

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.114.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И
ФОТОНИКА» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ
БАСКАКОВА АРСЕНИЯ ОЛЕГОВИЧА НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 1 октября 2019 г., протокол № 3

О присуждении **Баскакову Арсению Олеговичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Структурные, магнитные и электронные свойства нанокompозитов типа «ядро-оболочка» на основе оксидов и карбидов железа» по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния» принята к защите 25.06.2019 г., протокол № 2, диссертационным советом Д 002.114.01 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук» (ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 119333, г. Москва, Ленинский проспект, д. 59. Диссертационный совет Д 002.114.01 создан приказом Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Баскаков Арсений Олегович, 1992 г.р., в 2015 г. окончил кафедру физики конденсированного состояния и наносистем Высшего физического колледжа РАН Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по специальности физика конденсированного состояния вещества. В настоящее время работает в отделе ядерных методов и магнитных структур структурного подразделения ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН – «Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН» (ИК РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в должности младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа выполнена в отделе ядерных методов и магнитных структур структурного подразделения ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН – ИК РАН, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – **Любутин Игорь Савельевич**, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела ядерных методов и магнитных структур структурного подразделения ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН – ИК РАН.

Официальные оппоненты:

Русаков Вячеслав Серафимович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор по кафедре общей физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»;

Поликарпов Михаил Алексеевич, доктор физико-математических наук, заместитель руководителя отдела фотоники и аддитивных технологий Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

— дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»** в своём положительном отзыве, подписанном ведущим научным сотрудником кафедры наноэлектроники, доктором физико-математических наук, профессором В.С. Покатиловым, заместителем заведующего кафедрой наноэлектроники, доктором физико-математических наук, профессором А.Н. Юрасовым, ученым секретарем кафедры наноэлектроники, кандидатом физико-математических наук, доцентом Л.Ю. Фетисовым, и утвержденном первым проректором ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» Н.И. Прокоповым, указала, что диссертационная работа Баскакова Арсения Олеговича «Структурные, магнитные и электронные свойства нанокompозитов типа «ядро-оболочка» на основе оксидов и карбидов железа» посвящена исследованию физических свойств нанокompозитов типа «ядро-оболочка» на основе оксидов железа в золотой и углеродной оболочке, а также карбидов железа в углеродной оболочке. Поскольку магнитные и электронные свойства, а также структура таких нанокompозитов в значительной степени зависят от условий синтеза, в диссертационной работе также исследуются механизмы синтеза таких нанокompозитов (в том числе с помощью одностадийного термического пиролиза, а также синтез в условиях высоких давлений и температур). Возможность уточнить особенности механизма синтеза таких нанокompозитов, а также особенности их физико-химических свойств в зависимости от условий синтеза критически важно для получения нанокompозитов с заданными характеристиками. Причем спектр использования нанокompозитов типа «ядро-оболочка» весьма широк: от биомедицинских применений (в адресной доставке лекарств и гипертермии) до химических применений в катализе. Практическая значимость работы достаточно велика за счет важности полученных исследований для управляемого синтеза нанокompозитов типа «ядро-оболочка» с заданными свойствами. Такие нанокompозиты имеют множество возможных применений как в биомедицинских, так и химико-технологических целях. Результаты диссертационной работы могут использоваться в таких организациях как Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» и Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук. Материал диссертации изложен последовательно, рисунки, графики и таблицы хорошо иллюстрируют содержание текста. Сформулированные выводы к каждой главе

помогают целостно воспринимать материал. В качестве замечаний от ведущей организации выделяются следующие:

1. В обзоре литературы (глава 1) слишком сжато изложена информация по известным механизмам синтеза нанокompозитов типа «ядро-оболочка», что затрудняет оценку результатов четвертой главы.

2. Предложенные автором механизмы превращения нанокompозитов могут быть не единственно возможными и про это следовало бы написать.

Отмеченные недостатки не снижают высокой ценности работы, не влияют на общее впечатление о работе и на её положительную оценку. Диссертация представляет собой цельную научно-исследовательскую работу по актуальной тематике и обладает существенной практической значимостью. Диссертационная работа Баскакова А.О. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальных задач, имеющих важное значение для получения нанокompозитов типа «ядро-оболочка» с заданными магнитными, электронными и структурными свойствами. Работа является законченным исследованием и полностью соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным согласно пунктам 9-14 раздела II Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Баскаков Арсений Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

По теме диссертационной работы опубликовано 5 статей в рецензируемых научных журналах. Результаты представлены на 6 различных международных конференциях. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Baskakov A. O. et al.** Magnetic and interface properties of the core-shell $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$ nanocomposites //Applied Surface Science. 2017. 422. 638.

