

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертационной работы Лю Наньнань “Изучение механизмов тепловыделения в магнитных наночастицах, перспективных для лечения рака с помощью магнитной гипертермии: магнитнотепловые свойства наночастиц феррита ZnMn”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений

На данный момент опухолевые заболевания занимают второе место в мире среди причин ненасильственной смерти после сердечнососудистых заболеваний. В связи с этим поиск перспективных методов противоопухолевой терапии, обладающих высокой эффективностью и низкой выраженностью побочных эффектов, является актуальным. Среди них метод магнитной гипертермии безусловно является одним из наиболее перспективных в связи с его малой инвазивностью, возможностью удаленного воздействия на область патологии и возможностью минимализации побочных эффектов. В тоже время ключевой проблемой данного подхода является, как правило, невысокое тепловыделение у существующих агентов для магнитной гипертермии. Таким образом, выбранная тематика является, безусловно, актуальной.

В данной диссертационной работе автором было выполнено исследование влияния амплитудно-частотных характеристик поля и состава наночастиц  $Zn_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ , где  $x$  в диапазоне от 0,0 до 0,3, на величину SAR. Также в работе исследовали влияние покрытия наночастиц и вязкости среды на механизмы их релаксации. Помимо вышеперечисленного также было исследовано влияние отжига, приводящего к росту среднего размера наночастиц, на величину SAR.

В работе определен набор оптимальных параметров, позволяющих наиболее эффективно выполнить магнитную гипертермию. Показано, что график зависимости SAR от амплитуды магнитного поля для ферритов состава  $x=0,1; 0,15$  и  $0,2$  носит квадратичный характер. Таким образом, для данного типа наночастиц можно применять магнитное поле относительно низкой частоты и большой амплитуды. Также выявлено, что для наночастиц размером больше 13 нм нагрев происходит преимущественно за счет гистерезисных потерь.

Следует отметить, что результаты исследований прошли широкую апробацию на 5 конференциях, в том числе международных, а также опубликованы в виде 7 статей в реферируемых научных изданиях, из них одна в журнале 1-го квартриля (*Applied Physics Letters*), 5 статей в журналах, индексируемых в базе данных РИНЦ, 4 статьи – в *Web of Science* и *Scopus*.

Оформление автореферата соответствует требованиям, сам он написан грамотным научным стилем и включает необходимый иллюстративный материал, способствующий восприятию полученных результатов и сделанного на их основе анализа.

При ознакомлении с авторефератом диссертационной работы возникли следующие замечания:

1. В автореферате я не увидел данных по учету влияния размера кристаллитов при сравнении SAR образцов разного состава. Был этот параметр одинаковым для них? Было ли выполнено исследование влияния размера кристаллитов на SAR?
2. На графиках не хватает значений погрешностей, поэтому для ряда кривых сложно оценить достоверную разницу между ними.
3. Показано, что для образцов, покрытых олеиновой кислотой, резко упала намагниченность насыщения. Как было выполнена процедура удаления свободной олеиновой кислоты из образца? Возможно, значительная часть этого модификатора осталась в несвязанном виде.
4. В тексте автореферата присутствует незначительное число опечаток.

Однако перечисленные замечания нисколько не снижают высокий уровень рассматриваемой работы и совершенно не оказывают влияние на корректность сформулированных выводов. Можно констатировать, что рассматриваемая диссертационная работа представляет важное и в заявленных рамках законченное исследование, направленное на выявление взаимосвязей между характеристиками поля, составом наночастиц  $Zn_xMn_{1-x}Fe_2O_4$  и величиной SAR. По своей актуальности, новизне, целостности и значимости диссертационная работа отвечает требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 25.01.2024) "О порядке присуждения ученых степеней", а ее автор, Лю Наньнань, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений

Кандидат химических наук,  
Младший научный сотрудник  
Лаборатории «Многофункциональных  
магнитных наноматериалов»

Низамов Тимур Радикович  
19.06.2024



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС». (НИТУ МИСИС)

Почтовый адрес: 119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1.

Сайт: <https://misis.ru/>

E-mail: nizamov.timur@gmail.com (Т.Р. Низамов)

Тел.: +7 (925) 022-03-47

Подпись Низамова Т.Р.  
заверяю:



КУЗНЕЦОВА А.Е.  
19.06.2024,