



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

по диссертации Шерстнева Евгения Павловича «Развитие метода оценки распределения коэффициента экстинкции по данным оптической когерентной томографии» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.4. Радиофизика.

Работа выполнена в отделе нанооптики и высокочувствительных оптических измерений (отд. 340) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Научный руководитель – Геликонов Григорий Валентинович, заведующий отделом нанооптики и высокочувствительных оптических измерений ИПФ РАН, доктор физико-математических наук.

В 2020 г. соискатель учёной степени окончил магистратуру в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" по направлению подготовки 03.04.03. Радиофизика.

Сроки обучения в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»: с 1 сентября 2020 года по 31 августа 2024 года.

Свидетельство об окончании аспирантуры № 105200 00000016 от 10 июля 2024 года.

В период подготовки диссертации соискатель Шерстнев Евгений Павлович работал младшим научным сотрудником в отделе нанооптики и высокочувствительных оптических измерений (отд. 340) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Личное участие аспиранта в получении результатов, изложенных в диссертации

Все приведенные в диссертации результаты получены либо лично аспирантом, либо при его непосредственном участии. В частности, аспирантом выполнены все аналитические расчеты, описанные в работе. Также аспирантом выполнены все

присутствующие в работе численные расчёты и реализованы алгоритмы разработанных методов. Численные расчёты выполнялись на основе оригинальных программ, созданных диссертантом самостоятельно, а также с использованием программы с открытым исходным кодом. Все экспериментальные данные, представленные в работе, получены аспирантом лично с использованием имеющейся приборной базы.

Основные результаты диссертационного исследования

1. Составлена и экспериментально проверена модель ослабления сигнала с глубиной в спектральной ОКТ, которая учитывает влияние конечного размера единичного элемента приемного устройства, конечного размера монохроматической компоненты регистрируемого излучения, а также ранее неучитываемых конечной разрешающей способности дифракционной решетки, изменения дисперсионной характеристики спектрометра из-за использования корректора неэквидистантности регистрации спектра.

2. Предложен метод оценки распределения коэффициента экстинкции, устойчивый к влиянию шума и рассмотрено влияние аддитивного шума на оценку распределения коэффициента экстинкции.

3. Проведено сравнение оценки распределения коэффициента экстинкции методом, устойчивым к наличию шума, с оценкой согласно модели однократного рассеяния для изображения однородно рассеивающего пластикового фантома.

4. Проведена оценка влияния аппаратного изменения сигнала с глубиной на оценку распределения коэффициента экстинкции. Влияние этого фактора на расчет оказывается существенным при фокусировке зондирующего излучения в пятно малого размера.

5. Предложен метод оценки распределения коэффициента экстинкции для случая существенного аппаратного изменения сигнала на расчет.

6. Предложен метод оценки распределения коэффициента экстинкции для случая неполного затухания сигнала в пределах изображения.

Научная новизна диссертационного исследования

1. Впервые учтено влияние разрешающей способности дифракционной решетки и изменения дисперсии спектрометра на ослабление сигнала с глубиной в спектральной ОКТ.

2. Впервые использовано применение винеровской фильтрации непосредственно к значениям оценки коэффициента экстинкции для подавления шумовых эффектов и влияния аппаратного изменения сигнала на оценку.

3. Впервые исследовано влияние аппаратного ослабления сигнала на оценку коэффициента экстинкции, при коэффициентах $2.5 - 5 \text{ мм}^{-1}$ и острой фокусировке.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Все представленные результаты диссертационного исследования являются достоверными и обоснованными. В работе применялись надежные и апробированные методы и подходы. Разработанная модель ослабления сигнала с глубиной из-за особенностей регистрации сигнала в спектрометре была проверена экспериментально.

Подходы к оценке распределения коэффициента экстинкции были проверены с помощью численного моделирования, а также тестировались на экспериментальных данных. Положения и основные результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых российских и зарубежных научных журналах и подвергались оценке независимых международных экспертов. Результаты докладывались на всероссийских и международных конференциях и обсуждались на научных семинарах.

