

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.076.11, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Х.М. БЕРБЕКОВА», ПО ДИССЕРТАЦИИ (НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17.09.2021г. № 15

О присуждении Ермакову Алексею Вадимовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Нанокомпозиты на основе полиэлектролитов и неорганических наноструктур: получение и управление физико-химическими свойствами» по специальности 01.04.15 – «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика» принята к защите 21 июня 2021 года (протокол №15) диссертационным советом Д 212.076.11 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, приказ Минобрнауки России от 09.11.2012 № 717/нк.

Соискатель Ермаков Алексей Вадимович, 1 марта 1991 года рождения, в 2013 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» с присуждением квалификации «Инженер» по специальности «Материаловедение и технология новых материалов». В 2018 году соискатель окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия». Работает младшим научным сотрудником в ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения, технологии и управления качеством и в лаборатории биомедицинской фотоакустики Научного

медицинского центра ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Вениг Сергей Борисович, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», кафедра материаловедения, технологии и управления качеством, заведующий кафедрой, институт физики, и.о. директора.

Официальные оппоненты: Головин Юрий Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», НИИ «Нанотехнологии и наноматериалы», директор; Солдатов Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», научный руководитель направления, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук (г. Москва) в своем положительном отзыве, подписанном Букреевой Татьяной Владимировной, кандидатом химических наук заведующий лабораторией биоорганических структур Института кристаллографии им. А.В. Шубникова, указала, что «диссертационная работа Ермакова А.В. по содержанию, актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует всем требованиям, установленным разделом II «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям и Ермаков А.В. заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.15 - Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика, так как диссертационная работа Ермакова А.В. является законченной научно-квалификационной работой, на актуальную тему, посвящённую созданию новых нанокомпозитов с управляемыми физико-химическими свойствами».

Соискатель имеет 33 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 10 работ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Общий объем научных изданий 26,5 п.л.. Авторский вклад составляет 85%.

Наиболее значительные работы:

1. Ермаков А.В. Управление целостностью нанокомпозитных микроструктур на основе липидов, полимеров и неорганических наночастиц в электрическом поле /**А.В. Ермаков**, В.П. Ким, А.С. Чумаков, И.А. Горбачев, Д.А. Горин, И.В. Видяшева, Г.Б. Хомутов // Изв. Сар. ун-та. Новая серия. Серия Физика. – 2013. – Т. 2(13). – С. 57–61.
2. Kim V.P. Planar nanosystems on the basis of complexes formed by amphiphilic polyamine, magnetite nanoparticles, and DNA molecules / V.P. Kim, **A.V. Ermakov**, E.G. Glukhovskoy, A.A. Rakhnyanskaya, Y.V. Gulyaev, V.A. Cherepenin, I.V. Taranov, P.A. Kormakova, K.V. Potapenkov, N.N. Usmanov, A.M. Saletsky, Y.A. Koksharov, G.B. Khomutov // Nanotechnologies in Russia. – 2014. – V.5–6 (9). – P. 280–287.
3. Ермаков А.В. Перспективы развития биоподобных гибридных материалов на основе метода полиионной сборки / **А.В. Ермаков**, С.Б. Вениг // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т.4 (18). – С. 383–389.
4. Ermakov A.V. Polyelectrolyte-Graphene Oxide Multilayer Composites for Array of Microchambers which are Mechanically Robust and Responsive to NIR Light / **A.V. Ermakov**, S.H. Lim, S. Gorelik, A.P. Kauling, R.V.B. de Oliveira, A.H. Castro Neto, E. Glukhovskoy, D.A. Gorin, G.B. Sukhorukov, M. V. Kiryukhin // Macromolecular Rapid Communications. – 2019. – V.5 (40). – P. 1700868.
5. Ermakov A.V. Antipina Influence of Heat Treatment on Loading of Polymeric Multilayer Microcapsules with Rhodamine B / **A.V. Ermakov**, O.A. Inozemtseva, D.A. Gorin, G.B. Sukhorukov, S. Belyakov, M.N. // Macromolecular Rapid Communications. – 2019. – V.5 (40). – P. 1800200.
6. Sindeeva O.A. Carbon dot aggregates as an alternative to gold nanoparticles for the laser-induced opening of microchamber arrays / O.A. Sindeeva, E.S.

Prikhozhdenco, A.V. Ermakov, D.N. Bratashov, A.M. Vostrikova, V.S. Atkin, B.N. Khlebtsov, A. V. Sapelkin, I.Y. Goryacheva, G.B. Sukhorukov // Soft Matter. – 2018. – V.44 (14). – P. 9012–9019.

