



«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. директора ФГЦ им А.Ф. Иоффе

доктор физ.-мат. наук С.В. Лебедев

«25» сентября 2017

### Отзыв

ведущей организации на диссертацию Алины Александровны Сжогиной «Структура и магнитно-релаксационные свойства эндодральных фуллеренов железа и их производных в водных растворах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

С момента открытия новой аллотропной модификации углерода – фуллеренов, в 90-ых года прошлого века появлялось множество идей о их возможных и наиболее интересных применениях. Однако в настоящее время становится ясным, что только два направления остаются наиболее актуальными и востребованными. Первое из них связано с созданием нового типа полимерных солнечных элементов, второе – с применением в медицине. Именно второму направлению и посвящено исследование, проведенное в кандидатской диссертации А.А. Сжогиной.

Среди многообразных типов фуллеренов эндометаллофуллерены (ЭМФ), в которых атом металла размещен внутри прочной углеродной оболочки, являются наиболее сложным объектом. Действительно, и синтез таких фуллеренов, и диагностика, подтверждающая существование атома металла внутри углеродной оболочки, и методы исследования физико-химических свойств этих углеродных наноструктур требуют глубокого понимания физики процессов и современных методов исследования.

Уникальность ЭМФ для применения в медицине состоит в возможности получения инкапсулированных изотопов. При этом одним из необходимых условий для применения ЭМФ в медицине является получение водорастворимых производных ЭМФ.

Диссертационная работа А.А. Сжогиной посвящена созданию водорастворимых железосодержащих эндофуллеренов. А.А. Сжогиной удалось увеличить выход экстрагируемых эндофуллеренов из исходных продуктов синтеза до 30% и провести комплексное исследование физико-химических свойств таких соединений. Это

необходимо для широкого спектра потенциальных применений: от контрастирующих агентов в магнитно-резонансной томографии, до терапевтических препаратов при лечении нейродегенеративных заболеваний (болезни Альцгеймера, Паркинсона), а также в качестве основы новых радиофармацевтических препаратов.

**Сказанное определяет актуальность диссертационной работы.**

Комплекс исследований в диссертационной работе включает:

- усовершенствование метода синтеза эндофуллеренов в электрической дуге;
- результаты изучения молекулярных и надмолекулярных структур новых впервые синтезированных фуллеренолов с железом;
- определение взаимодействия ЭМФ и их самоорганизации в растворах, выявление связи этого взаимодействия с магнитно-релаксационными свойствами.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованных источников. Работа изложена на 144 страницах машинописного текста, содержащего 10 таблиц, 73 рисунка, списка использованных источников из 130 наименований.

Содержание диссертационной работы отражено в 19 публикациях, в том числе в 5 статьях в рецензируемом журнале из списка ВАК, патенте РФ и многочисленных тезисах в трудах конференций.

Структура диссертации традиционна. Во введении приведена общая характеристика работы, в первой главе дан очень подробный обзор литературы. Во второй главе дано описание использованных материалов и методов исследования. В третьей главе приведены результаты исследования структуры и магнитно-релаксационных характеристик эндоэдральных железоуглеродных кластеров и их водорастворимых производных. Четвертая глава посвящена исследованию упорядоченных водорастворимых производных фуллеренов в водных растворах. В пятой главе описаны результаты исследования радиационной стойкости фуллеренов и эндофуллеренов и их водорастворимых производных. В заключении представлены общие выводы. Список литературы состоит из 130 источников.

Из наиболее значимых **новых научных результатов**, полученных в диссертационной работе, следует отметить следующие:

1. Впервые был найден способ управляемого электродугового получения фуллеренов с железом, доказано их эндоэдральное строение.



2. Методами малоуглового рассеяния нейтронов и рентгеновского излучения обнаружено и изучено структурирование водных растворов производных эндофуллеренов железа.
3. Определено, что в широком диапазоне значений магнитной индукции водорастворимые производные ЭМФ железа обладают высокой релаксационной эффективностью.

**Практическая значимость** полученных в диссертации результатов подтверждается следующим:

1. Впервые продемонстрирована реальность создания эндоэдральных структур с 3d-элементами. Тем самым, открывается направление - физики и химии углеродных структур на основе группы из 17 элементов с особыми свойствами - электронными, магнитными, химическими (переменная валентность), определяющими потенциал научно-технических и биомедицинских применений этих новых веществ.
2. Результаты комплексных исследований обладают новизной и дают значимый вклад в фундаментальную науку о металлоуглеродных структурах, включая физику растворов фуллеренов и эндофуллеренов и их полимерных комплексов, магнитно-релаксационных явлениях. Очевидна и практическая важность результатов для биомедицинских применений в магнитно-резонансной томографии.

Многообразие проведенных исследований, использование современных методов и сопоставление ряда результатов с известными литературными данными подтверждают **достоверность** полученных результатов.

**Диссертация не лишена ряда недостатков, наиболее существенными из которых являются:**

1. В первой главе в анализе литературы следовало более детально обосновать актуальность синтеза и исследования эндофуллеренов с железом по сравнению с другими ЭМФ.
2. На ИК спектрах (рис.33) видны валентные колебания связи С-Н. Такие связи могут сильно изменять свойства фуллеренов. Однако в диссертации не исследован вопрос о причине их возникновения.
3. В диссертации не приведено простых модельных картин описываемых структур. В частности, сложно себе представить структурированные комплексы в трехмерном пространстве с фрактальной размерностью  $D = 3.0-3.5$ .
4. Хотя многие параметры растворов зависят от концентрации фуллеренов, в диссертации не указано, как они определялись в растворе поливинилпирролидона.
5. Не указано, какой декстрин (циклический или линейный) использовался для синтеза комплексов.

Кроме того, к сожалению, оформление диссертационной работы и автореферата не лишено недостатков. Так, в тексте текст диссертации автор злоупотребляет научно-техническим жаргоном и «кальками» с английского языка. Некоторые рисунки (к примеру рис. 10, 11) оформлены не по ГОСТу.

**Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.**

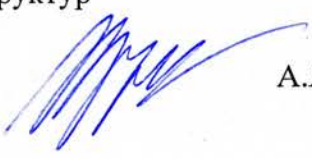
Сделанные в диссертации выводы научно обоснованы, достоверны и являются обобщением эксперимента с применением современных физико-химических методов диагностики. Диссертационная работа является завершенным научным исследованием в рамках сформулированных задач.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Тема диссертации актуальна, по объему представленных результатов, новизне и достоверности полученных результатов диссертация отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Сжогина Алина Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Диссертация А.А. Сжогойной доложена и обсуждена на объединенном семинаре "Физика и химия углеродных наноструктур", проводимом на базе лаборатории «Физики кластерных структур» ФТИ им. А.Ф.Иоффе 14 сентября 2017 года. Основные положения и выводы отзыва одобрены в ходе обсуждения.


Руководитель семинара  
Зав. лабораторией физики кластерных структур  
ФТИ им. А.Ф. Иоффе  
доктор физ.-мат. наук, профессор

  
А.Я. Вуль

Секретарь семинара  
научный сотрудник  
ФТИ им. А.Ф. Иоффе  
кандидат физ.-мат. наук

  
К.В. Рейх



  
Подпись К.В. Рейха удостоверяю  
Зав. канцелярией 25 09 2017  
ФТИ АН 