

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Салихова Сергея Владимировича "Закономерности формирования структуры и магнитных свойств наноразмерных и наноструктурированных порошков на основе оксидов железа", представленной на соискание учёной степени кандидата наук по специальности 01.04.07 — "физика конденсированного состояния"

Диссертационная работа С.В. Салихова посвящена изучению закономерностей формирования фазово-структурных состояний и магнитных свойств наноразмерных и наноструктурированных порошков на основе оксидов железа, синтезированных различными методами, предназначенных для различных биомедицинских и технических применений, в том числе для создания гибридных контрастных агентов для МРТ диагностики. Управляемый синтез подобных перспективных наноматериалов с заданными свойствами представляет собой сложную и весьма актуальную научно-технологическую проблему. Для её решения автор использовал исключительно удачное сочетание взаимодополняющих экспериментальных методов, таких как рентгеноструктурный анализ, просвечивающая электронная микроскопия, мёссбауэровская, рентгеновская и фотоэлектронная спектроскопии, дифференциальная сканирующая калориметрия, термогравиметрический анализ и магнитометрия. Все эти факторы определяют несомненную новизну, актуальность и практическую значимость диссертационной работы С.В. Салихова.

В качестве наиболее интересных и важных можно выделить следующие результаты:

- установлено влияние размера и морфологии на магнитные свойства исследованных нанопорошков оксидов железа, полученных химическими методами;

- установлено, что наночастицы  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , синтезированные методами соосаждения и осаждения, имеют оболочку, близкую по составу к оксогидроксиду железа (гётит), толщина которой не изменяется по мере увеличения среднего размера частиц и составляет около 0.5 нм;

- разработаны методы получения и установлены закономерности формирования структуры и магнитных свойств наноструктурированных композиционных порошков на основе магнетита, допированного одновременно железом и оксидом гадолиния, перспективных для создания нового поколения  $T_1/T_2$  - контрастных агентов для МРТ диагностики.

По представленному автореферату имеется три незначительных замечания.

1. Не совсем удачно сформулировано первое положение, выносимое автором на защиту, о методологии комплексного фазово-структурного анализа наночастиц, заключающейся в сочетании резонансных, электронно-микроскопических и дифракционных методов исследования. Комплексный фазово-структурный анализ наноматериалов используется исследователями достаточно активно, поэтому на наш взгляд было бы лучше указать полный перечень применённых взаимодополняющих экспериментальных методов, так же как это сделано автором в описании научной новизны.



2. При описании результатов исследования магнитных свойств наночастиц оксидов железа, полученных различными химическими методами, представленных в третьей главе диссертации, автор обсуждает возникновение суперпарамагнитного состояния в наночастицах при уменьшении их диаметра ниже  $d_{\text{сп}} \approx 9.3$  нм. В тоже время в приведённых перед этим данных мёссбауэровских измерений возможное влияние суперпарамагнетизма на форму и сверхтонкие параметры соответствующих мёссбауэровских спектров не представлено.

3. Первой работой, в которой отражены основные результаты диссертации, указана статья 2015 года в Journal of Magnetism and Magnetic Materials, посвящённая синтезу наночастиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  в оболочках из золота, однако в тексте автореферата данные по этим наночастицам не представлены.

Указанные замечания не снижают высокого уровня большой и сложной работы, проделанной С.В. Салиховым. Представленный в автореферате значительный объём экспериментальных данных свидетельствует об экспериментальном мастерстве и научной квалификации автора. Научная значимость и достоверность полученных результатов подтверждается публикациями в профильных рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, а так же докладами на национальных и международных научных конференциях.

Диссертация С.В. Салихова является законченной оригинальной научно-квалификационной работой, полностью соответствующей требованиям пункта 9 "Положения о присуждении учёных степеней" ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Сергей Владимирович Салихов, заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — "физика конденсированного состояния".

И.о. заведующего сектором  
мёссбауэровской спектроскопии  
отдела ядерных методов и магнитных структур  
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН  
кандидат физико-математических наук

Фролов Кирилл Владимирович

Федеральное государственное учреждение «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук»;  
119333, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 59;  
Тел: +7(495) 330-8329; e-mail: [green@crys.ras.ru](mailto:green@crys.ras.ru)

30 мая 2016 г.

Подпись Фролов Кирилла Владимировича заверяю  
Учёный секретарь ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН  
кандидат физико-математических наук



О.А. Алексеева