7. Ermakov A.V. Composite multilayer films based on polyelectrolytes and in situ-formed carbon nanostructures with enhanced photoluminescence and conductivity properties / A.V. Ermakov, E.S. Prikhozhdenco, P.A. Demina, I.A. Gorbachev, A.M. Vostrikova, A. V. Sapelkin, I.Y. Goryacheva, G.B. Sukhorukov // Journal of Applied Polymer Science. – 2019. – V.136(27). – P.47718-47725.

8. Khan A.N. Radio frequency controlled wireless drug delivery devices / A.N. Khan, A. Ermakov, G. Sukhorukov, Y. Hao // Applied Physics Reviews. – 2019. – V.6, P. 041301

9. Ermakov A.V. Site-specific release of reactive oxygen species from ordered arrays of microchambers based on polylactic acid and carbon nanodots / A.V. Ermakov, V.L. Kudryavtseva, P.A. Demina, R.A. Verkhovskii, J. Zhang, E.V. Lengert, A.V. Sapelkin, I.Yu. Goryacheva, G.B. Sukhorukov // Journal of Materials Chemistry B. – 2020. – V. 8. – P.7977-7986.

10. Ermakov A.V. Electrically induced opening of composite PLA/SWCNT microchambers for implantable drug depot systems / A.V. Ermakov, E.V. Lengert, M.S. Savelyeva, G.B. Sukhorukov // Изв. Сар. ун-та. Новая серия. Серия Физика. – 2020. – Т. 20(4). – С. 311–314.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) от Воронина Д.В., кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории функциональных алюмосиликатных материалов кафедры физической и коллоидной химии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина г. Москва. Отзыв положительный, имеются замечания: «1. В приведенном в автореферате диссертации материале слабо показана возможность практического применения описываемых структур. В автореферате упоминается создание микроразмерных контейнеров для хранения и контролируемого высвобождения биологически активных веществ. Однако не совсем ясно, удовлетворяют ли свойства полученных композитов требованиям биомедицины? Была ли поставлена задача получить композиты с некоторыми заданными свойствами? Если да, то какими? Решена ли эта задача? Если нет, то, что послужило препятствием? Что показала

диссертационное исследование: имеют ли полученные композиты перспективы в биомедицине? 2. В обсуждении третьей главы диссертационной работы указано, что «размер пор ПЭМ пленок... составляет 0,7 - 1 нм». При этом не приведено, каким образом были получены такие значения с точностью до десятой доли нанометра. Имеют ли они физический смысл? 3. Не ясно, по какой причине при низких концентрациях полимерных контейнеров (10^9 шт/мл) температурная обработка приводит к увеличению проницаемости их оболочек на 28%, а при увеличении концентрации этих же контейнеров в 6 раз, наоборот, происходит уменьшение их проницаемости на 40%. 4. В обсуждении пятой главы диссертации диссертантом упоминается «плотность наночастиц магнетита в ПЭМ оболочке составляет от 14×10^3 шт. на 1 мкм^2 оболочки до 42×10^3 шт./ мкм^2 ». Не понятно, каким образом были получены данные значения. 5. В тексте автореферата присутствуют научные жаргонизмы и опечатки»;

2) от Звягина А.В., доктора физико-математических наук, заведующего Отделом биомедицинской инженерии Центра биоаналитических исследований и молекулярного дизайна ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, г. Москва. Отзыв положительный, имеется замечание: «признаки недостаточной редакторской правки»;

3) от Хлебцова Б.Н., доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов Российской академии наук (ИБФРМ РАН)», г. Саратов. Отзыв положительный, имеется замечание: «при обсуждении флуоресцентных свойств микроконтейнеров (глава 4 и рис. 7) автор не указывает длину волны (диапазон длин волн) возбуждающего света»;

4) от Ященко А.М., доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника центра фотоники Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий», г. Москва. Отзыв положительный, имеется замечание: «В автореферате имеются некоторые стилистические неточности»;

5) от Богатырева В.А., доктора биологических наук, ведущего научного сотрудника ФГБУН Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, г. Саратов. Отзыв положительный, замечаний нет;

6) от Гороховского А.В., доктора химических наук, профессора, председателя совета директоров ООО «Научно-исследовательский институт “Перспективные технологии и материалы”», г. Саратов. Отзыв положительный, имеются замечания: «В материалах, представленных в автореферате нет четкого обоснования выбора полиэлектролитов и подложек, на которых формировались пленки. Отсутствует также обоснование использования именно оксида графена для образования электростатических связей между слоями пленок полиэлектролитов. Существует множество других наноматериалов также имеющих слоистую структуру и высокий электроинергетический потенциал»;

7) от Алоева В.З., доктора химических наук, профессора кафедры «Техническая механика и физика» ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова. Отзыв положительный имеется замечание: «использование современных физических концепций (клusterная модель, фрактальный анализ, модель необратимой агрегации), позволило бы углубить и дополнить полученные результаты»;

