

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

дс. 11, 2025 № 15333-62-37/185  
На № 287.8-23-08/255 от 09.10.2025.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИХТТМ  
чл.-корр.

“ 20 ” ноября 20 25 г.  
М.П.



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии  
твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук на  
диссертацию **Немковой Дианы Игоревны**

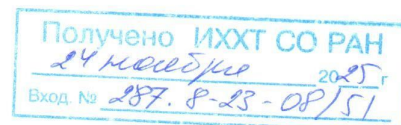
«**Оптимизация условий получения наночастиц феррита никеля и гибридных  
материалов на их основе**»,

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по  
специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ

#### Актуальность диссертационной работы

Гибридные материалы привлекают внимание исследователей благодаря уникальному сочетанию свойств, унаследованных от исходных компонентов. Такие системы обладают значительным потенциалом для применения в микроэлектронике, вычислительной технике, медицине, сорбционных процессах и катализе. Введение в состав гибридных наночастиц магнитных материалов (например, феррита никеля) обеспечивает возможность их контроля и удобного извлечения из реакционной среды. Объединение магнитных характеристик со свойствами благородных металлов или полупроводников открывает новые направления использования подобных частиц, в том числе в фотокатализе и биомедицине.

Физико-химические свойства гибридных наноматериалов напрямую зависят от состава, морфологии, поверхностного заряда и размеров магнитного ядра. Поэтому ключевое значение имеет определение влияния факторов и условий синтеза на



характеристики формируемых магнитных структур. Несмотря на наличие множества известных методик получения, проблема оптимизации параметров синтеза наночастиц феррита никеля и гибридных материалов на их основе остается до конца не решенной. В связи с этим диссертационная работа Немковой Дианы Игоревны, направленная на оптимизацию процесса получения наночастиц  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$ ,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{Ag}$ ,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$  заданного состава и свойств, а также их комплексное исследование, безусловно, является актуальной.

Тема диссертации отвечает основным направлениям фундаментальных научных исследований в Российской Федерации (2021-2030 гг.): 1.4.2. Научные основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов.

#### **Объем и структура диссертационной работы**

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский федеральный университет», изложена на 181 странице, содержит 60 рисунков, 37 таблиц, состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы из 236 наименований и трех приложений. Автореферат в полной мере отражает материал диссертационной работы и соответствует тексту диссертации.

Во **введении** представлено обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, обоснована научная новизна и практическая значимость результатов, перечислены основные положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации материалов диссертации.

В **первой главе** приведен критический анализ литературных данных по проблеме исследования, который включает сведения о свойствах наночастиц феррита никеля, гибридных наночастиц на основе феррита никеля, методах их получения и применении в фотокатализе. Следует отметить, что литературный обзор логично выстроен, тщательно проработан и очень хорошо написан. На основе представленного обзора литературы обоснован выбор темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во **второй главе** рассматриваются применяемые в работе методы исследования и методики проведения экспериментов. Приведены методики синтеза наночастиц феррита никеля и гибридных материалов на их основе, описана схема и методика исследования фотокаталитической активности полученных образцов на примере фотодеградации органического красителя кристаллического фиолетового. Исследование полученных продуктов проводилось с использованием комплекса методов, необходимых для полноты данных о составе и физико-химических свойствах объектов исследования:

рентгенофазовый анализ, просвечивающая электронная микроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, фотонная корреляционная спектроскопия, ИК-спектроскопия, вибрационная магнитометрия и др.

В **третьей главе** представлены результаты исследования влияния реакционных параметры на структуру, морфологию и свойства наночастиц феррита никеля; определены оптимальные условия синтеза наночастиц феррита никеля пятью способами (щелочным осаждением без и в присутствии окислителя, анионообменным осаждением с использованием анионита в ОН-форме, борогидридным осаждением без и в присутствии полиэтиленimina), использованные для создания упрощенных схемы получения наночастиц феррита никеля.

Приведены результаты исследования оптических, электронных и магнитных свойств полученных наночастиц  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ . Установлено, что свойства наночастиц феррита никеля (их размер, заряд поверхности, оптические и магнитные свойства) зависят от способа получения.

В **четвертой главе** представлены результаты синтеза и характеристики гибридных наночастиц  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$ ,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{Ag}$ ,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ . Определено влияние параметров процесса восстановления ионов  $[\text{AuCl}_4^-]$  на выход наночастиц золота. Установлено, что морфология и тип гибридных наночастиц  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$  зависят от природы аминокислоты, используемой для восстановления золота, и заряда поверхности наночастиц феррита никеля.

Представлены результаты исследования фотокаталитической активности полученных образцов, подобран оптимальный состав фотокатализатора для разложения красителя кристаллического фиолетового более, чем на 95 % за 40 мин фотокатализа. Соискатель Немкова Д.И. провела комплексное научное исследование, полностью соответствующее поставленным цели и задачам.

**Выводы** сформулированы четко, являются ясными и лаконичными.

#### **Научная новизна исследования и полученных результатов**

К числу наиболее значимых результатов, отражающих новизну исследований, можно отнести следующее. Впервые установлено, что борогидридное соосаждение ионов  $\text{Ni(II)}$  и  $\text{Fe(III)}$  в гидротермальных условиях позволяет формировать никелевую феррошпинель при существенно сниженных температуре (до 90 °С) и давлении (до 1 атм). Обоснована возможность синтеза гибридных наночастиц  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$  с использованием аминокислот (L-триптофан, глицин, L-серин, L-метионин) как стабилизаторов, модификаторов поверхности и восстановителей золота. Установлено влияние природы аминокислот и условий синтеза на морфологию и структуру гибридных наночастиц

(инкрустированные частицы и структуры типа «ядро-оболочка»). Методом РФЭС впервые выявлен перенос электронов с поверхности  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  на золотую оболочку в образцах  $\text{NiFe}_2\text{O}_4@\text{Au}$ , полученных с L-метионином и L-триптофаном, что свидетельствует о прочном межфазном контакте  $\text{Au}^0$  с магнитным ядром.