2. **Соловьева А. Ю. и др.** Синтез core-shell $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{au}$ наночастиц //Журнал неорганической химии. 2017. 62.6. 725.

3. **Baskakov A. O. et al.** Mechanism of Transformation of Ferrocene into Carbon-Encapsulated Iron Carbide Nanoparticles at High Pressures and Temperatures //Inorganic chemistry. 2018. 57. 23. 14895.

4. **Баскаков А. О. и др.** Распределение атомов железа в неэквивалентных кристаллографических позициях карбида Fe_7C_3 в наноструктурах типа ядро–оболочка //Кристаллография. 2019. 64. 2. 301.

5. **Lyubutin I. S. et al.** Structural and magnetic evolution of $\text{Fe}_x\text{O}_y@ \text{carbon}$ core-shell nanoparticles synthesized by a one-step thermal pyrolysis //Materials Characterization. 2019. 150. 213.

На диссертацию и автореферат поступило 6 **положительных отзывов**.

Иванов Андрей Анатольевич – к.ф.-м.н., доцент отделения лазерных и плазменных технологий офиса образовательных программ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», отметил в качестве замечания, что есть некоторые недочеты по оформлению автореферата и незначительное количество опечаток.

Оштрах Михаил Иосифович – д.ф.-м.н., главный научный сотрудник кафедры экспериментальной физики Физико-технологического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», отметил в качестве замечаний следующее:

1. На стр. 5 и 6 два абзаца «Практической значимости» фактически описывают актуальность исследований. Здесь следовало бы показать практическую значимость результатов автора.

2. В третьей главе автор исследует наночастицы магнетита. Однако в автореферате не приводятся доказательства, что это именно магнетит. Из многих работ по исследованию наночастиц магнетита известно, что зачастую происходит окисление магнетита на поверхности с образованием маггемита.

3. На стр. 10 в конце описания раздела 3.5 автор приводит данные о числе ближайших соседей ионов Fe^{3+} в тетраэдрических и октаэдрических позициях магнетита со ссылкой на работу [12]. Однако число ближайших соседей (O^{2-} , $\text{Fe}^{3+}_{\text{A}}$, $\text{Fe}^{2.5+}_{\text{B}}$) будет определяться выбранным радиусом координационной сферы около позиций А и В и постоянной решетки, что даст другие значения даже для самых ближайших соседей - ионов O^{2-} .

4. К сожалению, автор не привел ни одного мессбауэровского спектра, хотя объем автореферата позволяет это сделать. Поэтому сложно судить о качестве измеренных спектров и их аппроксимации.

Семенов Валентин Георгиевич – д.ф.-м.н., профессор кафедры аналитической химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», отметил в качестве замечания, что в тексте автореферата следовало бы указать причину выбранной диверсификации объектов исследования. Иначе, складывается ощущение, что три исследуемых типа нанокompозитов выбраны случайным образом.

Гиппиус Андрей Андреевич – д.ф.-м.н., профессор кафедры физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» прислал отзыв без замечаний.

Стругацкий Марк Борисович – д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой физики конденсированных сред, физических методов и информационных технологий

в медицине Физико-технологического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», прислал отзыв **без замечаний**.

