

Отзыв

официального оппонента Захарова В.П.

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 Гамаюновой Е.А. обусловлена необходимостью проведения новых исследований оптических характеристик биологических тканей при различных процедурах оптической диагностики или терапии для оценки пропускания или поглощения света в них, ввиду недостаточности и некорректности имеющейся на данный момент информации. С целью выявления закономерностей изменения оптических свойств различных биологических тканей в зависимости от температуры были проведены регистрации спектров полного пропускания и диффузного отражения с интегрирующей сферой и спектров коллимированного пропускания. Создание малоинвазивного метода диагностики и терапии заболеваний внутренних органов и осуществления мониторинга воспалительных процессов в организме, развития и оптимизации методов лазерной терапии и оптической диагностики является актуальной задачей лазерной оптики.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов заключается в следующем:

1. Экспериментально доказанная автором обратимость коэффициентов поглощения и рассеяния, а также анизотропии рассеяния жировой и мышечной ткани при изменении температуры от комнатной до физиологической. При этом установлено, что в указанном диапазоне температур наибольшее изменения претерпевают спектральная зависимость фактора анизотропии.
2. Выявленные закономерности изменения оптической плотности жировой и мышечной ткани крысы в интервале температур от 25 до 60 °С и спектров люминесценции наночастиц CuInS_2 позволили автору предложить методику определения их температуры.
3. Показано, что на длине волны 800 нм коэффициент поглощения в коже и мышечной ткани имеет противоположную тенденцию при изменении температуры: поглощение в коже падает с ростом температуры от комнатной до физиологической, а мышечной ткани – растет.

4. Установлено, что внедрение в подкожный слой наночастиц CuInS_2 позволяет выявить фазовые изменения липидов кожи при нагреве при измерении люминесценции наночастиц на двух фиксированных длинах волн, соответствующих полувысоте люминесценции.

Практическая значимость результатов, полученных в диссертации, заключается в возможности использования методик измерения температуры для выявления и анализа очагов патологических изменений внутренних органов, которые характеризуются локальными изменениями температуры по сравнению с окружающей тканью.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается многочисленными докладами на всероссийских и международных конференциях и симпозиумах. Представленные результаты опубликованы в высокорейтинговых международных журналах с высоким импакт-фактором. Результаты работы дают основу для дальнейших научных исследований оптических свойств биологических тканей при изменении температуры. 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 страниц.

Во **Введении** кратко изложено содержание работы и обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, отмечены научная новизна и практическая значимость, личный вклад автора и достоверность полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава представляет литературный обзор, в котором детально рассматриваются исследования посвященные теме диссертационной работы. Приведены современные исследования в области температурных зависимостей оптических характеристик биотканей. Обговорены особенности исследований в данной области, актуальные проблемы и способы их решения.

Вторая глава посвящена методикам экспериментальных исследований температурных зависимостей оптических свойств биологических тканей. Описаны материалы (образцы биотканей крыс *in vivo*), использованные в работе и методики регистрации спектров (спектроскопия с использованием интегрирующих сфер и регистрация спектров коллимированного излучения). Описана важность выбора методики регистрации и влияние ее на получаемые температурные зависимости оптических

характеристик биологических объектов. Описана важность выбора методики регистрации и влияние ее на получаемые температурные зависимости оптических характеристик биологических объектов.

В **третьей главе** описаны результаты измерения с помощью интегрирующей сферы. Показаны различия оптических свойств мышечной, жировой ткани и кожи крыс при увеличении температуры. Рассчитаны спектральные зависимости коэффициентов поглощения, транспортного коэффициента рассеяния и фактора анизотропии исследованных образцов. Сделаны выводы о том, что основным параметром, изменяющимся при изменении температуры для мышечной ткани, является фактор анизотропии, для кожи коэффициенты поглощения и рассеяния, для жировой ткани коэффициента рассеяния и фактора анизотропии. Приведены результаты исследований, которые показывают, что для прохождения света через кожу со стороны эпидермиса и со стороны дермы наблюдается различие оптических характеристик кожи и их зависимости от температуры.

