

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002 063 01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ  
ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ИМ. А.М. ПРОХОРОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК», ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 16 декабря 2020 г. № 67.

О присуждении Грачеву Павлу Вячеславовичу, Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование лазерно-индуцированных оптических и тепловых полей в биологических тканях, содержащих фотосенсибилизаторы», по специальности 01.04.21–Лазерная физика принята к защите 12 октября 2020 г. (протокол заседания № 66) диссертационным советом Д 002 063 01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения Федерального исследовательского центра «Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН), 119991 ГСП-1, Москва, ул. Вавилова, д. 38, № 913/нк от 14 июля 2016 г.

Соискатель Грачев Павел Вячеславович, 1986 г. рождения. В 2009 г. соискатель окончил Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. В 2012 г. окончил обучение в аспирантуре ИОФ РАН. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано ИОФ РАН в 2019 г. В настоящее время работает в должности научного сотрудника в отделе светоиндуцированных поверхностных явлений Центра естественно-научных исследований (ЦЕНИ) Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН. Диссертация выполнена в лаборатории лазерной биоспектроскопии ЦЕНИ ИОФ РАН.

Научный руководитель – Лощенов Виктор Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией лазерной биоспектроскопией ЦЕНИ ИОФ РАН.

Официальные оппоненты:

Васютинский Олег Святославович, доктор физико-математических наук, член РАЕН, главный научный сотрудник Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН, профессор Института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций С-Петербургского политехнического университета Петра Великого;

Климентов Сергей Михайлович, кандидат физико-математических наук, заместитель директора Инженерно-физического института биомедицины Национального исследовательского ядерного университета МИФИ дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Витухновским Алексеем Григорьевичем, доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником Отдела люминесценции им. С.И. Вавилова и Лебедевым Владимиром Сергеевичем, доктором физико-математических наук, руководителем Отделения оптики, утвержденным директором по научной работе доктором физико-математических наук Савиновым Сергеем Юрьевичем, указала, что диссертационная работа П.В. Грачева полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, П.В. Грачев заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Соискатель имеет 69 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 38 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, входящих в список ВАК, опубликовано 38 работ. Все работы

выполнены на высоком уровне, при непосредственном участии Грачева П.В. Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. **Grachev P.V., Loschenov V.B.** Technique for measuring laser radiation intensity in biological tissues // Photonics & Lasers in Medicine. 2013. V. 2. N. 3. P. 217-224.
2. **Grachev P.V., Lin'kov K.G., Loschenov V.B.** A method of controlled skin surface cooling during photodynamic therapy and hyperthermia treatment // J. General Chemistry 2015. V. 85. N. 1. P. 346-350.
3. Шабунин А.В., Долидзе Д.Д., Подвязников С.О., Мельник К.В., Мумладзе Р.Б., Варданян А.В., Лебединский И.Н., **Грачев П.В.** Усовершенствованный способ тиреоидэктомии с футлярно-фасциальным иссечением клетчатки шеи // Современная онкология. 2016. № 2. С. 72-77.
4. Orlovskii Yu.V., Porov A.V., Orlovskaya E.O., Vanetsev A.S., Vagapova E.A., Rahn M, Sammelselg V., Sildos I., Baranchikov A.E., **Grachev P.V., Loschenov V.B.** Comparison of concentration dependence of relative fluorescence quantum yield and brightness in first biological window of wavelengths for aqueous colloidal solutions of Nd<sup>3+</sup>: LaF<sub>3</sub> and Nd<sup>3+</sup>: KY3F10 nanocrystals synthesized by microwave-hydrothermal treatment // J. Alloys and Compounds. 2018. V. 756. P. 182-192.
5. Джемилова З.Н., Ситкин И.И., Сергеева С.В., **Грачев П.В.,** Линьков К.Г., Лощенов В.Б., Галстян Г.Р. Применение метода флуоресцентной ангиографии в ближнем инфракрасном диапазоне у пациента с сахарным диабетом и критической ишемией нижней конечности // Сахарный диабет. 2018. Т. 21. № 4. С. 319-324.

На автореферат диссертации поступили один отзыв:

Из Лазерной академии наук (ЛАН) РФ (г. Калуга), подписанный руководителем отделения лазерной онкологии и фотодинамической терапии, лауреатом премии Правительства РФ, академиком ЛАН РФ, доктором медицинских наук, профессором Странадко Евгением Филипповичем. Отзыв положительный, замечания отсутствуют.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации широко известны своими достижениями в соответствующей области науки и способны оценить научную и практическую значимость рассматриваемой в диссертации проблему.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработана математическая модель, описывающая распространение света в многослойных гетерогенных биологических средах, содержащих фотосенсибилизаторы, позволяющая увеличить скорость расчета и количество фотонов, участвующих в моделировании, в  $10^3$  раз по сравнению со стандартным алгоритмом моделирования.

Получены теоретические и экспериментальные траектории наиболее вероятного прохождения фотонов лазерного и флуоресцентного излучения в тканях головного мозга, содержащих фотосенсибилизатор протопорфирин-9.

Разработана методика и устройство для измерения интенсивности лазерного излучения, рассеиваемого и поглощаемого биологической тканью непосредственно во время облучения ткани, по нарушенному полному внутреннему отражению оптического волокна.

Показаны изменения оптических параметров различных биологических тканей в процессе лазерно-индуцированного нагрева путем регистрации рассеянного назад излучения, выходящего из облучающего волокна за счет нарушения полного внутреннего отражения.

Разработана математическая модель и устройство, позволяющие управлять тепловыми полями при контактной гипертермии и фотодинамической терапии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что полученные результаты позволяют подтвердить модель распространения излучения в сильно рассеивающих биологических тканях, и модель взаимодействия

биологических тканей с лазерным излучением при гипертермии. Показано что, глубина зондирования лазерным излучением (632.8 нм) на 50% больше, чем флуоресцентным. Зафиксировано изменение коэффициентов рассеяния: печени до 10%, мозговой ткани до 40%, мышечной ткани до 35%, - при помощи разработанной методики и устройства, измеряющего рассеянное назад излучение по нарушенному полному внутреннему отражению в волокне, во время облучения лазерным излучением с длиной волны 675 нм и плотностью мощности 300, 360 и 620 Вт/см<sup>2</sup> соответственно.

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

На базе разработанных методов созданы объекты интеллектуальной собственности, защищенные патентами РФ в количестве 5 шт.

Разработанная система для флуоресцентной визуализации биологических тканей в ближнем инфракрасном диапазоне апробирована на базе ФГБУ «Эндокринологический научный центр» Минздрава России и рекомендована Экспертному Совету Министерства Здравоохранения Российской Федерации для включения в клинические рекомендации для диагностики ишемической и нейро-ишемической формы синдрома диабетической стопы у пациентов с сахарным диабетом.

Разработанное устройство для облучения внутрикожных опухолей и новообразований с электронной системой охлаждения апробировано на базах Государственного научного центра лазерной медицины Минздрава России, Онкологического клинического диспансера № 1 г. Москва и МНИОИ им. П.А. Герцена и дало положительные результаты.

Применение разработанного алгоритма расчета распространения фотонов в биологических тканях позволяет быстро оценивать глубину зондирования лазерным и флуоресцентным излучением при различных конфигурациях источников лазерного излучения, что дает важную информацию при

конструировании зондов для спектроскопического анализа и систем для флуоресцентной визуализации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что соискателем использованы современные методики сбора и обработки исходных экспериментальных данных; показана воспроизводимость результатов; полученные экспериментальные результаты согласуются с данными, опубликованными в независимых источниках, а их интерпретация базируется на современных теоретических представлениях.

Личный вклад соискателя является определяющим и состоит в проведении критического анализа научной литературы; разработке методики экспериментального исследования распространения лазерного и флуоресцентного излучения в сильно рассеивающих средах, методики регистрации и оценки флуоресцентных изображений в ближнем инфракрасном диапазоне, методики подкожного лазерного локального нагрева с автоматической регистрацией температурных полей облучаемой зоны; выполнении математического моделирования описывающего распространение света в биологических средах, содержащих фотосенсибилизаторы, а также в оптических волокнах при нарушении полного внутреннего отражения; разработке экспериментального стенда для исследования процессов взаимодействия лазерного излучения с биологическими тканями, содержащими фотосенсибилизаторы; разработке способа измерения интенсивности лазерного излучения, рассеиваемого и поглощаемого биологической тканью непосредственно во время облучения ткани; проведении анализа и интерпретации полученных результатов, формулировании выводы. Автор принимал непосредственное участие в обсуждении полученных результатов, презентации результатов на конференциях и оформлении их в виде научных публикаций.

На заседании 16 декабря 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Грачеву П.В. ученую степень кандидата физико-математических

наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета  
доктор физ.- мат. наук:

Г.А. Шаффеев



И.о.ученого секретаря  
диссертационного совета  
доктор физ.- мат. наук:

Н.Н. Ильин

«17» декабря 2020 г.