

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.379.11,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 10 апреля 2026 г. № 1
о присуждении Фролову Олегу Олеговичу, гражданину Российской Федерации,
ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка способа анализа спектров комбинационного рассеяния для применения в стоматологии» по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения принята к защите 26 декабря 2025 г. (протокол заседания № 11) диссертационным советом 24.2.379.11, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34) приказом Минобрнауки России № 2136/нк от 27 ноября 2023 г.

Соискатель Фролов Олег Олегович, 30 августа 1996 года рождения, в 2020 г. освоил программу магистратуры федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», в 2024 г. освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», в настоящее время работает в должности главного специалиста-аналитика управления модельных рисков и валидации ПАО «Банк ВТБ».

Диссертация выполнена на кафедре лазерных и биотехнических систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Тимченко Павел Евгеньевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», кафедра лазерных и биотехнических систем, доцент.

Официальные оппоненты: Зайцев Кирилл Игоревич, доктор физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН), ведущий научный сотрудник; Генина Элина Алексеевна, доктор физико-математических наук,

доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», профессор кафедры оптики и биофотоники – **дали положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», **в своем положительном отзыве**, подписанном заведующим лабораторией лазерного молекулярного имиджинга и машинного обучения, доктором физико-математических наук, профессором, Кистеневым Юрием Владимировичем, утвержденном проректором по научной и инновационной деятельности, доктором технических наук, профессором Замятиным Александром Владимировичем, указала, что диссертация соответствует специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения. Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяет требованиям ВАК России, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них в рецензируемых научных изданиях – 7 работ. Суммарный объём опубликованного материала в соавторстве составляет 3,7 печатных листа, в том числе 2,3 печатных листа принадлежит соискателю. Из материалов совместных публикаций лично соискателю принадлежат результаты, заключающиеся в разработке и реализации способа математической обработки спектров комбинационного рассеяния биоматериалов. Соискателем реализован итерационный алгоритм декомпозиции спектров, обеспечивающий высокую точность восстановления параметров спектральных линий (R^2 не ниже 0,995). Проведён расчётный анализ спектральных данных с применением методов машинного обучения, позволивший выявить информативные признаки и сократить размерность пространства признаков. Соискателем разработаны и обоснованы модели машинного обучения на основе логистической регрессии для классификации состояния биоматериалов, обеспечивающие значения на уровне ROC AUC 1,0 (0,99-1,0, 0,95 ДИ) для дентинных материалов, ROC AUC 0,94 (0,89-0,98, 0,95 ДИ) для эмали и 0,88 (0,78-0,96, 0,95 ДИ) для костной ткани. Установлены количественные спектральные критерии оценки степени деминерализации дентинных биоматериалов и диагностических признаков пародонтита. Полученные результаты подтверждают определяющую роль соискателя в постановке задач, разработке алгоритмов, проведении расчётов и интерпретации результатов.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Decomposition Method for Raman Spectra of Dentine / **O. O. Frolov et al.** // J of Biomedical Photonics & Eng. – 2024. – Vol. 10, No. 3. – 030303-1. (научная статья 0,6 п.л. / 0,57 п.л.).

2. Применение метода спектроскопии комбинационного рассеяния для оценки дентинных материалов в процессе их изготовления / П. Е. Тимченко, Е. В.

Тимченко, Л. Т. Волова, **О. О. Фролов** // Оптический журнал. – 2021. – Т. 88, № 9. – С. 3-8. (научная статья 0,4 п.л. / 0,2 п.л.).

3. Экспериментальные исследования гидроксиапатита методом спектроскопии комбинационного рассеяния / П. Е. Тимченко, Е. В. Тимченко, Е. В. Писарева, М.Ю. Власов, Л.Т. Волова, **О.О. Фролов**, А.Р. Калимуллина // Оптический журнал. – 2018. – Т. 85, № 3. – С. 12-18. (научная статья 0,5 п.л. / 0,3 п.л.).

