

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по научной работе  
и цифровому развитию  
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»  
доктор физико-математических наук, профессор  
Алексей Александрович Короновский

«06» апреля 2026 года

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского» по диссертации Суркова Юрия Игоревича «Развитие методов лазерной спекл-визуализации и оптической когерентной томографии для исследования кровотока и тканевой диффузии «на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2 – «Биофизика», выполненной на кафедре оптики и биофотоники института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского».

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского» № 154-Д от 28 октября 2022 г. и переутверждена приказом № 20-Д от 24 февраля 2025 года.

В 2022 году Сурков Юрий Игоревич с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского» по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» с присуждением квалификации «Магистр».

Справка о сданных кандидатских экзаменах №14-2026 выдана 27.03.2026 года Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского». В период подготовки диссертации с 2022 года по настоящее время соискатель обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского» по группе научных специальностей 1.3 «Физические науки», специальности 1.5.2 «Биофизика».

Научный руководитель – Генина Элина Алексеевна, доктор физико-математических наук, профессор кафедры оптики и биофотоники института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», утвержденная приказом ректора СГУ №154-Д от 28.10.2022 г., представила положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании кафедры оптики и биофотоники института физики и Научного медицинского центра ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ и других научных учреждений.

На заседании присутствовали:

1. Тучин В.В., член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой оптики и биофотоники, руководитель научного медицинского центра, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
2. Зимняков Д.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
3. Скрипаль Ан.В., доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
4. Симоненко Г.В., доктор физико-математических наук, профессор кафедры оптики и биофотоники, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
5. Дербов В.Л., доктор физико-математических наук, профессор кафедры оптики и биофотоники, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
6. Генина Э.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры оптики и биофотоники, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
7. Березин К.В., доктор физико-математических наук, профессор кафедры оптики и биофотоники, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
8. Федосов И.В., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры оптики и биофотоники, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
9. Демина П.А., кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Дистанционно управляемые системы для тераностики» Научного медицинского центра СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
10. Свенская Ю.И., кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Дистанционно управляемые системы для тераностики» Научного медицинского центра СГУ имени Н.Г. Чернышевского,

11. Гусякова О.И., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории биомедицинской фотоакустики Научного медицинского центра СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
12. Браташов Д.Н., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры инноватики, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
13. Лазарева Е.Н., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры оптики и биофотоники, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
14. Генин В.Д., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры оптики и биофотоники, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
15. Иноземцева О.А., кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биомедицинской фотоакустики Научного медицинского центра СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
16. Акчурин Г.Г., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры оптики и биофотоники, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
17. Братченко И.В., доктор физико-математических наук, Научно-образовательный центр «Фундаментальная и прикладная фотоника. Нанофотоника», Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта.
18. Савельева М.С., кандидат физико-математических наук, ассистент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством, СГУ имени Н.Г. Чернышевского.
19. Серебрякова И.А., младший научный сотрудник лаборатории биомедицинской фотоакустики Научного медицинского центра СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
20. Фащевский А.П., инженер учебной лаборатории атомной физики, квантовой электроники спектроскопии СГУ имени Н.Г. Чернышевского,

Рецензенты диссертации:

1. Зимняков Д.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского представил положительный отзыв, в котором указал, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842.
2. Симоненко Г.В., доктор физико-математических наук, профессор кафедры оптики и биофотоники, СГУ имени Н.Г. Чернышевского представил положительный отзыв, в котором указал, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13,

14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842.

*По итогам обсуждения принято следующее заключение:*

Диссертационная работа Суркова Юрия Игоревича «Развитие методов лазерной спекл-визуализации и оптической когерентной томографии для исследования кровотока и тканевой диффузии» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2 – «Биофизика» представляет законченное исследование, посвященное развитию методов лазерной спекл-визуализации и оптической когерентной томографии для исследования микроциркуляции и тканевой диффузии в биологических тканях и рассеивающих фантомах. Актуальность темы обусловлена недостаточным развитием методов лазерной спекл-визуализации (ЛСКВ) и оптической когерентной томографии (ОКТ) для исследования кровотока и тканевой диффузии, включающих алгоритмы анализа исходного спекл-сигнала для реализации глубинной устойчивости оценки скорости кровотока и методики мониторинга изменения коэффициента рассеяния ткани с глубинным и временным разрешением.

Классическая ЛСКВ отличается аппаратной простотой и высоким быстродействием, однако испытывает ограничения, связанные со смешением факторов скорости кровотока, глубины залегания сосудов и оптических свойств среды. В этой связи развитие программных методов анализа исходного спекл-сигнала, а также кросс-модальная интеграция ЛСКВ и ОКТ представляют собой актуальное направление современной биофизики и биофотоники.

