

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 520.009.01

на базе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» по диссертации Шулениной Александры Владимировны **«Исследования структурных особенностей стабилизации систем биосовместимых наночастиц магнетита методами рассеяния рентгеновского излучения»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»

Диссертационный совет на основании выполненных соискателем исследований отмечает, что:

1) **Экспериментально показано**, что использование насыщенных кислот (стеариновой, пальмитиновой, миристиновой, лауриновой) в качестве стабилизаторов магнитных наножидкостей (МНЖ) приводит к уменьшению среднего размера магнетита (с 9 нм для олеиновой кислоты до 5 нм для лауриновой кислоты) и узким функциям распределения частиц по размеру.

2) В дополнение к методу малоуглового рассеяния рентгеновских лучей (МУРР) на базе метода жидкостной атомно-силовой микроскопии (АСМ) **предложена** методика анализа функции распределения агрегатов наночастиц магнетита по размерам в водных МНЖ с фиксацией агрегатов на подложке посредством внешнего неоднородного магнитного поля.

3) **Показано**, что данные АСМ-анализа водных МНЖ во внешнем магнитном поле в отношении функций распределения по размеру для агрегатов магнитных наночастиц согласуются с данными МУРР, в то время как АСМ-анализ выпаренных МНЖ свидетельствует о сдвиге исследуемых функций распределения в сторону больших размеров из-за дополнительной агрегации частиц, в том числе и при выпаривании в неоднородном внешнем магнитном поле после фиксации начальных агрегатов на подложке.

4) Из данных рентгеновской дифракции и МУРР **установлено**, что порошки магнитных частиц Fe_3O_4 , CoFe_2O_4 и $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ представляют собой сильноагрегированные системы с развитой структурой, наряду с которой зафиксировано наличие полидисперсных одиночных частиц. Анализ рентгенограмм указывает на предельно малый размер частиц (3 – 7 нм) во всех образцах.

5) На основе анализа анизотропии 2D МУРР на водных МНЖ, стабилизированных олеатом натрия, во внешнем магнитном поле **выявлены** структурные упорядочения на масштабах от 10 до 200 нм как в отношении агрегатов из наночастиц магнетита, так и цепочек из самих агрегатов. Такие цепочки отвечают за появление анизотропии в

рассеянии при их ориентировании в магнитном поле. Это объясняет эффект быстрого насыщения анизотропии при малом параметре диполь-дипольного взаимодействия.

Научная и практическая значимость диссертации заключается в том, что полученные в ходе исследования данные о структурных параметрах наночастиц магнетита и их агрегатов в нанодисперсиях могут использоваться для разработки практических методов получения магнитных наножидкостей с узким распределением по размерам с различными физическими свойствами, как для биомедицинских, так и для технических приложений. В работе предложена и реализована схема проведения жидкостной атомно-силовой микроскопии для водных растворов магнитной жидкости, что позволило достоверно охарактеризовать функции распределения наночастиц магнетита по размерам, по сравнению с ранее использованными методами АСМ для высушенных растворов.

Достоверность результатов и выводов диссертационной работы подтверждаются использованием взаимодополняющих экспериментальных методик и воспроизводимостью экспериментальных результатов, полученных независимыми методами на современном оборудовании, в том числе на станциях высокоинтенсивного источника синхротронного излучения. Сформулированные в диссертационной работе научные положения и выводы непротиворечивы и согласуются с фундаментальными физическими принципами. Полученные научные результаты опубликованы в отечественных и зарубежных рецензируемых изданиях соответствующей тематики.

Личный вклад автора заключается в участии при постановке задач исследований и выборе методов их решения, планировании и проведении экспериментов. Все включенные в диссертацию результаты получены автором лично или при его непосредственном участии. Автор принимал непосредственное участие в подготовке всех публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Шулениной А.В. «Исследования структурных особенностей стабилизации систем биосовместимых наночастиц магнетита методами рассеяния рентгеновского излучения», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 г. № 842.

На заседании 19 марта 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Шулениной Александре Владимировне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности диссертации 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовал:

за присуждение ученой степени – 17 ,
против присуждения ученой степени – нет,
недействительных бюллетеней – 1.

Протокол счетной комиссии утвержден открытым голосованием единогласно.