

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. проректора по научной работе
и международной деятельности



государственного
университета имени И.С. Тургенева,

д.т.н., профессор

Радченко С.Ю.

2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

Диссертация «Методы оптической визуализации тканевого метаболизма в задачах биомедицинской диагностики» выполнена в научно-технологическом центре биомедицинской фотоники. Тема диссертации утверждена научно-техническим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»), протокол №1 от 27.03.2024 г.

В 2013 году Дрёмин Виктор Владимирович окончил Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс (с 01.04.2016 г. ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»), получив диплом по специальности «Инженерное дело в медико-биологической практике» с квалификацией «Инженер».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения на тему «Метод и устройство диагностики нарушений тканевого метаболизма на основе оптической спектроскопии (на примере сахарного диабета)» защитил в 2017 году в совете Д 999.099.03, созданном на базе Юго-Западного государственного университета, Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева, Белгородского государственного национального исследовательского университета, закончив обучение в очной аспирантуре Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева. Диплом кандидата наук серия КНД № 041771 выдан 11 апреля 2018 г.

В период подготовки докторской диссертации соискатель работал в ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» старшим научным сотрудником научно-технологического центра биомедицинской фотоники и доцентом

кафедры приборостроения, метрологии и сертификации. Обучался с 01.06.2022 по 31.05.2025 по научной специальности 2.2.12 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения в докторантуре ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» (Приказ о зачислении в докторантуру № 1-635 от 13 мая 2022 г.).

Научный консультант, доктор технических наук, доцент Дунаев Андрей Валерьевич, ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», ведущий научный сотрудник научно-технологического центра биомедицинской фотоники, утвержденный Приказом о зачислении в докторантуру № 1-635 от 13 мая 2022 г., предоставил положительный отзыв.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании научно-технологического центра биомедицинской фотоники и кафедры приборостроения, метрологии и сертификации.

Присутствовало на расширенном заседании 14 человек: д.т.н., профессор Радченко С.Ю., д.т.н., профессор Подмастерьев К.В., д.т.н., профессор Дунаев А.В., д.м.н., профессор Мамошин А.В., к.т.н., доцент Марков В.В., к.т.н., доцент Бондарева Л.А., к.т.н., доцент Жидков А.В., к.т.н., доцент Незнанов А.И., к.т.н., доцент Потапова Е.В., к.т.н., ст. преподаватель Жарких Е.В., к.т.н., доцент Брянская Е.О., к.т.н., доцент Селихов А.В., к.т.н., доцент Углова Н.В., к.т.н., доцент Яковенко М.В.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Оценка выполненной работы

Представленная соискателем диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной в соответствии с существующими требованиями Министерства науки и высшего образования Российской Федерации к докторским диссертациям, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты.

Работа Дрёмина Виктора Владимировича представляет собой масштабную, фундаментальную и завершённую научную работу, выполненную на высоком методическом уровне с применением современного инструментария теоретического и экспериментального анализа. В диссертации показано, что ключевые патологические процессы, такие как развитие онкологических заболеваний, осложнений сахарного диабета и нейродегенеративных состояний, сопровождаются значительными нарушениями тканевого метаболизма, включающими изменения в оксигенации, микроциркуляции, морфологической структуре тканей и клеточных обменных процессах, включая редокс-статус. Под тканевым метаболизмом понимается совокупность процессов клеточного

энергетического обмена и периферического кровотока, неразрывно связанных между собой и обеспечивающих оптимальное функционирование тканей и органов.

Нарушения тканевого метаболизма играют критическую роль в патогенезе многих заболеваний, а их раннее выявление и мониторинг могут стать основой для своевременной диагностики, оценки эффективности терапии и прогнозирования течения заболевания. Определение метаболических параметров позволяет дифференцировать патологические и здоровые ткани, классифицировать тип и стадию заболеваний, оценивать функциональное состояние органов в ходе оперативных вмешательств и динамически отслеживать ответ на лечение.