Четвертая глава посвящена исследованиям коллимированного пропускания света биологическими объектами. Показана динамика изменений коэффициентов ослабления коллимированного излучения биологических объектов при ступенчатом повышении температуры и выдерживаемых при различных температурах. Исследовались изменения спектров коллимированного пропускания без поддержания влажности и с поддержанием влажности.

Пятая глава посвящена регистрации люминесценции наночастиц, помещенных под кожу. Исследовались спектры ослабления коллимированного излучения, а также люминесценции синтезированных наночастиц $\text{NaYF}_4:\text{Yb,Er}$ [7], излучающих в диапазоне 520–550 нм. Сбор люминесценции проводился при помощи широкоапертурной линзы. Сравнение полученных коэффициентов затухания показывает постоянство их отношения с незначительной погрешностью. На основании этих данных делается вывод, что использование данных коллимированного пропускания для учета затухания люминесценции при прохождении через биологические ткани и сборе излучения в широкой апертуре является правильным.

Так же описана методика синтеза и характеристика наночастиц $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$. В результате синтеза образуются наночастицы, свойства которых изменяются в течение некоторого времени после синтеза. Показано, что результаты восстановления температуры наночастиц по спектрам, полученным при прохождении излучения через кожу, зависят от геометрии эксперимента. Показано, что регистрация отношения

интенсивностей люминесценции внедренных в биоткань наночастиц CuInS₂/ZnS на полувысоте спектральной линии позволяет выявлять фазовые переходы в биоткани.

В **Заключении** автор суммирует итоги проведенного исследования, приводит выводы, обобщая результаты работы.

Замечания по диссертационной работе

Имеется ряд вопросов и замечаний по представленной диссертации:

1. В диссертационной работе используются отдельные жаргонизмы, затрудняющие ее понимание. Например, «насыщенная влажность». По-видимому, автор имел в виду максимальную абсолютную влажность в температурной камере, но тогда следовало бы указать каким образом она поддерживалась в термокамере. Другие жаргонизмы: «степень искажений», «степень коагуляции», «степень прилегания объекта к предметному стеклу». Хотя они и интуитивно понятны, но как их измерить и сравнить в эксперименте?

2. В главе 3 автор утверждает, что при повышении температуры «изменение коэффициента рассеяния может быть вызвано только изменением относительного показателя преломления мышечных волокон и межклеточной жидкости». Однако, поскольку в камере поддерживается максимальная влажность, то это может приводить к увеличению гидротации ткани при ее температурном расширении. Следовательно, будет меняться удельный компонентный состав ткани, что тоже ведет к изменению коэффициента рассеяния. Следовало бы оценить степень влияния данного эффекта на полученные результаты.

3. На рисунках 3.4, 3.7, 3.10 отсутствует обозначение температуры, что вызывает трудности в восприятии приведенных графиков.

4. При исследовании спектров коллимированного пропускания в главе 5 автор фиксировал коллиматор на расстоянии 15 мм от образца. С другой стороны, в главах 2-3 утверждается, что характеристики спектров сильно зависят от угла наблюдения. Не понятно из каких соображений выбрано указанное расстояние.

5. На рисунках 5.22-23 приведены экспериментальные результаты зависимости от температуры отношения интенсивностей люминесценции на полувысоте. Однако, отсутствуют данные о толщине исследуемых образцов и глубине ввода наночастиц, которые могут сдвигать «критическую температуру» фазового перехода.

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 том числе 6 работ в изданиях, рекомендованных ВАК, и зарубежных изданиях, индексируемых «Scopus» и «Web of Scienc 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-

Заведующий кафедрой лазерных и биотехнических систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева», профессор, доктор физико-математических наук по специальности 1.3.2-« Приборы и методы экспериментальной физики»
Захаров Валерий Павлович

« 09 » сентября 2024г

Адрес места работы:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»

443086, г. Самара, ул. Московское шоссе, д 34

<https://ssau.ru/>



Подпись Захарова В.П. удостоверяю
Ученый секретарь Самарского университета
Васильева И.П.
« 09 » сентября 2024 г.