#### **Личный вклад соискателя в получение результатов, изложенных в диссертации**

Личный вклад Суркова Юрия Игоревича состоит в постановке и решении задач диссертационной работы, разработке методов обработки исходных спекл-изображений и алгоритмов расчета спекл-метрик, создании программной реализации, проведении экспериментальных исследований на фантомах и биологических объектах, обработке и анализе данных, интерпретации результатов, а также подготовке публикаций по теме диссертации. Постановка задач и обсуждение результатов выполнялись совместно с научным руководителем.

#### **Научная новизна исследования**

1. Сформулирован подход к обработке исходного массива спекл-изображений как первичного объекта анализа, позволяющий разделять зарегистрированный сигнал на

квазистатическую и динамическую компоненты без изменения оптической схемы лазерной спекл-контрастной визуализации.

2. Разработана методология фильтрации спекл-массива на основе анализа главных компонент с реконструкцией статической и динамической компонент и вычислением взаимодополняющих метрик: полного спекл-контраста, статичного спекл-контраста и коэффициента динамической активности.

3. Показано, что использование динамической компоненты спекл-сигнала уменьшает глубинную зависимость оценки относительной скорости потока по сравнению с классическим спекл-контрастом.

4. Разработан квазитомографический подход лазерной спекл-контрастной томографии, обеспечивающий оценку относительной глубины залегания сосудов и относительной скорости/перфузии по одному набору спекл-изображений.

5. Разработана методика мониторинга изменения коэффициента рассеяния/ослабления ткани с глубинным и временным разрешением для анализа дегидратации, регидратации и диффузии агентов в коже на основе оптической когерентной томографии.

6. Продемонстрирован комбинированный подход оптического просветления и цифровой обработки спекл-сигнала, повышающий контрастность и достоверность транскраниальной лазерной спекл-контрастной визуализации.

7. Реализован метод численного моделирования динамического спекл-сигнала для тестирования алгоритмов лазерной спекл-контрастной визуализации и анализа чувствительности метрик к скорости потока, глубине залегания сосуда и оптическому ослаблению зондирующего излучения.

### **Научная и практическая значимость результатов работы**

1. Предложенные методы повышают качество визуализации сосудов и устойчивость оценки перфузии в условиях выраженного статического рассеяния.

2. Разработанный подход к лазерной спекл-контрастной томографии обеспечивает программно-реализуемую квазитомографическую интерпретацию данных лазерной спекл-контрастной визуализации без усложнения аппаратуры.

3. Методика ОКТ-реконструкции коэффициента рассеяния позволяет количественно отслеживать изменения оптических свойств ткани по глубине и во времени, что важно для исследования тканевой диффузии и оптического просветления.

4. Разработанная модель динамического спекл-сигнала может использоваться как стандартная платформа для тестирования, сравнения и калибровки алгоритмов лазерной спекл-контрастной визуализации.

5. Результаты работы могут быть использованы в биофизических, биомедицинских и биофотонных исследованиях, связанных с мониторингом микроциркуляции, исследованием гемодинамики и изучением процессов диффузии в тканях.

#### **Достоверность результатов исследования**

Достоверность результатов обеспечивается использованием физически обоснованных моделей формирования спекл- и ОКТ-сигналов, воспроизводимой методикой экспериментов на рассеивающих фантомах и биологических объектах, сопоставлением нескольких метрик и геометрий регистрации, кросс-модальной верификацией глубинных оценок с помощью ультразвуковой томографии, а также использованием современных методов статистической обработки и анализа данных.

#### **Соответствие диссертации научной специальности**

Результаты диссертации соответствуют следующим направлениям исследований специальности 1.5.2 – Биофизика: теоретическая и математическая биофизика, вычислительная биофизика; биофизика органов и тканей, гемодинамические процессы; биофотоника и рассеяние света в биологических тканях; биофизические методы исследования.

#### **Апробация работы**

Материалы, изложенные в диссертации, докладывались на международных и всероссийских конференциях, в том числе:

1. International Annual Conference «Saratov Fall Meeting», Saratov, Russia, 2020–2025.
2. Всероссийская научная школа-семинар «Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами», Саратов, Россия, 2023–2025.
3. International Conference Laser Optics, Санкт-Петербург, 2024.
4. Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям «Холоэкспо», Уфа, 2025.

#### **Полнота изложения материалов диссертации в научных работах, опубликованных соискателем**

По теме диссертации опубликовано 6 научных работ в изданиях, рекомендованных ВАК, а также в зарубежных изданиях, индексируемых в Scopus и/или Web of Science, в которых отражены основные результаты диссертационного исследования:

1. **Yu. Surkov**, P. Timoshina, I. Serebryakova, D. Stavtcev, I. Kozlov, G. Piavchenko, I. Meglinski, A. Konovalov, D. Telyshev, S. Kuznetsov, E. Genina & V. Tuchin. Laser speckle

contrast imaging with principal component and entropy analysis: a novel approach for depth-independent blood flow assessment // *Frontiers of Optoelectronics*. 2025. Vol. 18. No. 1. P. 1. <https://doi.org/10.1007/s12200-024-00143-1>.