Среди медицинских задач особое место занимает недостаточная эффективность существующих методов визуализации для оценки метаболических процессов *in vivo*. Например, традиционные гистопатологические методы являются инвазивными и не позволяют проводить динамический мониторинг, в то время как стандартные методы медицинской визуализации часто не обладают достаточной чувствительностью к ранним метаболическим изменениям. Нерешенной проблемой остается отсутствие общепринятых диагностических параметров и алгоритмов для комплексной оценки тканевого метаболизма в клинической практике.

Методы оптической диагностики, включая гиперспектральную визуализацию, поляризацию, анализ флуоресцентного излучения и лазерную спекл-контрастную визуализацию, могут предоставлять уникальную информацию о состоянии биологических тканей с высоким пространственно-временным разрешением. Эти методы конструктивно совместимы с современными диагностическими системами и способны обеспечить неинвазивную оценку тканевого метаболизма и микрососудистых нарушений в режиме реального времени, что является критически важным для персонализированного подхода в диагностике и лечении.

Таким образом, разработка методов и средств для оптической визуализации тканевого метаболизма представляет собой важный шаг на пути создания новых диагностических технологий, способных существенно улучшить раннее выявление и мониторинг социально значимых заболеваний. В частности, анализ флуоресцентного излучения позволяет оценивать метаболическую активность тканей; методы регистрации динамического рассеяния света предоставляют информацию о состоянии микроциркуляции; гиперспектральная визуализация позволяет анализировать накопление различных хромофоров и оксигенацию тканей; поляризационные измерения

дают представление о структурных и морфологических особенностях биотканей.

Однако, несмотря на активное развитие оптических технологий, сохраняются проблемы их внедрения в клиническую практику, связанные с отсутствием унифицированных диагностических параметров, стандартизированных методик использования и алгоритмов для систем поддержки принятия врачебных решений.

Таким образом, актуальными задачами являются развитие методов оптической визуализации для исследования биологических тканей и их метаболизма, а также применение этих методов для получения новых знаний о взаимодействии оптического излучения с биологическими тканями при различных патологических процессах, что в конечном итоге направлено на создание эффективных диагностических систем нового поколения.

Основная часть диссертационной работы выполнялась в рамках проектов:

Российского фонда фундаментальных исследований (№ 18-02-00669 «Разработка технологии многопараметрической оптической биопсии патологических процессов органов брюшной полости», 2018-2020, исполнитель проекта); проектов Российского научного фонда (№ 18-15-00201 «Клинико-экспериментальное обоснование многопараметрической оптической биопсии органов гепатопанкреатодуоденальной зоны при малоинвазивных хирургических операциях», 2018-2020, основной исполнитель проекта; №21-15-00325 «Разработка мультимодальной оптической диагностической технологии для анализа структурно-функционального состояния печени при чрескожной пункционной биопсии», 2021-2023, основной исполнитель проекта; №19-79-00082 «Гиперспектральная Стокс-поляризационная визуализация малигнизации биологических тканей», 2019-2021, руководитель проекта; №22-75-10088 «Оптическая тераностика гипергликемических осложнений», 2022-2025, руководитель проекта); проекта Европейского Союза H2020 имени Марии Склодовской-Кюри для постдоков и опытных исследователей (№839888, «Multimodal hyperspectral system for imaging of biological tissues glycation (MultiBioScan)», 2020-2022, руководитель проекта); гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (№МК-398.2021.4 «Оптическая генерация и детекция синглетного кислорода в задачах редокс-биологии», 2021-2022, руководитель проекта); проектов Правительства Российской Федерации (№075-15-2019-1877, № 075-15-2022-1095 «Митохондрии как мишени в механизме нейродегенеративных заболеваний», 2019-2023, исполнитель проекта и №075-15-2024-621, №075-15-2025-011 «Механизм нейродегенерации: древняя молекула как

необходимый элемент физиологии и патологии клеток мозга», 2024-2028, исполнитель проекта).

2. Личное участие автора в получении научных результатов

Большая часть экспериментальных результатов была получена лично соискателем, а также совместно с коллегами из других научных групп в рамках сотрудничества при выполнении совместных проектов, при этом все выносимые на защиту научные положения разработаны соискателем лично.

Автор принимал непосредственное участие в постановке задач исследования, проведении обзора текущего состояния вопросов диагностики тканевого метаболизма, разработке математических моделей, разработке экспериментальных макетов предложенных устройств, планировании и проведении экспериментальных исследований, разработке методов анализа тканевого метаболизма.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность научных положений и выводов подтверждается тщательной разработкой методик проведения эксперимента, использованием современных методов визуализации и измерения физических параметров, обеспечением воспроизводимости наблюдений и измерений, а также сопоставлением полученных данных с результатами существующих теоретических и экспериментальных исследований; использованием апробированных и подтвержденных методов и методик обработки результатов измерений, согласованием результатов численного моделирования с данными натурных экспериментов и обеспечением достаточного объема экспериментальных данных для проведения статистического анализа.

4. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Полученные научные результаты диссертационного исследования соответствуют п. 4 паспорта научной специальности 1.5.2 – Биофизика:

4. Теоретическое и экспериментальное исследование физических процессов, протекающих в биологических системах разного уровня организации, в том числе исследование воздействия различных видов излучений и других физических факторов на биологические системы.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По материалам диссертации опубликовано 123 научные работы, в том числе 6 монографий (5 – в коллективных монографиях издательств Springer и CRC Press, соавтор главы), 43 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК

России, 58 зарубежных публикаций в рецензируемых изданиях, индексируемых Scopus или Web of Science (27 статей в журналах 1-ого квартиля), 7 патентов РФ и 9 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, а также более 50 публикаций в других изданиях и в сборниках трудов конференций.

Основные положения диссертационной работы нашли полное отражение в 20 статьях в рецензируемых научных журналах и изданиях:

1. Zherebtsov E. Hyperspectral imaging of human skin aided by artificial neural networks [Text] / E. Zherebtsov, **V. Dremín**, A. Popov, A. Doronin, D. Kurakina, M. Kirillin, I. Meglinski, A. Bykov // Biomedical Optics Express. – 2019. – Vol. 10. – № 7. – P. 3545-3559.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке поляризационно-чувствительной системы гиперспектральной визуализации, нейросетевых алгоритмов обработки данных, разработке оптических фантомов, проведении экспериментальных исследований на добровольцах.

2. **Dremín V.** Skin complications of diabetes mellitus revealed by polarized hyperspectral imaging and machine learning [Text] / **V. Dremín**, Z. Marcinkevics, E. Zherebtsov, A. Popov, A. Grabovskis, H. Kronberga, K. Geldnere, A. Doronin, I. Meglinski, A. Bykov // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2021. – Vol. 40. – № 4. – P. 1207-1216.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в клинических испытаниях гиперспектральной системы и анализе данных.

3. Zharkikh E. Biophotonics methods for functional monitoring of complications of diabetes mellitus [Text] / E. Zharkikh, **V. Dremín**, E. Zherebtsov, A. Dunaev, I. Meglinski // Journal of Biophotonics. – 2020. – Vol. 13. – № 10. – P. e202000203.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в проведении обзора методов оптической спектроскопии и визуализации для анализа осложнений сахарного диабета.

4. **Dremín V.** Incremental residual polarization caused by aging in human skin [Text] / **V. Dremín**, E. Zharkikh, I. Lopushenko, Z. Marcinkevics, A. Bykov, I. Meglinski // Journal of Biomedical Optics. – 2024. – Vol. 29. – № 5. – P. 052912.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке модели Монте-Карло, проведении экспериментальных исследований на добровольцах и анализе данных.

5. Ivanov D. Colon cancer detection by using Poincaré sphere and 2D polarimetric mapping of *ex vivo* colon samples [Text] / D. Ivanov, **V. Dremín**, A. Bykov, E. Borisova, T. Genova, A. Popov, R. Ossikovski, T. Novikova, I. Meglinski // Journal of Biophotonics. – 2020. – Vol. 13. – № 8. – P. e202000082.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке поляризметрической системы и проведении экспериментальных исследований ex vivo образцов рака толстой кишки.

6. **Дрёмин В.В.** Математическое моделирование взаимодействия поляризованного света с биологическими тканями [Текст] / **В.В. Дрёмин**, Е.В. Жарких // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.* – 2020. – Т. 33. – № 5. – С. 988-996.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в проведении обзора методов моделирования взаимодействия поляризованного света с биологическими тканями.