4. Raman spectroscopy for assessment of hard dental tissues in periodontitis treatment / E. V. Timchenko, **O. O. Frolov**, P. E. Timchenko [et al.] // Diagnostics. – 2021. – Vol. 11, No. 9. (научная статья 0,4 п.л. / 0,2 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от следующих организаций и специалистов:

1. Самарский филиал ФГБУН «Физический институт им. П.Н. Лебедева», подписан кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником лаборатории когерентной оптики Майоровой Александрой Михайловной. Замечание: В автореферате целесообразно было бы более подробно описать критерии выбора параметров логистической регрессии, используемой при классификации спектральных данных; из автореферата следует, что все исследования проводились на образцах удаленных зубов. Хотелось бы видеть пояснения, как планируется использовать предлагаемый метод для диагностики *in vivo* (для ранней диагностики), каковы особенности и возможные трудности перехода на живые ткани.

2. ФГБУН «Физический институт им. П.Н. Лебедева», подписан доктором физико-математических наук, старшим научным сотрудником РАН, и.о. заведующего лабораторией радиационной биофизики и биомедицинских технологий Завестовской Ириной Николаевной. Замечаний не содержит.

3. ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», подписан доктором физико-математических наук, профессором кафедры высшей математики Шеманиным Валерием Геннадьевичем. Замечание: в автореферате не приведены сведения о времени вычислений с помощью разработанного алгоритма, что было бы полезно для оценки его применения в режиме реального времени.

4. ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», подписан доктором физико-математических наук, доцентом, заведующим кафедрой высшей математики Осиповым Олегом Владимировичем. Замечание: в автореферате целесообразно было бы более детально указать объём экспериментальной выборки (число обследованных образцов и пациентов), что позволило бы более полно оценить статистическую представительность полученных результатов.

Все отзывы **положительные**. В отзывах, содержащих замечания, отмечено, что указанные недостатки не снижают научной и практической значимости работы и не влияют на общую **положительную** оценку диссертации. Во всех отзывах отмечено, что диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Фролову О.О. учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Выбор Зайцева К. И. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является специалистом по спектроскопии, лазерной физике в промышленности и медицине.

Выбор Гениной Э. А. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что она является специалистом по биофизике, спектроскопии и визуализации в биомедицине.

Выбор ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» в качестве ведущей организации обосновывается достижениями ее специалистов в области оптических методов диагностики, биофотоники, физики оптических и лазерных измерений, лазерной спектроскопии, машинному обучению, медицинской визуализации. Диссертация рассмотрена на расширенном заседании лаборатории лазерного молекулярного имиджинга и машинного обучения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан новый способ анализа спектров комбинационного рассеяния биоматериалов, включающий оригинальный алгоритм декомпозиции спектров при значительном перекрытии спектральных линий, обеспечивающий повышение точности определения спектральных параметров и расширение границ применимости в биомедицинских исследованиях;

предложен оригинальный подход к извлечению информативных признаков из спектральных данных и их использованию в задачах диагностики с применением методов машинного обучения;

введены уточненные подходы к интерпретации спектров комбинационного рассеяния биологических тканей на основе их декомпозиции и анализа параметров спектральных линий.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, включающий методы спектроскопии комбинационного рассеяния, цифровой обработки сигналов, математического моделирования, статистического анализа и машинного обучения, в том числе методы предобработки спектров, алгоритмы коррекции базовой линии и классификации на основе логистической регрессии;

изложены положения и идеи построения алгоритма анализа спектров комбинационного рассеяния, включающего этапы предобработки, декомпозиции и извлечения информативных признаков, а также принципы построения диагностических моделей на основе спектральных данных;

раскрыты существенные проявления ограничений существующих методов анализа спектров комбинационного рассеяния, включая влияние флуоресцентного фона, шумов и сложности интерпретации перекрывающихся спектральных линий, а также выявлены новые задачи повышения точности и устойчивости алгоритмов обработки;

изучены связи спектральных характеристик комбинационного рассеяния с физико-химическим состоянием биоматериалов, в том числе процессы деминерализации дентинных тканей и изменения структуры тканей при пародонтите, их причинно-следственные зависимости и диагностическая

значимость;

