

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата химических наук Елисеева Артема Анатольевича**  
**на тему: «Организация магнитотвердых наночастиц гексаферрита в**  
**коллоидных растворах и на границах раздела фаз»**  
**по специальности 02.00.21 – «химия твердого тела»**

Магнитные жидкости на основе суперпарамагнитных частиц являются предметом научных исследований во многих лабораториях мира и уже успели найти применение в различных областях промышленности. Методики синтеза стабильных феррожидкостей на основе магнитотвердых наночастиц разработаны и непрерывно совершенствуются в течение последнего десятилетия. Благодаря этому в настоящее время выявлен ряд уникальных свойств подобных объектов, расширяющих перспективы их использования на практике. Однако работы, посвященные комплексному исследованию структуры и динамических характеристик, необходимых для полноценного описания данных систем, практически отсутствуют. Поэтому **актуальность** диссертационной работы Елисеева А.А., посвященной установлению особенностей организации наночастиц гексаферрита в коллоидных растворах, в том числе под воздействием внешних факторов, не вызывает сомнений. **Новизна** исследования, выполненных Елисеева А.А., определяется как уникальностью выбранных объектов, так и рядом свойств феррожидкостей на основе магнитотвердых наночастиц (пределы стабильности, динамические характеристики наночастиц, структура концентрированной фазы и др.) впервые изученных автором работы.

Диссертационная работа выстроена по традиционной схеме, основное содержание изложено в четырех главах, включающих:

- введение, в котором обоснована актуальность и научная новизна работы, а также устанавливаются цели и задачи исследования.

- обзор литературы, в котором описаны как наиболее перспективные для данной работы методы синтеза и функциональные свойства высококоэрцитивных наночастиц, так и свойства магнитных жидкостей. Среди высококоэрцитивных материалов основное внимание уделено гексаферритам, как наиболее перспективным, по мнению автора, для формирования и последующего исследования стабильных коллоидных растворов. Для магнитных жидкостей рассмотрены как факторы, определяющие стабильность, так и приводимые на данный момент в литературе примеры феррожидкостей на основе магнитотвердых частиц.

- экспериментальная часть, представляющая информацию о процедурах синтеза наночастиц, коллоидных растворов, модификации феррожидкостей, используемым стандартизированным методикам и аналитическим методам, используемым для характеристики объектов исследования и изучению их свойств.

- обсуждение результатов, содержащее в себе экспериментальные данные, теоретические модели и их совокупный анализ. В данной главе последовательно описываются: синтез и свойства стеклокерамических прекурсоров, включая зависимость магнитных свойств от температуры термообработки; коллоидные частицы, получаемые при использовании различных прекурсоров; структура и свойства разбавленных коллоидных растворов, анализируемые на основе результатов оптических и магнитных методов измерений, электронной микроскопии и малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР); структура и свойства концентрированной фазы (стоит отметить, что в данном случае, помимо анализа экспериментальных данных магнитных измерений и МУРР, так же проводится теоретическое моделирование и взаимное сопоставление результатов); разработанные методики формирования как монослойных, так и многослойных ориентированных покрытий наночастиц гексаферрита стронция при использовании коллоидных растворов в качестве прекурсоров,

включая анализ структуры и анизотропии магнитных свойств получаемых покрытий.

**Рекомендации и выводы**, следующие из содержания диссертационной работы, приведены в разделах «Заключение» и «Выводы», и имеют научную и практическую значимость, **основные положения обоснованы**. В целом автором проделана большая экспериментально-теоретическая работа.

**Достоверность** экспериментальных результатов не вызывает сомнений и обусловлена как корректным использованием современной приборной базы, так и взаимным сопоставлением теоретического моделирования и эксперимента. Кроме того, результаты исследования опубликованы в четырех статьях в высокорейтинговых международных журналах, что так же является подтверждением высокого уровня работы.

**Основные замечания и вопросы** по содержанию диссертационной работы:

В литературном обзоре отсутствует сводная таблица, суммирующая полученные структурные и магнитные характеристики для ряда рассмотренных там систем, что затрудняет анализ полученных результатов.

Считаю не вполне корректным подход автора к определению намагниченности насыщения, которое дается в работе следующим образом «Для обозначения намагниченности образцов при максимальном поле 20 кЭ используется обозначение  $M_s$ . Для ферромагнитных образцов ... данное значение имеет смысл намагниченности насыщения». Автору необходимо было бы определять намагниченность насыщения  $M_s$  путем экстраполяции полученных кривых  $M(H)$  при стремлении  $H$  к бесконечности. Более того, можно было бы определить и проанализировать величину спонтанной намагниченности.

При подаче материала необходимо придерживаться одной системы единиц. Автор же, например, в одной таблице 4.1 использует и систему СИ и СГС, а также внесистемные единицы.

Полученные петли магнитного гистерезиса не обработаны должным образом. Автору необходимо было бы оценить максимальные энергетические произведения (ВН)тах, что крайне важно для практического использования данных магнитотвердых материалов.

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 паспорту специальности 02.00.21 – «химия твердого тела» (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Елисеев Артем Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.21 – «химия твердого тела».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,

ведущий научный сотрудник,

отделение физики твердого тела, кафедра физики твердого тела, физический факультет,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова»

Терёшина Ирина Семёновна

Контактные данные:

тел.: +74959394243, e-mail: tereshina@physics.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

01.04.11 – физика магнитных явлений

Адрес места работы:

119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Московский Государственный Университет имени  
М.В. Ломоносова», физический факультет, кафедра физики твердого тела

Тел.: +74959394243; e-mail: tereshina@physics.msu.ru

Подпись Терёшиной И.С. удостоверяю: