

**Отзыв официального оппонента Дрёмина Виктора Владимировича
на диссертацию Гамаюновой Екатерины Алексеевны
«Исследование температурных зависимостей оптических характеристик
биологических объектов», представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика**

Актуальность диссертационной работы

Оптические характеристики меняются при изменении температуры объекта, в том числе и при изменении от комнатной до физиологической температуры. Соответственно, возникает необходимость определения таких изменений. Актуальность диссертационной работы Гамаюновой Е.А. обусловлена необходимостью получения новых данных об оптических характеристиках биологических тканей при физиологической температуре, ввиду недостаточности и некорректности информации. Исследования, описанные в диссертационной работе, необходимы для создания малоинвазивного метода диагностики и терапии заболеваний внутренних органов и осуществления мониторинга воспалительных процессов в организме и развития и оптимизации методов лазерной терапии и оптической диагностики.

**Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и
рекомендаций диссертационной работы**

Диссертация Е.А. Гамаюновой является законченным исследованием. Полнота отражения выполненных в рамках диссертационной работы исследований определяется многочисленными докладами на всероссийских и международных конференциях и симпозиумах. Представленные результаты опубликованы в высокорейтинговых международных журналах с высоким импакт-фактором. Задачи, поставленные в диссертации Е.А. Гамаюновой, а также предмет и методы исследования, полученные результаты и выводы, полностью соответствуют специальности 1.3.6 – Оптика.

Основное содержание диссертации

Диссертация Е.А. Гамаюновой состоит из введения и основной части, содержащей 5 глав, заключение и список цитируемой литературы, включающий 66 наименований. Диссертация содержит 59 рисунков, ее объем составляет 103 страницы.

Во **Введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цель работы и определены задачи для ее достижения, отмечены научная новизна и практическая значимость, личный вклад автора и достоверность полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации носит обзорный характер. Представляет аналитический анализ литературы, относящийся к проблеме исследования. Приведен обзор существующих работ, в которых исследуются температурные зависимости оптических характеристик биологических тканей. Перечислены основные актуальные проблемы в этой области и способы их решения.

Во **второй главе** описаны методики экспериментальных исследований температурных зависимостей оптических свойств биологических тканей. Описаны материалы, использованные в работе. Описаны методики регистрации спектров.

Исследование было выполнено на образцах биотканей крыс *in vivo*: кожа с удаленной шерстью и жиром, мышечная ткань, подкожная жировая ткань. Основными методиками регистрации спектров были спектрофотометрия с использованием интегрирующих сфер и регистрация спектров коллимированного излучения. Указаны

особенности регистрации спектров биологических тканей при повышении температуры, влияющие на получение корректных результатов, такие как устранение потерь влаги во время регистрации спектра и учет неоднородности поверхности объекта.

Третья глава посвящена измерениям с помощью интегрирующей сферы. Показаны различия оптических свойств мышечной, жировой ткани и кожи крыс при 25 °С и 38-39 °С, рассчитаны спектральные зависимости коэффициентов поглощения, транспортного коэффициента рассеяния и фактора анизотропии исследованных образцов. Показаны изменения оптических характеристик кожи при сильном нагреве.

В четвертой главе описаны исследования коллимированного пропускания света биологическими объектами. Показана динамика изменений коэффициентов ослабления коллимированного излучения биологических объектов при ступенчатом повышении температуры. Исследовались изменения спектров коллимированного пропускания при ступенчатом повышении температуры в диапазоне 25-70 °С без поддержания влажности и с поддержанием влажности. Наблюдается нелинейный характер изменений спектров, причем эти изменения различны для разных участков спектра. Можно сделать вывод о необходимости поддержания влажности в измерительной камере. Так же подтверждаются ранее полученные результаты – коэффициенты ослабления для излучения, проходящего со стороны эпидермиса и со стороны дермы, различны.

В пятой главе описывается регистрация люминесценции наночастиц, помещенных под кожу. Исследовались спектры ослабления коллимированного излучения, а также люминесценции синтезированных наночастиц $\text{NaYF}_4:\text{Yb,Er}$. Сбор люминесценции проводился при помощи широкоапертурной линзы. Описана методика синтеза и проведена характеристика наночастиц $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$. Люминесценция полученных созревших наночастиц находится в области 600-850 нм, а покрытие наночастиц оболочкой ZnS значительно увеличивает люминесценцию. Так же исследовалось изменение спектров люминесценции наночастиц $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$, расположенных под слоем кожи со стороны дермы (имитировалось внедрение наночастиц в подкожный слой).

В заключении перечислены основные результаты и выводы работы.

Новизна, практическая и теоретическая значимость диссертационной работы

Актуальным научным результатом представленной работы является разработанная методика определения температуры наночастиц CuInS_2 по спектрам их люминесценции. Результаты исследований представляют собой новые уникальные данные.

В работе впервые показаны обратимые изменения коэффициентов поглощения и рассеяния, а также фактора анизотропии рассеяния кожи, жировой и мышечной ткани при изменении их температуры в диапазоне от комнатной до физиологической.

Так же впервые показано, что при регистрации через кожу крысы люминесценции наночастиц CuInS_2 , внедренных в подкожный слой, зависимость от температуры отношения интенсивностей люминесценции на двух фиксированных длинах волн, соответствующих полувысоте линии люминесценции свободных наночастиц, позволяет выявить вызванные температурой фазовые изменения липидов кожи.

Результаты работы дают основу для дальнейших научных исследований оптических свойств биологических тканей при изменении температуры. Данные исследования могут способствовать созданию малоинвазивного метода диагностики и терапии заболеваний внутренних органов и осуществления мониторинга воспалительных процессов в организме и развить и оптимизировать методы лазерной терапии и оптической диагностики.

Замечания по диссертационной работе

Имеется ряд вопросов и замечаний по представленной диссертации:

1. В тексте работы встречаются орфографические и пунктуационные ошибки. При этом формат графических зависимостей и используемые шрифты не унифицированы, что немного искажает восприятие работы. Также, например, на рисунках 3.2 и 3.3. не совпадает цветовое обозначение графиков. На рис. 3.2 «эпидермис» обозначен черным цветом, «дерма» – красным, на рис. 3.3 наоборот.

2. В первой главе уместно было бы добавить описание изменения физиологических свойств биотканей при изменении температуры.

3. Для расчета коэффициента поглощения, транспортного коэффициента рассеяния и фактора анизотропии соискатель использовал инверсный метод добавления-удвоения. Однако описание данного подхода в диссертации не приведено. Также при измерении и расчете указанных коэффициентов возникают погрешности, связанные с переотражением света от покровных стекол, деформацией образца и пр. Соискатель мог бы уделить этим вопросам больше внимания, например, описать, какие из погрешностей наиболее критичны и как они минимизировались в эксперименте.

Представленные замечания не снижают высокой оценки представленной автором работы, научную или практическую значимость, и не ставят под сомнение корректность сделанных выводов.

Основные результаты работы опубликованы в 8 статьях, в том числе 6 работ в изданиях, рекомендованных ВАК, и зарубежных изданиях, индексируемых «Scopus» и «Web of Science». Проведен значительный объем исследований, что свидетельствует о высоком качестве работы. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Диссертация Гамаюновой Екатерины Алексеевны «Исследование температурных зависимостей оптических характеристик биологических объектов» является законченным научным исследованием и в полной мере соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика, а автор диссертационной работы Гамаюнова Екатерина Алексеевна заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика.

Официальный оппонент: Дрёмин Виктор Владимирович

к.т.н. (05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения, 2017), доцент кафедры приборостроения, метрологии и сертификации, старший научный сотрудник научно-технологического центра биомедицинской фотоники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»)

Дата: «19» сентября 2024 г.

Я, Дрёмин Виктор Владимирович, даю согласие на обработку моих персональных данных (приказ Минобрнауки России от 01.07.2015 №662) и на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук Гамаюновой Екатерины Алексеевны.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

Служебный адрес: 302026, Орловская область, г. Орел,
ул. Комсомольская 95.

E-mail: dremin_viktor@mail.ru

Телефон: +7 (4862) 41-98-06

Подпись Дрёмина В.В. заверяю:

И.о. проректора по научно-технологической
деятельности и аттестации научных кадров



Радченко
Сергей Юрьевич