

## Отзыв на автореферат

диссертации С.В. Салихова на тему «Закономерности формирования структуры и магнитных свойств наноразмерных и наноструктурированных порошков на основе оксидов железа», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04. 07 «Физика конденсированного состояния».

Исследование структуры и магнитных свойств наноразмерных частиц является одним из наиболее перспективных и развивающихся направлений современного физического материаловедения. Интерес к наночастицам на основе оксидов железа, в первую очередь, вызван их активным применением в области биомедицины, в частности для адресной доставки лекарственных средств, лечения онкологических заболеваний методом локальной гипотермии, а также в качестве контрастных агентов для магнитно-резонансной томографии (МРТ) и некоторых других применений. Магнитные свойства и биологическая активность наночастиц на основе магнетита в значительной мере зависят от их размеров, морфологии, кристаллической структуры и химического состава. В этой связи диссертация Салихова С.В. «Закономерности формирования структуры и магнитных свойств наноразмерных и наноструктурированных порошков на основе оксидов железа», посвященная детальному изучению закономерностей формирования фазово-структурного состояния и магнитных свойств наноразмерных и наноструктурированных порошков на основе оксидов железа, безусловно, является актуальной с научной и практической точек зрения.

К основным научным результатам Салихова С.В. можно отнести следующее:

- Впервые показано, что наночастицы магнетита, полученные химическими методами (с размером от 5 до 90 нм) представляют собой нестехиометрическое соединение магнетит-маггемитового ряда, описываемое кристаллохимической формулой  $Fe^{3+}[Fe^{2+}_{1-3n}Fe^{3+}_{1+2n} \phi_n]O_4$ , где  $\phi$  и  $n$  - обозначение и формульный коэффициент вакансий.
- Установлено влияние размера и морфологии частиц на магнитные свойства исследованных нанопорошков оксидов железа, полученных химическими методами. Впервые показано, что при размерах наночастиц более 130 нм их магнитные свойства соответствуют свойствам массивного магнетита.
- Установлено сложное строение наночастиц синтезированных методами соосаждения и осаждения. Так, например, наночастицы  $Fe_3O_4$ , имеют оболочку, близкую по составу к оксигидроксиду железа (гётит), толщина которой не изменяется по мере увеличения среднего размера частиц и составляет около 0.5 нм.
- Исследованы и установлены закономерности формирования структуры и магнитных свойств наноструктурированных композиционных порошков на основе оксида железа, допированного железом и оксидом гадолиния, синтезированных различными физическими и химическими методами

Результаты работы могут быть использованы в практике для создания нового поколения контрастных агентов МРТ-диагностики на основе магнетита, одновременно допированного железом и оксидом гадолиния.

В качестве замечаний к работе можно высказать следующее. На странице 14 автореферата из экстраполяции зависимости доли вакансий от среднего размера частиц к нулю сообщается, что при средних размерах около 130 нм наночастицы будут состоять только из фазы магнетита, при этом делается вывод, что этот размер наночастиц следует считать условной границей перехода от состояния, в котором проявляются наноразмерные эффекты к массивному состоянию. По-видимому, не совсем корректно связывать нестехиометрию магнетита с проявлением всех наноразмерных эффектов, а переход к массивному состоянию – только к получению однофазного порошка магнетита, хотя в данном случае это взаимосвязанные явления.

В целом актуальность, новизна и практическая значимость диссертационной работы Салихова С.В не вызывают сомнений и, сделанное замечание не снижает высокой оценки диссертационной работы, которая полностью отвечает требованиям ВАК Минобрнауки к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», а сам автор диссертации, безусловно, заслуживает присвоения ему искомой степени.

Заведующий лабораторией физико-химической инженерии  
композиционных материалов (ФХИКМ)

Института проблем химической  
физики РАН,

доктор физ.-мат. наук, профессор

Колобов Юрий Романович

Ведущий научный сотрудник

лаборатории ФХИКМ ИПХФ РАН,

доктор физ.-мат. наук

Пуха Владимир Егорович



Собственноручную подпись

Сотрудника

Удостоверяю

Зав. канцелярией

*Колобова Ю. Р.*

*Пухо В. Е.*

*[Signature]*