#### **Практическая значимость диссертационной работы**

Практическая значимость диссертации заключается в том, что разработаны и запатентованы новые методы синтеза наночастиц феррита никеля: борогидридное осаждение, позволяющее получать суперпарамагнитную феррошпинель при 90 °С и 1 атм без стадии прокаливания, и анионообменное соосаждение, обеспечивающее высокую однородность частиц. Предложенные автором методики синтеза композитов феррит никеля-золото, феррит никеля-серебро позволяют получать материалы различного строения – наночастицы  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ , инкрустированные благородными металлами, структуры типа «ядро-оболочка» и наночастицы металла, равномерно распределенные в матрице феррита. Кроме того, определён оптимальный состав фотокатализатора  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{Ag}$ , обеспечивающий более 95 % деградации кристаллического фиолетового за 40 мин фотокатализа.

#### **Степень достоверности результатов исследования**

Достоверность результатов не вызывает сомнений. Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы экспериментальными данными с применением современных физических методов исследования (рентгенофазовый анализ, просвечивающая электронная микроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, фотонная корреляционная спектроскопия, ИК-спектроскопия, вибрационная магнитометрия).

Достоверность результатов и выводов подтверждается корреляцией данных, полученных с помощью различных методов исследований, воспроизводимостью результатов. Объем проведенных исследований достаточен для обоснования выносимых на защиту положений.

#### **Обоснованность положений, выносимых на защиту и выводов по работе**

Положения, выносимые на защиту, не вызывают возражений, имеют научную новизну, теоретически обоснованы и экспериментально доказаны. Выводы по работе соответствуют её содержанию, базируются на большом экспериментальном материале и не противоречат имеющимся литературным данным.

#### **Апробация работы и публикации**

При проведении научных исследований по теме диссертации была проведена качественная и обширная апробация работы. Результаты, изложенные в диссертации,

докладывались и обсуждались на международных и российских научных конференциях. По теме диссертации опубликовано 6 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, получено 2 патента РФ. Опубликовано материалы и тезисы 13 докладов на международных и российских конференциях.

Полученные результаты могут найти применение в научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях химического профиля при решении задач, связанных с синтезом наночастиц оксидов переходных элементов, а также для разработки новых методик получения композитных наночастиц, обладающих магнитными свойствами.

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

**По диссертации Немковой Дианы Игоревны возникли следующие вопросы и замечания:**

1. Не представлена информация о стабильности в биологических средах и токсичности полученных нанокомпозитов, что важно для их возможного использования в медицине и экологии.
2. Несмотря на то, что автор провел тщательную статистическую обработку результатов, в таблице 1 числа имеют различную разрядность значений.
3. В автореферате рисунок 1(б), а также в диссертации приложение В.4 страница 180 приведена схема получения наночастиц феррита никеля методом боргидридного осаждения. На рисунках следовало бы указать стадию получения растворов после магнитной сепарации и промывки осадка, а также рассмотреть условия их переработки.
4. В главе 2.2.1.5 диссертации не указано, какой именно: линейный или разветвленный полиэтиленмин использовался.
5. В автореферате, рисунок 1(а) указано, что синтез феррита никеля проходит через стадию образования гидроксидов никеля и железа с последующим их взаимодействием. В работе следовало подтвердить данную стадию с использованием методов рентгенофазового и дифференциально-термического анализов.
6. Из текста диссертации неясно, проводилось ли перемешивание и шел ли нагрев раствора при деструкции красителя.
7. Во введении диссертации (пункт «Объем и структура работы») указано наличие в работе заключения и выводов, однако диссертация не содержит раздела «Заключение».

## Заключение

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают общей положительной оценки работы. Поставленные в диссертации задачи решены в полном объеме. Полученные результаты отличаются новизной и оригинальностью, они вносят заметный вклад в развитие технологии неорганических соединений, обладающих магнитными свойствами.

Диссертационная работа Немковой Дианы Игоревны «**Оптимизация условий получения наночастиц феррита никеля и гибридных материалов на их основе**» написана грамотным научным языком, имеет четкую логическую структуру и является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором на современном научном уровне, в которой решена актуальная задача, имеющая существенное значение для технологии получения наночастиц феррита никеля и гибридных материалов на их основе. Автором разработано два новых метода получения наночастиц феррита никеля, установлены зависимости формирования гибридных частиц на основе феррита никеля и благородных металлов.

Диссертационная работа Немковой Д.И. соответствует требованиям ВАК РФ пунктов 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Соискатель Немкова Диана Игоревна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Отзыв обсужден и одобрен на научном семинаре лаборатории синтеза и физико-химического анализа функциональных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, протокол № 11 от 19.11.2025.

Руководитель семинара,  
главный научный сотрудник  
ФГБУН Института химии твердого тела и механохимии  
Сибирского отделения Российской академии наук,  
заведующий лабораторией синтеза и физико-химического анализа функциональных материалов,  
доктор химических наук, профессор

/Юхин Юрий Михайлович/

Секретарь семинара,  
старший научный сотрудник, к.х.н.

/Коледова Е.С. /