

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.245.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКА»
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 6 декабря 2023 года №5

О присуждении Трифановой Екатерине Максимовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Спектральное преобразование лазерного излучения биосовместимыми матричными структурами» по специальности 2.2.2. – «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств» принята к защите 05 октября 2023 года (протокол заседания №3) диссертационным советом 24.1.245.02, созданным 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, 119333, г. Москва, Ленинский проспект, д. 59. Диссертационный совет 24.1.245.02 создан приказом Министерства науки и высшего образования от 23.05.2023 г № 1121/НК.

Соискатель Трифанова Екатерина Максимовна, 1994 года рождения, в 2018 году окончила магистратуру Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. В 2018 – 2022 гг. проходила обучение в очной аспирантуре Федерального Государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук» (ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН) по направлению 11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи; направленность программы подготовки 05.27.03 – Квантовая электроника. В настоящее время работает в лаборатории сверхкритических флюидных технологий Института фотонных технологий РАН ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН в должности младшего научного сотрудника. Диссертация выполнена в лаборатории сверхкритических

флюидных технологий Института фотонных технологий РАН ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

Научный руководитель – Попов Владимир Карпович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории сверхкритических флюидных технологий Института фотонных технологий РАН ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

Официальные оппоненты:

Барабаненков Михаил Юрьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН;

Зимняков Дмитрий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика» Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН) (г. Москва) в своем положительном отзыве, подписанном руководителем Центра биофотоники ИОФ РАН, доктором биологических наук Гудковым Сергеем Владимировичем и утвержденном директором ИОФ РАН, член-корреспондентом РАН, профессором, доктором физико-математических наук, Гарновым Сергеем Владимировичем, указала, что диссертационная работа Е.М. Трифановой по критериям актуальности, научной новизне, значимости, обоснованности и достоверности выводов отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Трифанова Екатерина Максимовна полностью заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2 – «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств».

Существенных недостатков в работе не выявлено, а указанные в отзывах оппонентов и ведущей организации замечания не снижают значимости диссертационного исследования. Представленная диссертация характеризуется высоким методологическим уровнем, а полученные результаты отличаются новизной и имеют важное практическое значение. Оппоненты и ведущая организация в своих отзывах рекомендовали присудить

Трифановой Е.М. учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2 – «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств».

Соискатель имеет 21 опубликованную работу по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, опубликовано 8 работ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Арутюнян И.В., Боровиков П.И., Дунаев А.Г., Кротова Л.И., Свиридов А.П., Трифанова Е.М., Фатхудинов Т.Х., Сухих Г.Т., Попов В.К. Деградация D,L-полилактидов в биологических средах: эксперимент и модель // Перспективные материалы. - 2020. - № 7. - С. 40–51.
2. Трифанова Е.М., Николаева М.Е., Попов В.К. Синтез и характеристика наноразмерных апконвертирующих фосфоров $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}:\text{Er}^{3+}/\text{NaYF}_4$ // Перспективные материалы. - 2021. - № 12. - С. 40–50.
3. Trifanova E.M., Khvorostina M.A., Mariyanats A.O., Sochilina A. V, Nikolaeva M.E., Khaydukov E. V, Akasov R.A., Popov V.K. Natural and Synthetic Polymer Scaffolds Comprising Upconversion Nanoparticles as a Bioimaging Platform for Tissue Engineering // Molecules. - 2022. - Vol. 27 - № 19. - P. 6547.
4. Trifanova E.M., Koshelev A. V., Khaydukov K. V., Krylov I. V., Popov V.K. Photoluminescent $\alpha\text{-NaYbF}_4:\text{Er}_{0.02}\text{Ce}_{0.02}\text{Zn}_{0.1}$ nanoparticles for bioimaging in visible and infrared ranges // St. Petersburg. Polytech. Univ. J. Phys. Math. - 2022. - Vol. 15 - № 3.2. - P. 306–310.
5. Trifanova E.M., Babayeva G., Khvorostina M.A., Atanova A. V, Nikolaeva M.E., Sochilina A. V, Khaydukov E. V, Popov V.K. Photoluminescent Scaffolds Based on Natural and Synthetic Biodegradable Polymers for Bioimaging and Tissue Engineering // Life. - 2023. - Vol. 13 - № 4. - P. 870.
6. Трифанова Е.М., Николаева М.Е., Свиридов А.П., Попов В.К. Трансформации спектров фотолюминесценции наноразмерных апконвертирующих фосфоров фантомами биологических тканей // Оптика и спектроскопия. - 2023. - Т. 131 - № 6. - С. 787–796.

На автореферат поступило два положительных отзыва:

1. От Алексея Ольгердовича Рыбалтовского, кандидата физ.-мат. наук, ведущего научного сотрудника отдела физических проблем квантовой электроники, Института

ядерной физики имени Д.В. Скобельцина ФГБОУ ВО «Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова».

2. От Андрея Юрьевича Чикишева, доктора физ.-мат. наук, профессора кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета ФГБОУ ВО «Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова».

