

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу В.В. Перекатовой
«Развитие методов реконструктивной оптико-акустической визуализации биологических тканей», представляемой на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – Радиофизика и 01.04.21 – Лазерная физика.

Диссертационная работа Перекатовой В.В. посвящена решению научных задач в области оптико-акустической (ОА) диагностики биологических тканей, а именно развитию методов реконструкции внутренней структуры и компонентного состава биологических тканей при ОА визуализации. Значительное внимание в Диссертационной работе уделено задаче определения степени насыщения крови кислородом, что, несомненно, является важной задачей для различных медико-биологических приложений, например, для анализа гемодинамики мозга мелких лабораторных животных, оценки воздействия на опухоли химио- и лучевой терапии или мониторинга заживления ран. Задача количественной ОА визуализации заключается в определении пространственного распределения концентраций эндогенных и экзогенных хромофоров биоткани по мультиспектральным измерениям и является более сложной по сравнению с обычной, структурной ОА визуализацией. Сложность данной задачи обусловлена тем, что локальный инкремент давления, возникающий в среде при поглощении импульсного лазерного излучения оптическими хромофорами биоткани, пропорционален коэффициенту оптического поглощения и значению освещенности в данной точке среды. Таким образом, чтобы найти спектр коэффициента оптического поглощения необходимо решить задачи о пространственных распределениях ультразвукового давления и оптической освещенности в среде.

В ходе исследования В.В. Перекатовой был разработан новый модельно-ориентированный алгоритм акустической реконструкции, основанный на моделировании импульсных откликов ультразвуковой сферически фокусируемой антенны. Разработанный алгоритм позволяет находить начальное распределение поглощенной энергии путем решения уравнения Фредгольма 1-го рода, связывающего нестационарную функцию размытия точки сферически фокусируемой ультразвуковой антенны и принимаемые антенной сигналы. Предложенный метод акустической реконструкции обеспечивает устойчивое к шуму восстановление положений протяженных источников. Далее, В.В. Перекатовой был разработан метод оптоакустической реконструкции изображений, включающий в себя модифицированный метод синтеза апертуры, учитывающий как функцию размытия точки сферически фокусируемой ультразвуковой антенны, так и пространственное распределение оптической освещенности. Результаты тестирования данного алгоритма на ОА данных, полученных для модельных сред и живых объектов, продемонстрировали улучшенное пространственное разрешение и сбалансированность изображения. Впервые В.В. Перекатовой была проведена теоретическая оценка оптимальных длин волн для минимизации погрешности измерительной оптико-акустической системы по отношению к определению степени насыщения крови кислородом двухволновым ОА методом на глубинах от 2 до 8 мм с учетом влияния пространственного распределения освещенности и с учетом затухания освещенности в кровеносном сосуде. В.В. Перекатовой было показано, что мультиспектральный оптико-акустический метод оценки оксигенации крови в кровеносных сосудах, основанный на измерении амплитуд оптико-акустических сигналов, обеспечивает лучшую точность по сравнению с методом, основанным на нахождении коэффициента затухания оптико-акустического сигнала в сосуде, и позволяет в *in vivo* эксперименте определять значение оксигенации крови внутри кровеносного сосуда со среднеквадратичным отклонением не более 5%. Кроме того, экспериментально полученные оптимальные длины волн при двухволновом количественном ОА имиджинге согласуются с проведенными теоретическими оценками погрешности определения оксигенации в случае, когда оптические свойства известны приближенно.

Научная обоснованность Диссертационной работы В.В. Перекатовой заключается в использовании известных теоретических моделей для решения задач акустики и оптики. Результаты, представленные в Диссертационной работе, верифицированы численными,

модельными, *in vitro* и *in vivo* экспериментами. При выполнении работы В.В. Перекатова продемонстрировала высокий уровень базовой теоретической подготовки, прекрасные способности к самообучению и к эффективной командной работе, гибкость при решении сложных задач. В ходе выполнения диссертационной работы В.В. Перекатова разобралась с физическими принципами оптоакустики, освоила численные методы обработки экспериментальных данных, в совершенстве овладела программным пакетом для трехмерного оптико-акустического моделирования K-Wave.

Результаты В.В. Перекатовой неоднократно проходили апробацию на международных научных конференциях (International Symposium Topical Problems of Biophotonics, SPIE BiOS, International Graduate summer school Biophotonics'19, International Conference on Advanced Laser Technologies (ALT'19), European Conferences on Biomedical Optics (ECBO), Saratov Fall Meeting, Clinical and Translational Biophotonics). В.В. Перекатова становилась призером Конкурса работ молодых ученых ИПФ РАН, лауреатом стипендий им. акад. Г.А. Разуваева, а также лауреатом стипендии Американского Акустического Общества. По результатам работы было опубликовано 9 статей в изданиях, входящих в список ВАК, в том числе в реферируемых журналах по радиофизике и лазерной физике (Radiophysics and Quantum Electronics, Laser Physics Letters, Journal of Biomedical Optics, Photoacoustics, Biomedical Optics Express). Работа В.В. Перекатовой, посвященная поиску оптимальных лазерных длин волн для оптико-акустических измерений оксигенации, активно цитируется международным научным сообществом. При этом В.В. Перекатова и сама является рецензентом в высокорейтинговом научном журнале IEEE Transactions on Medical Imaging.


Во время выполнения диссертационной работы В.В. Перекатова являлась основным исполнителем нескольких грантов РНФ и РФФИ, в том числе двух международных проектов. Реконструктивные алгоритмы, разработанные В.В. Перекатовой, имеют высокую практическую ценность, поскольку могут быть использованы в биологии и экспериментальной медицине для повышения эффективности оптико-акустической ангиографии.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная В.В. Перекатовой диссертационная работа «Развитие методов реконструктивной оптико-акустической визуализации биологических тканей» удовлетворяет всем требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, соответствует выбранным специальностям 01.04.03 – Радиофизика и 01.04.21 – Лазерная физика, а ее автор – В.В. Перекатова заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель:

С.н.с. отд. 360 ИПФ РАН,
к.ф.-м.н.


(подпись)


(расшифровка подписи)
«27» ноября 2019 г.

«Подпись Субочева Павла
Владимировича заверяю»
Ученый секретарь ИПФ РАН




(подпись)

И.В. Корюкин
(расшифровка подписи)