

## Отзыв

Официального оппонента на диссертацию Ярославцева Романа Николаевича “Получение, структура, статические и динамические магнитные свойства наночастиц ферригидрита и их модификация термоотжигом, легированием и ультразвуковой обработкой”, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Фундаментальные исследования магнитных наноразмерных частиц на основе оксидов, гидроксидов и оксигидроксидов железа, с перспективой их применения в таких областях как катализ, биотехнология, биомедицина, в объектах хранения информации были начаты зарубежными учеными ещё в середине 80-х годов прошлого столетия и стали объектом интенсивных исследований, в том числе российскими учёными, последние 10-15 лет. Для научно обоснованного выбора методов синтеза наночастиц оптимального химического состава и размера, условий формирования требуемых магнитных параметров частиц, сохраняющих стабильность в процессе синтеза и в условиях эксплуатации, необходимо создание обширной базы данных о взаимосвязи условий и режимов синтеза частиц различного состава и изготовления зольей на их основе, с одной стороны, и структурой, морфологией, магнитными свойствами наночастиц, с другой стороны. Подобные исследования, применительно к порошкам ферригидрита, проводимые, в частности в Красноярской школе магнетизма, являются чрезвычайно актуальными. В этой связи диссертация Ярославцева Романа Николаевича, посвященная получению наночастиц биогенного и синтетического (полученного методом химического осаждения) ферригидрита, изучению влияния на структуру и магнитные свойства наночастиц низкотемпературного отжига применительно к биогенному ферригидриту и легирования кобальтом, применительно к синтетическому ферригидриту, изучению возможности получения зольей наночастиц ферригидрита методом ультразвукового диспергирования, является, несомненно, актуальной.

На основе проработки 149 литературных источника диссертант рассмотрел в литературном обзоре, применительно к частицам ферригидрита, области применения и методы синтеза магнитных частиц, уделив особое внимание ультразвуковой обработке в процессе синтеза, рассмотрел роль поверхностных эффектов и размеров частиц на их магнитные параметры и магнитные свойства.

При проведении работы диссертант использовал современные экспериментальные методы исследования морфологии и структуры полученных порошков (просвечивающая электронная микроскопия), заселённости ионов Fe и кристаллографической упаковки легандов (мёссбауэровская- гамма резонансная – спектроскопия), статических магнитных (вибрационная магнитометрия) и динамических магнитных (метод ферромагнитного резонанса) свойств. Выполнение эксперимента на современном сертифицированном оборудовании и анализ полученных результатов в их взаимосвязи, а также согласованность результатов, полученных в представленной диссертации, с результатами исследований других авторов, позволяет сделать заключение о надёжности и достоверности полученных результатов.

Диссертация содержит 87 с. основного текста, включающего 33 рисунка и 16 таблиц, приложения на 3 с., список литературы из 149 наименований.

По теме диссертации автором опубликовано 12 работ, из них 5 статей в рецензируемых журналах, 6 работ в материалах конференций, подана 1 заявка на получение патента.

Заслуживают внимания следующие результаты диссертации.

Показано, что отжиг при 150 и 200 °С биогенного ферригидрита, не приводя к изменению кристаллохимической структуры частиц (мёссбауэровская спектроскопия), приводит к увеличению размера наночастиц вследствие процесса агломерации. Об этом свидетельствуют электронно-микроскопические исследования, показавшие, что размер частиц при отжигах увеличивается от 2,7 до 4 нм, а также результаты изучения температурной зависимости намагниченности и коэрцитивной силы ферригидрита. Методом химического осаждения изготовлены порошки наночастиц ферригидрита и ферригидрита, легированного кобальтом ( $C(Fe)/C(Co) = 5$ ). Показано, что легирование кобальтом приводит к незначительному увеличению размера частиц от 2,5 нм до 3,5 нм, при этом сохраняется их суперпарамагнитное состояние, о чем свидетельствуют результаты исследования температурной зависимости намагниченности частиц. Результаты исследований спектров ферромагнитного резонанса (ФМР) частиц и температурных зависимостей их резонансных полей показали, что легирование кобальтом приводит к изменению состояния поверхности частиц с формированием на ней вращательной анизотропии с величиной  $K_u = 1.6 \cdot 10^{-3}$  эрг/см<sup>2</sup>. Методом мессбауэровской спектроскопии показано, что воздействие ультразвуковой кавитации на наночастицы ферригидрита приводит к восстановлению ионов  $Fe^{3+}$  до металлического состояния. Установлено, что процесс восстановления ионов  $Fe^{3+}$  идет только в присутствии органической составляющей.

Замечания по диссертации.

1. В литературном обзоре отсутствует четкое разделение того, что известно, что сделано по изучаемой проблеме, и что не сделано, но необходимо для дальнейшего развития изучаемой научной проблемы и её прикладного аспекта. Тем самым не обосновывается выбор цели работы и задач, выполнение которых необходимо для достижения поставленной цели.

2. Формулировка цели работы слабо связана с названием работы и с вводами по работе.

3. Сформулированный в целях работы “поиск способов изготовления зольей” на основе порошков ферригидрита не отражен ни в задачах исследований, ни в тексте диссертации. Описание эксперимента по получению зольей, приведенное в Приложении 1 к диссертации (стр. 88 Диссертации), не даёт представлений об исследованиях диссертанта, посвящённых поиску способов изготовления зольей.

4. Включение в диссертацию раздела, касающегося кавитационной обработки гематита, кажется лишним.

Изложенные замечания касаются, в основном, не научных результатов, полученных в работе, а формы их представления. В этой связи изложенные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Работа Ярославцева Романа

Николаевича отличается новизной, оригинальностью и свидетельствует о научной и профессиональной подготовке соискателя. Диссертация и автореферат отражают основные полученные в работе результаты. В целом, диссертационная работа Ярославцева Романа Николаевича "Получение, структура, статические и динамические магнитные свойства наночастиц ферригидрита и их модификация термоотжигом, легированием и ультразвуковой обработкой" является завершённым научным исследованием, которое по актуальности, новизне, научной и практической значимости соответствует требованиям п.9 "Положения о присуждении учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842, а Ярославцев Роман Николаевич достоин присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальностям порошковая металлургия и композиционные материалы - 05.16.06 и физика магнитных явлений - 01.04.11.

Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им.

А.А. Байкова Российской академии наук, профессор, доктор технических наук

Шефтель Елена Наумовна

31.08.2017



Подпись руки Шефтель Е.Н. удостоверяю.

Учёный секретарь ИМЕТ РАН

К.Т.Н.

Фомина О. Н.

Почтовый адрес: ИМЕТ РАН, 119334, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 49

Тел.: 8 (499) 135-20-60

E-mail: sheftel@imet.ac.ru