7. Ivanov D. Polarization and depolarization metrics as optical markers in support to histopathology of *ex vivo* colon tissue [Text] / D. Ivanov, **V. Dremin**, E. Borisova, A. Bykov, T. Novikova, I. Meglinski, R. Ossikovski // *Biomedical Optics Express.* – 2021. – Vol. 12. – № 7. – P. 4560-4572.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке метрик для поляриметрического анализа ex vivo образцов рака толстой кишки.

8. Ivanov D. Polarization-based histopathology classification of *ex vivo* colon samples supported by machine learning [Text] / D. Ivanov, **V. Dremin**, T. Genova, A. Bykov, T. Novikova, R. Ossikovski, I. Meglinski // *Frontiers in Physics.* – 2022. – Vol. 9. – P. 814787.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке алгоритмов машинного обучения для классификации ex vivo образцов рака толстой кишки.

9. **Dremin V.** Imaging of early stage breast cancer with circularly polarized light [Text] / **V. Dremin**, D. Anin, O. Sieryi, M. Borovkova, J. Näpänkangas, I. Meglinski, A. Bykov // *Proceedings of SPIE.* – 2020. – Vol. 11363. – P. 1136304.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке поляриметрической системы и проведении экспериментальных исследований парафинизированных блоков рака молочной железы.

10. **Dremin V.** Histological imaging of unstained cancer tissue samples by circularly polarized light [Text] / **V. Dremin**, O. Sieryi, M. Borovkova, J. Näpänkangas, I. Meglinski, A. Bykov // *Proceedings of SPIE.* – 2021. – Vol. 11919. – P. 119190F.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке алгоритмов кластеризации поляриметрических данных.

11. Шуплецов, В.В. Устройство для флуоресцентной визуализации опухолевой ткани / В.В. Шуплецов, К.Ю. Кандурова, Е.С. Серёгина, Е.В. Потапова, **В.В. Дрёмин**, А.В. Мамошин, К.В. Подмастерьев, А.В. Дунаев //

Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2019. – Т. 338, №6 – С. 138-145.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке системы флуоресцентной визуализации, наборе и анализе данных при изучении метаболических нарушений у мышей, имеющих смоделированную опухоль.

12. Shupletsov V. Fluorescence imaging system for biological tissues diagnosis: phantom and animal studies [Text] / V. Shupletsov, K. Kandurova, V. **Dremin**, E. Potapova, M. Apanaykin, U. Legchenko, A. Dunaev // Journal of Biomedical Photonics & Engineering. – 2020. – Vol. 6. – № 1. – P. 010303.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке системы флуоресцентной визуализации, наборе и анализе данных при изучении метаболических нарушений у мышей, имеющих смоделированную опухоль; разработал оптические фантомы для калибровки устройств флуоресцентной визуализации.

13. Potapova E. Endofluorescence imaging of murine hepatocellular carcinoma cell culture by fluorescence lifetime microscopy with modulated CMOS camera [Text] / E. Potapova, E. Zhrebtsov, K. Kandurova, A. Palalov, V. **Dremin**, A. Dunaev // Journal of Biomedical Photonics & Engineering. – 2022. – Vol. 8. – № 1. – P. 010303.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в наборе и анализе данных при изучении метаболических особенностей клеточной культуры гепатоцеллюлярной карциномы с помощью разработанной системы визуализации времени жизни флуоресценции в частотной области.

14. **Dremin V.** Dynamic evaluation of blood flow microcirculation by combined use of the laser Doppler flowmetry and high-speed videocapillaroscopy methods [Text] / V. **Dremin**, I. Kozlov, M. Volkov, N. Margaryants, A. Potemkin, E. Zhrebtsov, A. Dunaev, I. Gurov // Journal of Biophotonics. – 2019. – Vol. 12. – № 6. – P. e201800317.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке двухканальной системы анализа микроциркуляции, включающей реализацию метода скоростной видеокатилляроскопии и лазерной доплеровской флоуметрии, разработке алгоритмов частотно-временного анализа зарегистрированных сигналов, наборе данных.