В отзывах отмечается актуальность и новизна диссертационной работы, ее высокий научный уровень. Существенных замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывался тем, что официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации широко известны своими достижениями в соответствующей области науки и способны критически оценить научную и практическую значимость результатов, полученных и представленных Трифановой Е.М. в ее диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан процесс химической стабилизации структуры и механических свойств коллагеновых матриц, который, с одной стороны, позволяет контролировать скорость их биодegradации *in vitro* и *in vivo*, а с другой - не влияет на фотолюминесцентные свойства содержащихся в них наноразмерных апконвертирующих фосфоров;

показано, что биодegradация полимерных матриц в условиях *in vitro* приводит к изменению соотношения интенсивностей «красного» (в области 658 нм) и «зеленого» (в области 544 нм) пиков фотолюминесценции инкапсулированных в них наноразмерных апконвертирующих фосфоров, что дает возможность изучать кинетику процесса биодegradации в режиме реального времени;

показано, что НАФ на основе кристаллической решетки α - NaYbF_4 за счет резонансного расселения уровней ионов Er^{3+} (выше $^4\text{I}_{13/2}$) при взаимодействии с ионами Ce^{3+} в концентрации 2 моль.% могут использоваться в качестве фотолюминесцентных наномаркеров в диапазоне длин волн от 650 до 1000 нм;

показано, что полимерные матрицы, импрегнированные наноразмерными апконвертирующими фосфорами β - $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}:\text{Er}^{3+}/\text{NaYF}_4$, не проявляют выраженной острой цитотоксичности, а физико-химические свойства их поверхности и объемной структуры обеспечивают требуемые условия для эффективного прикрепления, пролиферации и дифференцировки клеток, необходимые для направленной регенерации биотканей;

предложена гипотеза о возможности использования фотолюминесцентных матриц, импрегнированных наноразмерными апконвертирующими фосфорами, для решения различных задач высококонтрастной визуализации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установлены закономерности трансформации спектров наноразмерных апконвертирующих фосфоров при их прохождении сквозь фантомы биологических тканей;

изучено преобразование лазерного излучения ближнего ИК диапазона в фотолюминесценцию видимого и УФ диапазонов наноразмерными апконвертирующими фосфорами, инкапсулированными в коллагеновые и полиэфирные матрицы, изготовленные методом электроспиннинга;

применительно к проблематике диссертации результативно использован широкий спектр высокоточных, современных и оптимальных для решения поставленных задач методов: спектрофотометрия, сканирующая электронная микроскопия, МТТ-тест, гистоморфометрические исследования;

показано, что фотолюминесцентные свойства высокопористых полимерных матриц, импрегнированных наноразмерными апконвертирующими фосфорами, изменяются в зависимости от их микроокружения;

раскрыты особенности процесса изменения соотношения интенсивностей «красного» (в области 658 нм) и «зеленого» (в области 544 нм) пиков фотолюминесценции наноразмерных апконвертирующих фосфоров, инкапсулированных в полимерные матрицы.

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

разработан процесс электроспиннинга биорезорбируемых фотолюминесцентных матриц на основе коллагена и наноразмерных апконвертирующих частиц;

показана неинвазивная визуализация высокопористых коллагеновых, гиалуроновых и полиэфирных матриц, содержащих наноразмерные апконвертирующие частицы, как в фантомах биологических тканей организма *in vitro*, так и в живых тканях *in vivo*;

разработан процесс химической стабилизации структуры и механических характеристик высокопористых коллагеновых матриц, изготовленных методом электроспиннинга;

определена перспективность применения наноразмерных апконвертирующих частиц, легированных Ce^{3+} , в качестве фотолюминесцентных наномаркеров в нескольких так называемых «окнах прозрачности биоткани»;

представлены практические рекомендации по применению полученных в исследовании данных для разработки методов неинвазивной прижизненной визуализации структур, имплантированных в ткани организма.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты получены в ходе собственного исследования с применением сертифицированного экспериментального оборудования и с использованием передовых спектрометрических методов, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

теория построена на известных, проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методы обработки и анализа данных.

Основные результаты диссертационной работы неоднократно докладывались автором и обсуждались на семинарах в ИФТ РАН ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН. Они в полном объеме опубликованы в рецензируемых журналах, а также представлены на различных международных и национальных конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в разработке методик исследований, анализе литературы, подготовке аналитического и измерительного оборудования, сборке экспериментальных установок, отладке их работы, проведении экспериментов по измерению фотолюминесцентных свойств наночастиц, изготовлению фантомов и фотолюминесцентных матриц, подбору оптимальных параметров процессов электроспиннинга, изучению изменения фотолюминесценции в экспериментах *in vitro* и *in vivo*, а также обработке, анализе и оформлении полученных результатов в виде научных докладов и публикаций.

Диссертационная работа Трифановой Е.М. удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.11.2017 г. №1093 и требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842.

На заседании 6 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Трифановой Е.М. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. – «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств».

При проведении тайного (электронного) голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них докторов наук по специальности 6, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

И. о. председателя диссертационного совета 24.1.245.02
д.ф.-м.н.

А.Г. Итальянцев

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.245.02
к.ф.-м.н.



Р.В. Гришаев

06.12.2023 г.