

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата химических наук Анохина Евгения Олеговича
на тему: «Синтез и исследование композитных наночастиц на основе
гексаферрита стронция»
по специальности 1.4.15. Химия твёрдого тела**

Диссертационная работа Анохина Евгения Олеговича посвящена получению и исследованию композитных наночастиц, представляющих собой монокристаллические наночастицы гексаферрита стронция, покрытые аморфным диоксидом кремния или кристаллическими слоями магнитных шпинельных ферритов (ферритом кобальта и магнетитом).

Тема работы является **безусловно актуальна**, поскольку разработка композитных наноматериалов с новыми, управляемыми функциональными свойствами является одним из ключевых направлений современной науки о материалах. Использование коллоидных частиц гексаферрита стронция как основы для создания композитов открывает перспективы для расширения их области применения, в том числе в биомедицине.

Диссертационная работа изложена на 149 страницах, содержит 81 рисунок и 19 таблиц. Автореферат в полной степени отражает основные результаты, содержащиеся в диссертации. Текст диссертации хорошо проиллюстрирован, работа изложена грамотным научным языком, имеет четкую и логичную структуру. Структура работы традиционна, ее содержание изложено в нижеследующих разделах:

- Во «**Введении**» обосновывается актуальность, формулируются цели и задачи исследования, показаны научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, перечислены основные положения, выносимые на защиту, подходы и методы, обеспечивающие достоверность работы, показана апробация работы, указан личный вклад, представлены объем и структура работы.

- В **Обзоре литературы** обсуждаются свойства гексаферритов М-типа, тематики получения коллоидных растворов и модификации поверхности коллоидных частиц различными материалами.
- В **«Экспериментальной части»** описаны методики синтеза и исследования полученных образцов, использованное оборудование, а также подходы к обработке и описанию данных.
- В разделе **«Обсуждение результатов»** диссертации приведен всесторонний анализ свойств наночастиц гексаферрита стронция, синтезированных методом кристаллизации боратных стекол различных составов. Внимание уделено влиянию условий синтеза на морфологию и магнитные характеристики частиц, включая анизотропию формы и размер. Детально обсуждается модификация поверхности коллоидных частиц аморфными покрытиями диоксида кремния, коллоидная стабильность модифицированных частиц и апробация применения подобных частиц, потенциал в магнитомеханической терапии, включая тесты на клеточных культурах. Отдельно рассмотрено покрытие коллоидных частиц кристаллическими магнитными шпинельными оксидами (ферритом кобальта и магнетитом), детально обсуждается воздействие функциональных шпинельных покрытий на магнитные свойства композитных частиц.
- В **Заключении** сформулированы дальнейшие перспективы исследования, основные результаты и выводы работы.
- **Список литературы** содержит 173 ссылки на источники.

Основные положения, выносимые на защиту, **и научные выводы**, сделанные в диссертации, полностью **обоснованы, их достоверность не вызывает сомнения**. Представленные результаты и выводы подтверждены комплексом инструментальных методов исследования, включая рентгеновскую дифракцию, рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию, магнитометрию, просвечивающую и растровую

электронную микроскопию, масс-спектрометрию с индуктивно-связанной плазмой, термогравиметрию, что обеспечивает высокую степень достоверности полученных данных. Все основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 6 публикациях в высокорейтинговых международных рецензируемых научных журналах, а также доложены на ряде специализированных международных и всероссийских конференций.

Новизна представленного исследования заключается в разработке оригинальной методики модификации поверхности коллоидных частиц гексаферрита стронция тонкими покрытиями диоксида кремния, апробации модифицированных диоксидом кремния частиц в магнитомеханической терапии и в качестве платформы для создания тераностических радиофармацевтических препаратов, а также разработке методики получения эпитаксиальных сэндвичевых композитных наноструктур пластинчатых частиц гексаферрита стронция, покрытого слоями магнитных шпинельных ферритов.

К диссертационной работе имеются следующие **вопросы и замечания**:

1. В обзоре литературы следовало бы проанализировать работы отечественных научных коллективов о способах получения наночастиц гексаферритов, указав их достоинства и недостатки.
2. В обсуждении результатов помимо атомных соотношений Sr, Fe и Al (Табл 12) следовало бы более детально провести элементный анализ получаемых композитов как до термических воздействий, так и после их завершения.
3. Приводимые обозначения исследуемых образцов сложные и малоинформативные, что затрудняет чтение и анализ результатов. Можно было, например, в названии таблицы приводить состав стекла, а условия получения наночастиц (температуру отжига) – в строках таблицы.
4. На зависимости гидродинамического диаметра наночастиц от pH (рис 3.15 диссертации) для частиц, покрытых диоксидом кремния, только одна

точка соответствует резко увеличившемуся диаметру, что снижает надежность результата. Можно было бы провести измерения с меньшим шагом по рН.

5. При описании магнитооптических свойств автор рассматривает измерение пропускания света в магнитном поле как «эффект жалюзи». Так как размеры частиц гораздо меньше длины волны падающего света, правильнее было бы обсуждать этот эффект с точки зрения линейного дихроизма, возникающего за счет анизотропной формы частиц и связанного с этой формой деполяризующего эффекта.

6. При анализе композитных наночастиц гексаферрит-магнетит остается некоторая неопределенность в надежности доказательства, что внешние слои оксида железа имеют состав, соответствующий именно магнетиту, а не гамма-оксиду железа, который имеет весьма близкую кристаллическую структуру.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.15. Химия твёрдого тела (по химическим наукам), а именно следующим ее направлениям:

3. Изучение твердофазных химических реакций, их механизмов, кинетики и термодинамики, в том числе зародышеобразования и химических

реакций на границе раздела твердых фаз, а также топохимических реакций и активирования твердофазных реагентов.

7. Установление закономерностей «состав – структура – свойство» для твердофазных соединений и материалов.

8. Изучение влияния условий синтеза, химического и фазового состава, а также температуры, давления, облучения и других внешних воздействий на химические и химико-физические микро- и макроскопические свойства твердофазных соединений и материалов.

Таким образом, соискатель Анохин Евгений Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности

1.4.15. Химия твёрдого тела.

Официальный оппонент:

доктор химических наук,
главный научный сотрудник Центра коллективного пользования физическими методами исследования веществ и материалов Федерального Государственного бюджетного учреждения науки «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук»

КЕЦКО Валерий Александрович

подпись

14 ноября 2024 г.

Контактные данные:

тел.: +7(495)7756585 доб. 512, e-mail: ketsko@igic.ras.ru
Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 02.00.21 – Химия твердого тела

Адрес места работы:

119991, Москва, Ленинский проспект, д. 31 Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, Центр коллективного пользования физическими методами исследования веществ и материалов Тел.: 7(495)7756585 доб. 512; e-mail: ketsko@igic.ras.ru