проведена модернизация существующих алгоритмов обработки спектральных данных, включая алгоритмы декомпозиции спектров комбинационного рассеяния, обеспечивающая повышение точности выделения спектральных линий и устойчивости к шумам, что позволяет получать новые результаты при анализе биоматериалов в задачах медицинской диагностики.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан и внедрен способ анализа спектров комбинационного рассеяния биоматериалов, реализующий алгоритмы предобработки, декомпозиции и классификации спектральных данных, внедренный в научно-исследовательском институте биотехнологий Самарского государственного медицинского университета (НИИ БиоТех СамГМУ) (акт о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы № 1230 / 40-23-3345 от 10.07.2025) и в стоматологической клинике «Центр восстановительной стоматологии» (акт о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы от 15.01.2025);

определены пределы и области практического применения разработанного способа, включающие задачи неинвазивной диагностики пародонтита, оценки степени деминерализации дентинных материалов, а также контроля качества биоматериалов на этапах их производства и применения;

создана система практического применения метода спектроскопии комбинационного рассеяния в медико-биологических исследованиях и стоматологической практике, обеспечивающая повышение точности и достоверности диагностики за счёт использования алгоритмов обработки спектральных данных и методов машинного обучения;

представлены методические рекомендации по применению разработанного способа анализа спектров комбинационного рассеяния, а также предложения по дальнейшему совершенствованию методов диагностики стоматологических заболеваний и развитию интеллектуальных систем анализа биомедицинских спектров.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на калиброванном спектроскопическом оборудовании с контролем параметров измерений; обеспечена воспроизводимость результатов, применены стандартизированные процедуры предобработки спектров и статистической обработки данных;

теория основана на проверяемых положениях спектроскопии комбинационного рассеяния, цифровой обработки сигналов и методов машинного обучения; согласуется с опубликованными экспериментальными данными, в том числе для условий высокого шума и перекрытия спектральных линий;

идея базируется на анализе современного состояния методов спектроскопической диагностики и обобщении отечественного и зарубежного опыта их применения в биомедицине;

использованы сопоставления авторских результатов с данными, представленными в научной литературе по спектроскопии биоматериалов и диагностике пародонтита;

установлено количественное согласование результатов по ключевым метрикам (ROC AUC, чувствительность, специфичность) с данными независимых исследований, что подтверждает корректность и обоснованность разработанных методов;

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии на всех этапах выполнения исследования, включая постановку задач, разработку способа и его реализацию;

личном выполнении экспериментальных исследований по получению спектров комбинационного рассеяния биоматериалов и формировании выборок для анализа;

разработке оригинального алгоритма декомпозиции спектров, а также программного обеспечения для автоматизированной обработки и анализа спектральных данных;

личном выполнении обработки, статистического анализа и интерпретации экспериментальных результатов, включая построение и валидацию моделей машинного обучения;

непосредственном участии в апробации результатов исследования и их внедрении в научно-исследовательскую и клиническую практику;

подготовке основных научных публикаций по теме диссертации лично автором и в соавторстве при его определяющем вкладе.

В диссертации отсутствует заимствованный материал без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результаты научных работ, выполненные соискателем учёной степени в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Результаты, вошедшие в диссертационное исследование, были использованы при выполнении работ по теме: «Разработка программного обеспечения для идентификации и аттестации компонентов клеточно-тканевых имплантатов с помощью оптического метода при их производстве» (договор № 14483ГУ/2019 от 17.07.2019 г. с Фондом содействия инновациям). А также были использованы при выполнении работ по проекту 18-315-20017 мол_а_вед «Новые фундаментальные подходы в комплексной оценке структуры костной ткани в норме, при экспериментальном остеопорозе и его профилактики с помощью продуктов биотехнологий» (Договор № 18-315-20017\18 от 01.11.2018 г. с Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ)).

В ходе защиты диссертационной работы критические замечания не высказаны. Соискатель Фролов О.О. ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

Диссертация Фролова Олега Олеговича является законченной научно-квалификационной работой, отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9–11, 13, 14 Положения о присуждении учёных степеней с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025). В работе содержится решение задачи разработки способа анализа спектров комбинационного рассеяния для диагностики признаков пародонтита и оценки качества дентинных материалов.

На заседании 10 апреля 2026 года диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, принял решение присудить Фролову О.О. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 3 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета 24.2.379.11
д.т.н., профессор

Учёный секретарь
диссертационного совета 24.2.379.11
д.т.н., доцент

10.04.2026



В. В. Сергеев

В. А. Зеленский