

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата физико-математических наук
Щеславского Владислава Игоревича о диссертационной работе
Корневой Надежды Владимировны
«Оптическая спектроскопия для интраоперационной диагностики
при лазерных хирургических вмешательствах в урологии»,
представленной на соискание учёной степени кандидата
физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика

Диссертационная работа Н.В. Корневой лежит в области биомедицинской фотоники и посвящена разработке оптических методов, применимых непосредственно в ходе хирургических вмешательств. Автор фокусируется на использовании эндогенного оптического сигнала, что исключает необходимость введения в организм пациента дополнительных контрастных веществ. В качестве предмета исследования выбраны две актуальные задачи урологии: повышение безопасности лазерного дробления почечных камней за счёт автоматического распознавания типа ткани и улучшение качества резекции опухолей мочевого пузыря благодаря интраоперационной идентификации ее границ. Выбор темы обоснован как эпидемиологическими данными, свидетельствующими о высокой распространённости указанных заболеваний, так и практической потребностью хирургов в объективных методах навигации.

Работа представлена на 133 страницах машинописного текста, иллюстрирована 43 рисунками и 4 таблицами. Библиографический список включает 126 источников. Построение диссертации отвечает требованиям логичности и последовательности: она состоит из введения, четырёх содержательных глав, заключительной части и списка цитируемой литературы.

Во **введении** показана востребованность проведённого исследования, поставлены цель и вытекающие из неё задачи, сформулированы защищаемые положения, определяющие новизну и практическую значимость работы. Кроме того, указаны сведения о представлении результатов на конференциях и приведён перечень публикаций автора. Представлено краткое содержание работы.

Первая глава посвящена обзору литературы, в котором рассмотрены оптические свойства биотканей, современное состояние методов интраоперационной диагностики в урологии, а также существующие подходы к оптической навигации при лазерной литотрипсии и детекции рака мочевого пузыря. Автором показано, что методы оптической спектроскопии с эндогенным контрастом, реализуемые через стандартные хирургические волокна, имеют значительный потенциал для решения поставленных задач.

Вторая глава посвящена разработке системы оптической обратной связи для лазерной литотрипсии. Автор предлагает метод на основе спектроскопии диффузного отражения, который в реальном времени определяет, что находится перед хирургическим волокном – камень или слизистая оболочка. На основе данных 22 операций были созданы математические модели, показавшие точность распознавания мягких тканей и камней на уровне 93%. Разработанный алгоритм был успешно интегрирован в лазерный аппарат для автоматического прекращения подачи излучения при попадании на мягкую ткань.

В третьей главе исследуется возможность определения химического состава и плотности почечных камней непосредственно во время операции. Для этого используется комбинация спектроскопии диффузного отражения и измерения трехмерных матриц возбуждения-эмиссии флуоресценции. Исследование на образцах *ex vivo* показало, что такой комплексный подход позволяет определять доминирующий тип камня (урат, оксалат, гидроксипатит) со средней точностью 92%. Также автор предлагает модель для оценки плотности камней и выдвигает гипотезу о природе их флуоресценции, связанную с наличием окисленных органических молекул в минеральной матрице.

Четвертая глава посвящена мультимодальной диагностике рака мочевого пузыря *in vivo*. Автор сравнивает эффективность четырех методов: спектроскопию диффузного отражения, флуоресценции в видимом и ИК-диапазонах и спектроскопии комбинационного рассеяния. Установлено, что наибольший вклад в диагностику вносят спектроскопия диффузного отражения и интенсивность флуоресценции при возбуждении на длине волны 405 нм. Комбинация этих методов позволила выявлять раковую ткань с чувствительностью 78% и специфичностью 91%. Также показано, что спектроскопию диффузного отражения можно использовать для оценки оксигенации (насыщения кислородом) различных тканей во время операции.

Заключение содержит основные результаты диссертационной работы. Сформулированы выводы о разработанных методах интраоперационной оптической диагностики, их точности и потенциале интеграции в лазерные системы для повышения безопасности и эффективности урологических операций.

Работа выполнена на достойном научном уровне, её результаты в полной мере апробированы и представлены в публикациях в авторитетных научных журналах. Среди **достоинств** диссертации хотелось бы особо выделить следующие:

- Разработанный алгоритм автоматического распознавания типа ткани (камень/слизистая) на основе спектроскопии диффузного

отражения не только показал высокую точность, но и был успешно встроен в хирургический лазерный аппарат, что подтверждает его готовность к реальному клиническому использованию для повышения безопасности литотрипсии.

