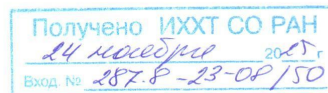


ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Немковой Дианы Игоревны
**«Оптимизация условий получения наночастиц феррита никеля и гибридных
материалов на их основе»** представленной на соискание ученой степени
кандидата химических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических
веществ

В современной науке наблюдается устойчивый и динамичный рост интереса к гибридным наноматериалам, что обусловлено их уникальными синергетическими свойствами, незаменимыми для применения в медицине, катализе, сенсорных технологиях и электронике. Особый интерес представляют магнитные гибридные наночастицы, которые позволяют осуществлять внешний контроль над процессами, например, целенаправленную доставку лекарственных средств или эффективное отделение катализаторов после проведения реакции. Однако ключевой проблемой на пути практического применения гибридных материалов остается сложность управления их морфологией, размером и функциональными характеристиками еще на стадии синтеза. Существующие методы получения наночастиц феррита никеля - ключевого магнитного компонента - часто сопряжены с необходимостью использования высоких температур, длительны, энергоемки и не всегда обеспечивают воспроизводимость и чистоту продукта. В этом контексте диссертационное исследование Немковой Д.И., сфокусированное на оптимизации процессов синтеза наночастиц NiFe_2O_4 и создании на их основе гибридных структур с благородными металлами и оксидом цинка, является актуальным и востребованным.

Диссертация представляет собой целостное и логически завершенное научное исследование. Работа изложена на 181 странице, включая 60 рисунков, 37 таблиц, имеет четкую и хорошо продуманную структуру, включающую введение, четыре главы, выводы, список литературы и приложения. Введение содержит развернутую аргументацию актуальности темы, корректно сформулированные цель и задачи, а также положения, выносимые на защиту. Первая глава демонстрирует глубокую теоретическую проработку проблемы: проведен исчерпывающий анализ литературных данных по свойствам, методам синтеза и применениям феррита



никеля и гибридных материалов на его основе. Этот обзор служит прочным фундаментом для всего последующего экспериментального исследования.

Автором проведено систематическое исследование, которое включает несколько взаимосвязанных этапов. На первом этапе Диана Игоревна с применением метода математического планирования эксперимента (ДФЭ 2⁷⁻⁴) провела оптимизацию условий синтеза наночастиц феррита никеля пятью различными способами. Этот подход позволил не только выявить закономерности влияния технологических параметров на свойства частиц, но и разработать два новых, запатентованных метода синтеза. Особого внимания заслуживает метод борогидридного осаждения, позволяющий получать ферритную фазу при рекордно низкой температуре (90 °С) и атмосферном давлении, что является значительным прорывом по сравнению с традиционными энергоемкими способами.

На втором этапе с помощью комплекса современных физических методов анализа (РФА, ПЭМ, РФЭС, ИК-спектроскопия, вибрационная магнитометрия и др.) было проведено всестороннее исследование свойств полученных частиц. Автору удалось установить четкие корреляции между методом синтеза и характеристиками материала, такими как размер, поверхностный заряд, магнитные и оптические свойства, и целенаправленно получать частицы, обладающие заданными свойствами, в частности, ферри- или суперпарамагнитные, что важно для их последующего применения.

Третий этап работы был посвящен созданию и детальному изучению гибридных материалов на основе оптимизированных ядер NiFe_2O_4 . Наибольший научный интерес представляют результаты по синтезу гибридных материалов с золотом. Впервые системно исследовано влияние природы аминокислот, которые выступают одновременно как восстановители, стабилизаторы и модификаторы поверхности. Показано, что, варьируя условия, можно управляемо получать структуры разной морфологии - от инкрустированных золотыми нанокластерами до частиц типа «ядро-оболочка». Помимо этого, разработаны эффективные методики получения композитов с серебром и оксидом цинка, при этом для последних показано образование смешанной ферритной фазы.

Практическая значимость работы убедительно продемонстрирована в разделе, посвященном исследованию фотокаталитической активности всех

полученных материалов в реакции разложения красителя кристаллического фиолетового. Автор не только подобрала высокоэффективный магнитный фотокатализатор (композит $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{Ag}$ с 24% серебра, обеспечивающий деградацию >95% красителя за 40 минут), но и глубоко проанализировала механизмы процесса, включая роль адсорбции, поверхностного заряда и гетеропереходов. Магнитные свойства катализаторов решают важную задачу их легкого отделения от реакционной среды.

По материалам диссертации опубликована 21 статья, с том числе 6 в журналах из перечня ВАК, WoS, Scopus, получено 2 патента РФ.

К представленному в диссертационной работе Немковой Дианы Игоревны материалу имеется ряд вопросов и замечаний.

1. В работе использован модельный краситель - кристаллический фиолетовый. Планировались ли эксперименты с другими классами органических загрязнителей для оценки селективности и универсальности катализаторов?
2. В разделе «Экспериментальная часть» автор указывает: «К смеси растворов сульфата никеля (10 мл, $C = 0,4-0,8 \text{ M}$) и железа (II) (20 мл, $C = 0,4-0,8 \text{ M}$) по каплям в течение 5-20 мин добавляли раствор NaOH ($C = 1-4 \text{ M}$)». Следует обосновать выбор именно такого порядка, поскольку при обратном порядке, то в этом случае на фоне его избытка будут легко достигаться условия одновременного осаждения гидроксидов
3. При анализе ИК-спектров (рис. 33) автор утверждает, что положения полос $\nu_s(\text{COO}^-)$ и $\nu_{as}(\text{CN})$ сдвинуты на $10-20 \text{ cm}^{-1}$, стоило бы представить более узкую спектральную область с лучшим разрешением для большей наглядности.
4. На рис. 36, вероятно, стоило привести разностный спектр.
5. Почему для синтеза феррита никеля выбрано именно такое молярное отношение ЦТАБ/(Fe+Ni) (глава 3.1.1.1)?
6. Было бы полезно, если бы автор дополнил работу рекомендациями по выбору оптимального метода синтеза наночастиц феррита никеля.
7. Какова обоснованность использования гидродинамического диаметра в качестве параметра контроля процесса синтеза наночастиц феррита никеля?

8. На рисунке 9 автореферата приведен один и тот же график под литерами (м) и (п).

Высказанные замечания и вопросы носят дискуссионный характер и ни в коей мере не умаляют общей положительной оценки выполненного исследования. Они могут быть учтены автором в дальнейшей научной деятельности. Диссертация Немковой Дианы Игоревны «Оптимизация условий получения наночастиц феррита никеля и гибридных материалов на их основе» представляет собой самостоятельную, законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком профессиональном уровне. Автором продемонстрированы глубокие теоретические знания и высокий экспериментальный навык в области технологии неорганических веществ и наноматериалов. Полученные результаты, их новизна и достоверность, а также объем и качество публикаций полностью соответствуют требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями от 25.01.2024. На основании изложенного считаю, что диссертант Немкова Диана Игоревна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Официальный оппонент:

кандидат химических наук (05.21.03)

старший научный сотрудник научной лаборатории

«Высокомолекулярные соединения» СибГУ им. М.Ф. Решетнева

Воронина Светлана Юрьевна

10
21.11.2025

Подпись к.х.н. с.н.с. Ворониной С.Ю. заверяю

Ученый секретарь ФБГОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»

Кандидат исторических наук

Гончаров Александр Евгеньевич

ФБГОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 660037, г. Красноярск, проспект им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31, info@sibsau.ru, +7 (391) 266-03-88