Иванов Алексей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
по специальности 01.04.05, профессор,
ведущий научный сотрудник физического факультета
Томского государственного университета

28 05 2026 г.

Соколова Ирина Владимировна

Подпись _____



Согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись И.В. Соколовой удостоверяю.

Ученый секретарь ученого совета НИ ТГУ



Подпись

/ Осипова Т.Ю. /

Сведения:

Полное наименование организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Юридический адрес: 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 36.

Телефон: +7 (3822) 529-640

Эл. адрес: sokolova@phys.tsu.ru