8) от Смирнова А.В., кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН», г. Саратов. Отзыв положительный имеются замечания: «1. Информация, приведенная об экспериментах по наноиндентированию является неполной. В частности – неясным остается каким образом производилось позиционирование индентора относительно микроконтейнера. Проводилось ли сравнение модуля Юнга подложки, подложки с нанесенным полиэлектролитным покрытием и подложки с микроконтейнером. 2. Какой графен использовался при формировании композитных микроконтейнеров (число слоев)? Изучалось ли влияние типа используемого графена на прочность контейнеров? 3. Каким образом происходил подсчет количества микроконтейнеров после приложения к ним электрического поля? Является ли критическим воздействие полей с указанной напряженностью на клетки крови человека?».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их научным профилем, и наличием публикаций в ведущих отечественных и зарубежных научных изданиях, связанных с темой диссертационной работы Ермакова А.В., а также их профессиональным опытом и достижениями в области создания и исследования гибридных наноструктурированных объектов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен подход на основе принципов биоподобия для синтеза микроконтейнеров, образованных оболочками из природных полиэлектролитов и карбоната кальция;

разработана методика синтеза нанокомпозитных микроконтейнеров на основе полиэлектролитной матрицы и оксида графена;

разработана методика синтеза нанокомпозитных микроконтейнеров, включающих в свой состав углеродные флуоресцирующие наноструктуры на основе подхода *in situ*; предложен метод иммобилизации низкомолекулярных веществ с помощью полиэлектролитных капсул с путём термической обработки суспензии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

раскрыты качественно новые закономерности формирования нанокомпозитных пленок и микроконтейнеров на их основе в зависимости от параметров синтеза и внешней среды, вносящие вклад в создание нанокомпозитных материалов для хранения и управляемого высвобождения веществ;

разработана экспериментальная методика повышения прочности и модуля Юнга полиэлектролитных оболочек микронного размера методом биоподобной минерализации образцов;

выявлена зависимость количества иммобилизованного красителя от термической обработки полиэлектролитных микрокапсул, что вносит вклад в разработку систем инкапсулирования низкомолекулярных терапевтических агентов;

выявлены особенности влияния оптического излучения на нанокомпозитные микроконтейнеры, содержащие в своей оболочки сенсибилизирующие агенты, включая оксид графена и углеродные наноструктуры.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

определены параметры состава оболочек полиэлектролитных микроконтейнеров, обеспечивающие их высокую механическую стабильность;

определенны температурные режимы для инкапсуляции модельных низкомолекулярных веществ с помощью полиэлектролитных микрокапсул;

разработаны микроконтейнеры, на основе природных полиэлектролитов и углеродных наполнителей, чувствительные к внешнему оптическому излучению от видимой области до второго биологического окна прозрачности (длина волны излучения более 1000 нм).

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

в работе корректно использован комплекс существующих базовых методов исследования, экспериментальных методик, а также методов анализа результатов; обоснованность полученных соискателем результатов основана на использовании методов и приемов анализа свойств материалов на микронном и субмикронном уровне;

идея базируется на глубоком анализе текущего состояния науки по изучаемой проблеме, анализе публикаций в высоко цитируемых научных изданиях и согласуется с имеющимися в настоящее время научными и практическими данными по теме исследования.

Личный вклад соискателя состоит: в постановке задач исследования, в выборе подходов синтеза и модификации нанокомпозитных микроконтейнеров, разработке методики синтеза нанокомпозитных пленочных материалов и методов вскрытия микроконтейнеров, в непосредственном проведении экспериментов, в обобщении и анализе полученных результатов, в формулировании выводов, написании научных статей.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: размер пор полиэлектролитной пленки заявлен в диапазоне 0,7-1 нм, что должно препятствовать проникновению ионов кальция и карбоната вглубь пленки, однако заявленный рост неорганической фазы в глубине пленки мало аргументирован; заявляемая толщина слоя оксида графена в составе

полиэлектролитной матрицы в один монослой не доказана, а описываемый метод синтеза мультислойной пленки может приводить к образованию большего количества слоев оксида графена при нанесении; отмечен недостаток исследований по влиянию геометрии лунок шаблона на рост фазы карбоната кальция в ходе биоподобной минерализации, данный фактор может существенным образом сказываться на процессе зародышеобразования.

Соискатель Ермаков А.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию обосновав спектр методов и подходов, примененных в ходе выполнения диссертации и результаты анализа полученных данных.

На заседании 17.09.2021г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний присудить Ермакову А.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 14 докторов наук по специальности 01.04.15 Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета
17 сентября 2021 г.



Кармоков Ахмед Мацевич

Квашин Вадим Анатольевич