15. **Dremin V.** Blood flow dynamics in the arterial and venous parts of the capillary [Text] / V. **Dremin**, M. Volkov, N. Margaryants, D. Myalitsin, E. Rafailov, A. Dunaev // Journal of Biomechanics. – 2025. – Vol. 179. – P. 112482.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в проведении экспериментальных исследований по апробации разработанных алгоритмов частотно-временного анализа.

16. Mizeva I. Wavelet analysis of the temporal dynamics of the laser speckle contrast in human skin [Text] / I. Mizeva, **V. Dremin**, E. Potapova, E. Zhrebtsov; I. Kozlov, A. Dunaev // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2019. – Vol. 67. – № 7. – P. 1882-1889.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке системы лазерной спекл-контрастной визуализации, разработке алгоритмов частотно-временного анализа сигналов лазерной спекл-контрастной визуализации, в экспериментальном изучении связи между лазерной спекл-контрастной визуализацией и лазерной доплеровской флоуметрией.

17. Mizeva I. Spatial heterogeneity of cutaneous blood flow respiratory-related oscillations quantified via laser speckle contrast imaging [Text] / I. Mizeva, E. Potapova, **V. Dremin**, I. Kozlov, A. Dunaev // PLoS One. – 2021. – Vol. 16. – № 5. – P. e0252296.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке алгоритмов частотно-временного анализа сигналов лазерной спекл-контрастной визуализации, проведении экспериментальных исследований на добровольцах.

18. Golubova N. Time-frequency analysis of laser speckle contrast for transcranial assessment of cerebral blood flow [Text] / N. Golubova, E. Potapova, E. Seryogina, **V. Dremin** // Biomedical Signal Processing and Control. – 2023. – Vol. 85. – P. 104969.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке алгоритмов картирования осцилляций кровотока мозга, проведении экспериментальных исследований на лабораторных крысах.

19. Golubova N. Effect of thinned-skull cranial window on monitoring cerebral blood flow using laser speckle contrast imaging [Text] / N. Golubova, I. Ryzhkov, K. Lapin, E. Seryogina, A. Dunaev, **V. Dremin**, E. Potapova // IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics. – 2025. – Vol. 31. – № 4. – P. 7000108.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в проведении экспериментальных исследований на лабораторных крысах.

20. Шуплецов В.В. Использование модельных образцов кожи человека на основе полиакриламида в задачах гиперспектральной флуоресцентной визуализации и спектроскопии [Текст] / В.В. Шуплецов, Е.А. Жеребцов, **В.В. Дрёмин**, А.П. Попов, А.В. Быков, Е.В. Потапова, А.В. Дунаев, И.В. Меглинский // Квантовая электроника. – 2021. – Т. 51. – № 2. – С. 118-123.

Личный вклад Дрёмина В.В. в статье – участвовал в разработке нового типа оптических фантов, провел эксперименты по исследованию их оптических свойств.

В данных научных работах по теме диссертации, в целом личный вклад

соискателя состоит в следующем: в [2,3,5,11,12,14,16,19] проведен анализ современных проблем методов и технических средств диагностики тканевого метаболизма; в [1,2,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20] разработаны системы, алгоритмическое обеспечение и проведена апробация методов оптической визуализации тканевого метаболизма; в [1,12,18,20] предложены оптические фантомы для проведения калибровки и контроля технического состояния систем оптической визуализации.

На основании представленных автором печатных работ подтверждена полнота опубликованных научных результатов, отраженных в диссертации.

6. Новизна и практическая значимость результатов исследования, ценность научных работ соискателя.

Новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

1) Разработаны новый метод и устройство поляризационно-чувствительной гиперспектральной визуализации, реализующие измерения диффузного отражения и степени остаточной линейной поляризации в диапазоне 510-900 нм, а также нейросетевую обработку спектральных данных. Впервые экспериментально изучены оптические характеристики кожи пациентов с сахарным диабетом, демонстрирующие статистически значимое снижение оксигенации тканей нижних конечностей диабетических пациентов, увеличение их кровенаполнения и увеличение степени остаточной линейной поляризации. Получены классификатор и решающее правило для дифференциации наличия или отсутствия диабетических осложнений на основе линейного дискриминантного анализа со значениями метрик классификации чувствительности и специфичности 0,95 и 0,85 соответственно.