Личный вклад соискателя заключается в постановке задачи, разработке дизайна исследования, создании оптического фантома, проведении экспериментальных исследований, анализе полученных данных и написании текста публикации.

2. **Y. Surkov**, P. Timoshina, I. Uvakin, N. Shushunova, A. Konovalov, I. Kozlov, G. Piavchenko, D. Telyshev, I. Meglinski, S. Kuznetsov, and V. Tuchin. Computer-guided optical clearing for transcranial laser speckle imaging of cortical blood flow through synergistic tartrazine-induced cranial bone transparency // *Journal of Innovative Optical Health Sciences*. 2025. P. 2540002. <https://doi.org/10.1142/S1793545825400024>.

Личный вклад соискателя заключается в постановке задачи, разработке дизайна исследования, проведении экспериментальных исследований, анализе полученных данных и написании текста публикации.

3. **Yuriy I. Surkov**; Isabella A. Serebryakova; Arseniy P. Fashchevskiy; Polina A. Timoshina; Elina A. Genina; Valery V. Tuchin. PCA-LSCT: Software-Implemented Laser Speckle Contrast Tomography for Depth-Resolved Blood-Flow Mapping // *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*. 2025. Vol. 32. No. 4. P. 1–9. <https://doi.org/10.1109/JSTQE.2025.3647224>.

Личный вклад соискателя заключается в постановке задачи, разработке дизайна исследования, создании оптического фантома, проведении экспериментальных исследований, создании программной реализации, анализе полученных данных, и написании текста публикации.

4. **Y. I. Surkov**, I. A. Serebryakova, S. M. Zaytsev, E. A. Genina, V. V. Tuchin, & Y. I. Svenskaya. OCT-mapping of the scattering coefficient to study the skin hydration process under optical clearing // *Skin Pharmacology and Physiology*. 2026. – P. 1-18. <https://doi.org/10.1159/000551016>.

Личный вклад соискателя заключается в постановке задачи, разработке дизайна исследования, проведении экспериментальных исследований, анализе полученных данных, и написании текста публикации.

5. Polina A. Timoshina, **Yury I. Surkov**, Andrei E. Lugovtsov, Alexander V. Priezzhev, Valery V. Tuchin. Transmission laser speckle contrast imaging combined with optical clearing using magnetic resonance contrast agents // *Lasers in Surgery and Medicine*. 2025. Vol. 57. No. 7. P. 625–636. <https://doi.org/10.1002/lsm.70051>.

Личный вклад соискателя заключается в разработке дизайна исследования, проведении экспериментальных исследований, анализе полученных данных, и написании текста публикации.

6. P. A. Moldon, P. B. Ermolinskiy, A. E. Lugovtsov, P. A. Timoshina, E. N. Lazareva, **Yu. I. Surkov**, Y. I. Gurfinkel, V. V. Tuchin, A. V. Priezzhev. Influence of optical clearing agents on the scattering properties of human nail bed and blood microrheological properties: In vivo and in vitro study // Journal of Biophotonics. 2025. Vol. 18. No. 12. P. e202300524. <https://doi.org/10.1002/jbio.202300524>.

Личный вклад соискателя заключается в анализе полученных данных, и написании текста публикации.

### **Ценность научных работ соискателя**

Ценность научных работ Суркова Юрия Игоревича заключается в развитии биофизически обоснованных и практически реализуемых оптических методов исследования кровотока и тканевой диффузии, в разработке новых алгоритмов анализа спекл-сигнала и в создании методических основ для количественной интерпретации данных ЛСКВ и ОКТ в оптически неоднородных средах.

### **Общая оценка диссертации**

Диссертационная работа Суркова Юрия Игоревича «Развитие методов лазерной спекл-визуализации и оптической когерентной томографии для исследования кровотока и тканевой диффузии» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача биофизики, связанная с развитием методов неинвазивной оптической визуализации и анализа скорости кровотока, глубины залегания сосудистых структур и изменений оптических свойств тканей.

Работа выполнена на высоком научном уровне, отличается внутренней логикой построения, включает теоретическое обоснование, разработку алгоритмов, численное моделирование, экспериментальную проверку на фантомах и биологических объектах, а также кросс-модальную верификацию отдельных результатов. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях и представлены на профильных научных конференциях.

Диссертация Суркова Юрия Игоревича «Развитие методов лазерной спекл-визуализации и оптической когерентной томографии для исследования кровотока и тканевой диффузии» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2 – Биофизика как удовлетворяющая требованиям пунктов 9–11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней,

утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры оптики и биофотоники института физики и Научного медицинского центра ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

На заседании присутствовало 20 человек, из них 7 докторов наук и 11 кандидатов наук по профилю диссертации и 2 аспиранта. Результаты голосования: «за» - 18 человек, «против» - нет, «воздержались» - нет, протокол № 04/26 от 5 марта 2026 г.

**Председатель заседания**

доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры оптики и биофотоники  
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»



Берзин Кирилл Валентинович