Практическая и теоретическая значимость результатов исследования

1. Разработанная аналитическая модель ослабления сигнала в свободном пространстве позволяет оценивать потери полезного сигнала при конструировании спектрометра для ОКТ.

2. Разработанный метод оценки распределения коэффициента экстинкции, устойчивый к шуму и аппаратному изменению сигнала с глубиной, позволяет расширить возможности ОКТ-визуализации биологических тканей. Картирование распределения коэффициента экстинкции позволяет существенным образом улучшить дифференциацию различных тканей, исключая влияние эффекта затенения характерного для изображения ОКТ.

Список работ, опубликованных в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук

1. E.P. Sherstnev, P.A. Shilyagin, D.A. Terpelov, V.M. Gelikonov, G.V. Gelikonov. An Improved Analytical Model of a Spectrometer for Optical Coherence Tomography// *Photonics* 2021, 8, 534. <https://doi.org/10.3390/photonics8120534>

2. A.A. Moiseev, K.A. Achkasova, E.B. Kiseleva, K.S. Yashin, A.L. Potapov, E.L. Bederina, S.S. Kuznetsov, E.P. Sherstnev, D.V. Shabanov, G.V. Gelikonov, Y.V. Ostrovskaya, and N.D. Gladkova. Brain white matter morphological structure correlation with its optical properties estimated from optical coherence tomography (OCT) data// *Biomed. Opt. Express* 13, 2393-2413 (2022). <https://doi.org/10.1364/BOE.457467>

3. A. Moiseev, A. Potapov, E. Sherstnev, G. Gelikonov, V. Gelikonov, M. Sirotkina, P. Shilyagin, S. Ksenofontov and N. Gladkova. Depth-resolved attenuation coefficient estimation from optical coherence tomography data in case of incomplete signal attenuation in the imaging depth range// *Laser Phys. Lett.* 20 (2023) 075601 (6pp). <https://doi.org/10.1088/1612-202X/acd7e2>

4. A. Moiseev, E. Sherstnev, E. Kiseleva, K. Achkasova, A. Potapov, K. Yashin, M. Sirotkina, G. Gelikonov, V. Matkivsky, P. Shilyagin, S. Ksenofontov, E. Bederina, I. Medyanik, E. Zagaynova, N. Gladkova. Depth-resolved method for attenuation coefficient calculation from optical coherence tomography data for improved biological structure visualization// *J. Biophotonics*. 2023;e202100392. <https://doi.org/10.1002/jbio.202100392>

Ценность научных работ диссертанта отражается высоким уровнем публикаций в рецензируемых международных журналах. Они неоднократно обсуждались на различных

конференциях и семинарах, получили высокую оценку ведущих специалистов и имеют высокую цитируемость.

Результаты, представленные в диссертационной работе, в полной мере изложены в работах, опубликованных соискателем ученой степени. Формулировки результатов изложены в соответствии с личным вкладом автора в каждую из опубликованных статей. Ссылки на источники заимствования материалов оформлены корректно.

Научная специальность, которой соответствует диссертация: 1.3.4. Радиофизика.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

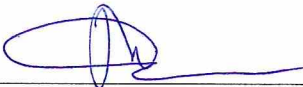
Диссертация соответствует критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 23 августа 1996 года № 127-ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике".

Диссертация «Развитие метода оценки распределения коэффициента экстинкции по данным оптической когерентной томографии» Шерстнева Евгения Павловича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.4. Радиофизика.

Настоящее заключение составлено на основании решения Ученого совета отделения нелинейной динамики и оптики ИПФ РАН по проведению итоговой аттестации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности: 1.3.4. Радиофизика.

Присутствовало на заседании 16 чел.

Результаты голосования: «за» – 16 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.
протокол № 9 от « 20 » июня 2024 г.



Стародубцев Михаил Викторович,
доктор физико-математических наук,
Председатель Ученого совета отделения
нелинейной динамики и оптики



Шилягин Павел Андреевич,
кандидат физико-математических наук,
Учёный секретарь отделения нелинейной динамики
и оптики, зам. зав. отделом 340