2) Разработаны новый метод и устройство Стокс-поляризационной визуализации, позволяющие регистрировать полный вектор Стокса отраженного излучения и получать ряд расчетных поляриметрических характеристик. Разработаны классификаторы для дифференциации опухолей на основе методов опорных векторов, случайного леса и логистической регрессии и предложенных поляриметрических предикторов. Разработан метод кластеризации на основе метода k -средних и параметров Стокса для цифрового гистологического анализа FFPE опухолевых образцов без их окрашивания, снижающий трудоемкость и повышающий быстродействие стандартных рутинных гистологических процедур.

3) Разработаны новый метод и устройство визуализации эндогенной флуоресценции с возбуждающим излучением 455 нм для определения в режиме реального времени границ опухолевого образования. Проведенные экспериментальные исследования на *in vivo* модели опухолей печени у мышей доказали высокую чувствительность системы к изменениям эндогенной флуоресценции, обусловленным канцерогенезом, что позволяет без использования красителей визуализировать границы опухоли с высоким

контрастом для последующей эффективной резекции.

4) Разработан метод визуализации времени жизни флуоресценции в частотной области на основе пространственного сканирования, применимый к FFPE-образцам биологических тканей. Показана возможность дифференциации доброкачественных и злокачественных изменений на основе анализа параметров флуоресцентного отклика в частотной области, а именно фазового сдвига. Проведены экспериментальные исследования образцов рака молочной железы, продемонстрировавшие высокую контрастность между различными гистологическими структурами без использования красителей.

5) Предложен метод, основанный на широкопольной визуализации времени жизни флуоресценции в частотной области и ингибиторном анализе, предоставивший новые возможности в анализе содержания различных форм флавопротеинов – ключевых участников тканевого метаболизма. Проведенное исследование впервые демонстрирует возможность использования визуализации времени жизни флуоресценции для оценки действия ингибиторов моноаминоксидазы и других нейромодуляторов на тканевый метаболизм.

6) Разработан новый метод частотно-временного анализа данных лазерной спекл-контрастной визуализации, позволяющий визуализировать регуляторные механизмы кровотока. Использование дополнительных модальностей в виде высокоскоростной видеокапилляроскопии и лазерной доплеровской флоуметрии продемонстрировал возможность анализа осциллирующих компонент периферического кровотока человека в диапазоне 0,0005-2 Гц с помощью метода ЛСКВ. Предложенный новый метод обработки сигналов ЛСКВ впервые продемонстрировал возможность регистрации карт распределения миогенных вазомоций на частоте около 0,1 Гц в периферических сосудах мозга крысы, что позволяет более детализировано анализировать физиологические механизмы регуляции церебрального кровотока.

7) Разработаны оптические тест-объекты (фантомы), имитирующие поглощающие, рассеивающие и флуоресцентные свойства биологических тканей, позволившие калибровать и проводить контроль технического состояния систем оптической визуализации. Предложен новый подход к изготовлению стабильного эластичного полиакриламидного фантома флуоресценции флавинов, имитирующего оптические свойства стромальных тканей.

Практическая значимость диссертационного исследования определяется разработкой, реализацией и клинической апробацией новых методов и устройств для неинвазивной оптической визуализации параметров тканевого метаболизма, включая оксигенацию, параметры кровотока и морфологическое состояние тканей. Предложенные технологии, такие как гиперспектральная и Стокс-поляризационная визуализация, а также методы

анализа флуоресценции и динамического рассеяния света, обеспечивают высокую чувствительность к физиологическим и патологическим изменениям в тканях и позволяют проводить диагностику в режиме реального времени без использования экзогенных красителей.