Иванцов Руслан Дмитриевич – к.ф.-м.н., научный сотрудник лаборатории физики магнитных явлений Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук - обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, прислал отзыв **без замечаний**.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются ведущими специалистами в области мессбауэровской спектроскопии в области исследования наночастиц, а в ведущей организации активно проводятся работы по изучению наноматериалов различными экспериментальными методами.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований реализован и успешно применён комплекс современных методов порошковой рентгеновской дифракции, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии, мессбауэровской и рамановской спектроскопии и магнитных измерений нанокompозитов типа «ядро-оболочка» на основе оксидов и карбидов железа. Соискателем получен набор мессбауэровских и рамановских спектров в широком температурном диапазоне для образцов $Fe_3O_4@Au$, $Fe_xO_y@C$, $Fe_xC_y@C$. Показаны особенности физических свойств нанокompозитов, полученных с помощью одностадийного и двухстадийного синтеза. Выявлены механизмы формирования нанокompозитов $Fe_xO_y@C$ в случае одностадийного пиролиза и нанокompозитов $Fe_xC_y@C$ в случае разложения ферроцена $Fe(C_5H_5)_2$ в условиях высоких давлений и температур. Определено, что формирование вюстита $Fe_{1-x}O$ в составе нанокompозитов $Fe_xO_y@C$ происходит при участии углеродной оболочки путем восстановления магнетита Fe_3O_4 . С помощью мессбауэровской спектроскопии было показано влияние золотой оболочки на магнитные свойства ионов железа в области раздела ядра и оболочки нанокompозитов $Fe_3O_4@Au$. Проведен анализ мессбауэровских и рамановских спектров, картин порошковой рентгеновской дифракции, а также просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии серии нанокompозитов $Fe_xC_y@C$, полученных из кристаллического ферроцена при различной температуре обработки и давлении 8 ГПа, на основании чего был сделан вывод о превращении ферроцена в нанокompозиты $Fe_xC_y@C$ через промежуточную фазу аморфного, перенасыщенного углеродом карбида железа $Fe_{1-x}C_x$.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что: представленные исследования могут быть использованы для управляемого синтеза нанокompозитов типа «ядро-оболочка» на основе оксидов и карбидов железа с заданными свойствами. Такие нанокompозиты имеют множество возможных применений как в биомедицинских, так и химико-технологических целях. Характеризация свойств золотых и углеродных оболочек нанокompозитов, проведенная в работе, имеет критическое значение для анализа биосовместимости и нетоксичности, поскольку оболочки могут снижать химическую

активность ядра и влиять на размеры нанокompозитов. Исследование же магнитных свойств важно для оценки реакции образцов на внешнее магнитное поле, что играет большую роль в случае управления нанокompозитам при адресной доставке лекарств. Исследования механизмов превращения нанокompозитов как в случае оксидов железа, так и в случае карбидов железа позволяют определить связь между начальными условиями синтеза и фазовым составом нанокompозитов, а также их электронными и магнитными свойствами. Так, количество немагнитной железосодержащей фазы в $Fe_xC_y@C$ уменьшается до минимума при температуре обработки в $1600\text{ }^\circ\text{C}$ при обработке ферроцена в условиях давления в 8 ГПа ; при этом размер нанокompозитов увеличивается до $\sim 100\text{ нм}$. Увеличение же температуры синтеза нанокompозитов $Fe_xO_y@C$ до $400\text{ }^\circ\text{C}$, напротив, приводит к росту немагнитной фазы вюстита $Fe_{1-x}O$.

Оценка достоверности результатов диссертационной работы выявила, что экспериментальные результаты получены соискателем с применением современного оборудования, сертифицированного в соответствии с международными стандартами. Достоверность и обоснованность результатов также обеспечивается получением большого объема экспериментальных данных, измеренных с использованием широкого набора методов, и квалифицированным качественным и количественным анализом. Положения, выносимые соискателем на защиту, подтверждаются хорошей согласованностью полученных в работе экспериментальных данных и результатов с литературными источниками.

Личный вклад соискателя состоял в подготовке и проведении экспериментов, анализе и интерпретации полученных результатов мессбауэровской спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния (рамановской) света, а также в интерпретации результатов предварительной аттестации экспериментальных образцов методами рентгеновской и электронной дифракции, электронной микроскопии и другими. Автор принимал активное участие в написании и подготовке к публикации статей по материалам исследований, в подготовке и представлении научных докладов на многочисленных национальных и международных конференциях.

Диссертация отвечает на ключевые вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства. Объединяющим фактором и основной идейной линией являются исследования нанокompозитов типа «ядро-оболочка» на основе оксидов и карбидов железа широким набором методик, позволяющих получить данные о структуре, а также магнитных и электронных свойствах этих нанокompозитов при различных условиях синтеза, представляющие интерес как с точки зрения физики конденсированных сред, так и с точки зрения практических применений в бионанотехнологии.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая полностью соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым постановлением

Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 1 октября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Баскакову Арсению Олеговичу учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния».

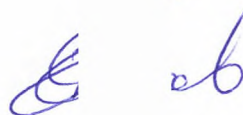
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 4 доктора наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета,
член-корреспондент РАН



М.В. Ковальчук

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат физико-математических наук



К.В. Фролов

« 1 » октября 2019 г.

Учёный секретарь ФНИЦ
«Кристаллография и фотоника» РАН
кандидат физико-математических наук



Л.А. Дадинова