- Впервые предложен метод определения не только химического состава, но и плотности почечных конкрементов *ex vivo* на основе комбинации спектроскопии диффузного отражения и трехмерных матриц возбуждения-эмиссии флуоресценции. Это открывает путь к персонализации параметров лазерного дробления прямо во время операции.
- Впервые проведено исследование рака мочевого пузыря *in vivo* с использованием одновременно четырех методов спектроскопии (спектроскопия диффузного отражения, флуоресцентная спектроскопия в видимом и ИК-диапазонах, КР-спектроскопия) через хирургическое одножильное оптоволокно. Это позволило объективно сравнить диагностическую ценность каждого метода непосредственно в условиях операции.

Автореферат соответствует тексту диссертационной работы.

По содержанию работы имеются следующие замечания:

1. В Главе 1 автор упоминает метод FLIM как перспективный для диагностики рака, однако в экспериментальной части он не используется. Это не является недостатком работы, так как ее объем и так велик, но упоминание FLIM во введении создает определенное ожидание, которое не оправдывается. Возможно, в Главе 4 стоило бы кратко пояснить, почему из всего многообразия методов были выбраны именно стационарная флуоресценция и СДО, и почему от FLIM было решено отказаться на данном этапе (например, сложность реализации через одножильное волокно в условиях быстрого перемещения зонда).
2. При фильтрации спектров используется критерий «низкой интенсивности». Поясните, как выбиралось это пороговое значение? Не приводит ли фиксированный порог к отбраковке спектров, измеренных на большом расстоянии от объекта, но потенциально информативных?
3. Глава 2. Образование кавитационных пузырьков, каменной "пыли" и микрочастиц в жидкой среде между торцом волокна и объектом может существенно влиять на регистрируемый спектр диффузного отражения, внося вклад в рассеяние.

Насколько сильно этот эффект может исказить форму спектра и, как следствие, влиять на точность классификации в реальных условиях?

5. Глава 4. Почему для нормировки индексов полного гемоглобина, оксигенации, рассеяния и т.д. использовались медианные значения для здоровой ткани того же пациента? Возможно ли создание модели с абсолютными (ненормированными) пороговыми значениями, пригодной для использования без предварительного измерения здорового участка? Это особенно актуально при обширных поражениях тканей, когда здоровые участки отсутствуют.
6. Проводилось ли сравнение эффективности разработанного метода для разных стадий и степеней злокачественности рака мочевого пузыря?
7. В Главе 3 автор убедительно демонстрирует возможность классификации трёх типов камней (урат, оксалат, гидроксиапатит). Однако в обзоре литературы (Глава 1) упоминается значительно больше типов (цистиновые, струвитные, белковые и др.). Остается открытым вопрос о том, как предложенная мультимодальная методика поведет себя при наличии этих, более редких, но клинически значимых типов конкрементов. Возможно, они будут ошибочно классифицированы как один из трех основных, что является потенциальным ограничением метода. В тексте диссертации стоило бы явно указать, что разработанная модель применима только для детекции трех указанных классов, и обсудить перспективы расширения базы данных.

Приведённые замечания не являются принципиальными и направлены на возможное улучшение представления материала в будущем. Диссертация содержит значительный объём новых экспериментальных данных и оригинальных научных выводов, заслуживающих безусловно положительной оценки.

Считаю, что диссертация «Оптическая спектроскопия для интраоперационной диагностики при лазерных хирургических вмешательствах в урологии» соответствует специальности 1.3.6. Оптика (по физико-математическим наукам), а также критериям, определённым пп. 2.1–2.5 «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям, и оформлена согласно приложениям № 8 и 9 «Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учё-

ной

степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова», а её автор — Корнева Надежда Владимировна — заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

Официальный оппонент:

Щеславский Владислав Игоревич,
кандидат физико-математических наук

Место работы и должность:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Научно-исследовательский институт экспериментальной онкологии и биомедицинских технологий, лаборатория оптической спектроскопии и микроскопии, заведующий лабораторией

_____ В.И. Щеславский

«26» марта 2026 года

Адрес места работы:

603950, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1

Телефон: +7 (831) 465-56-72

E-mail: rector@pimunn.net

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена кандидатская диссертация:

1.3.19. Лазерная физика

Подпись Щеславского Владислава Игоревича ЗАВЕРЯЮ:

Учёный секретарь университета

кандидат биологических наук, доцент _____

Ю.А. Сорокина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Телефон: +7 (831) 422-12-50

E-mail: rector@pimunn.net