Ценность результатов работы соискателя подтверждается их внедрением в научно-практическую и образовательную деятельность. Полученные в ходе работы результаты уже внедрены в рамках прикладных проектов, поддержанных Российским научным фондом, РФФИ, Правительством РФ, Президентским грантом и программой Horizon 2020, и применяются при разработке медицинских диагностических систем нового поколения (имеются акты внедрения в ООО НПП «ЛАЗМА»). Ряд результатов диссертации внедрён в учебный процесс в ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» в лекционных курсах и лабораторных практикумах по дисциплинам: «Технические методы диагностических исследований и лечебных воздействий», «Основы биофотоники», «Неинвазивные диагностические методы исследования системы микроциркуляции крови», «Биомедицинская спектроскопия и визуализация» и «Компьютерное моделирование оптических свойств биотканей», которые разработаны и реализованы соискателем в 2015-2024 годах в рамках направлений подготовки «Биотехнические системы и технологии», «Лечебное дело», «Педиатрия».

Таким образом, результаты работы представляют собой важный вклад в развитие технологий биомедицинской диагностики, способствуют повышению качества медицинской помощи и расширяют возможности персонализированной медицины.

7. Ссылки на источники заимствований

Диссертация соответствует требованиям п. 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, в диссертации соискатель ученой степени надлежащим образом ссылается на источники заимствования материалов соавторов и других авторов.

8. Апробация работы

Основные результаты исследований были доложены на международных и всероссийских конференциях: «SPIE Photonics West», Сан-Франциско, США, 2015-2023; «SPIE Photonics Europe», Страсбург, Франция, 2018, 2020, 2022; «Saratov Fall Meeting», Саратов, 2014-2024; «European Conferences on Biomedical Optics (ECBO)», Мюнхен, Германия, 2017, 2019, 2021, 2023; «International Conference Laser Optics (ICLO)», Санкт-Петербург, 2020, 2022,

2024; «Laser Applications in Life Sciences (LALS)», Рамат-Ган, Израиль, 2018, Мюгла, Турция, 2023, 2024; «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (ФРЭМЭ), Владимир-Суздаль, 2016, 2018, 2020, 2022, 2024; «Микроциркуляция и гемореология», Ярославль, 2015; «Актуальные проблемы эндокринологии», 2017, Санкт-Петербург; «Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы – Биомедсистемы», Рязань, 2018-2022; «Современные методы исследования в клеточной биологии и медицине», Орёл, 2023; «Зимняя школа по механике сплошных сред», Пермь, 2021, 2023; «VII Съезд биофизиков России», Краснодар, 2023, а также ряде других.

Комплексная апробация завершённой диссертации проведена в Орловском государственном университете имени И.С. Тургенева, с участием представителей БУЗ Орловской области «Орловская областная клиническая больница», Медицинского центра Плявниеки и Клинической университетской больницы имени Паула Страдыня (Рига, Латвия), научно-производственного предприятия «ЛАЗМА» (г. Москва).

Выводы

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа Дрёмина Виктора Владимировича: «Методы оптической визуализации тканевого метаболизма в задачах биомедицинской диагностики» является научно-квалифицированной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена крупная научно-техническая проблема повышения эффективности и качества диагностики ряда социально значимых заболеваний за счет разработки и внедрения методов оптической визуализации тканевого метаболизма, включая научное обоснование, техническую реализацию, алгоритмы обработки данных и методологию применения.

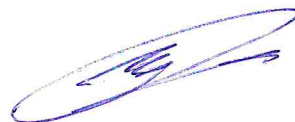
Диссертация Дрёмина В.В. в полной мере удовлетворяет требованиям Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, в частности п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и соответствует паспорту научной специальности 1.5.2 – Биофизика.

Диссертация «Методы оптической визуализации тканевого метаболизма в задачах биомедицинской диагностики» Дрёмина Виктора Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.5.2 – Биофизика.

Присутствовало на заседании 14 человек, из них 4 доктора наук.

Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 2 от 1 сентября 2025 г.

Председательствующий на
расширенном заседании научно-
технологического центра
биомедицинской фотоники и
кафедры приборостроения,
метрологии и сертификации, доктор
технических наук, профессор



К.В. Подмастерьев

ВЕРНО
начальник УКСР
ТОРГАЧЕЕ Д.Н.

