



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

**Заключение диссертационного совета МГУ.013.6
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук**

Решение диссертационного совета от 25 ноября 2025 года № 11

О присуждении Давыдову Денису Андреевичу, гражданину Российской Федерации 1995 года рождения, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Анализ содержания и пространственной локализации воды и липидов в коже методом спектроскопии диффузного отражения с пространственным разрешением» по специальности 1.3.6. Оптика принята к защите 7 октября 2025 года, протокол № 8, диссертационным советом МГУ.013.6.

С 1 октября 2019 года по 30 сентября 2023 года обучался в очной аспирантуре на кафедре квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению 03.06.01. Физика и астрономия.

В период обучения в аспирантуре соискатель не был трудоустроен. С 2024 года и по настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории клинической биофотоники Института регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Диссертация выполнена в лаборатории лазерной биофотоники кафедры квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук, профессор **Фадеев Виктор Владимирович**, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра квантовой электроники, профессор;

доктор физико-математических наук **Ширшин Евгений Александрович**, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра квантовой электроники, доцент.

Официальные оппоненты:

доктор химических наук, профессор **Горин Дмитрий Александрович**, Сколковский институт науки и технологий, Центр фотоники и квантовых технологий, профессор;

доктор технических наук, доцент **Дунаев Андрей Валерьевич**, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Научно-технологический центр биомедицинской фотоники, ведущий научный сотрудник;

кандидат физико-математических наук **Турчин Илья Викторович**, Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова–Грехова Российской академии наук (ИПФ РАН), отдел радиофизических методов в медицине, заведующий отделом, —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области биофотоники и биомедицинской оптики и имеют публикации по тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, из них 5 по теме диссертации, в том числе 5 научных публикаций в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.6. Оптика. Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

A1. Якимов Б.П., **Давыдов Д.А.**, Фадеев В.В., Будылин Г.С., Ширшин Е.А. *Сравнительный анализ методов количественного определения содержания воды в коже по данным спектроскопии диффузного отражения* // Квантовая электроника, 2020, Т. 50, № 1, С. 41–46. Импакт фактор 1,041 (РИНЦ). EDN: YHAJ CZ. Общий объем статьи = 0,625 п.л., личный вклад = 0,5 п.л.

Переводная версия: Yakimov B.P., **Davydov D.A.**, Fadeev V.V., Budylin G.S., Shirshin E.A. *Comparative analysis of the methods for quantitative determination of water content in skin from diffuse reflectance spectroscopy data* // Quantum Electronics, 2020, Vol. 50, No. 1, P. 41–46. Импакт-фактор 1,194 (JIF). EDN: YSYLSE. Общий объем статьи = 0,625 п.л., личный вклад = 0,5 п.л.

A2. Budylin G.S., **Davydov D.A.**, Zlobina N.V., Baev A.V., Artyushenko V.G., Yakimov B.P., Shirshin E.A. *In vivo sensing of cutaneous edema: A comparative study of diffuse reflectance, Raman spectroscopy and multispectral imaging* // Journal of Biophotonics, 2022, Vol. 15, No. 1, P. e202100268. Импакт-фактор 3,39 (JIF). EDN: BNTPIX. Общий объем статьи = 1,563 п.л., личный вклад = 1,4 п.л.

A3. **Davydov D.A.**, Budylin G.S., Baev A.V., Vaypan D.V., Seredenina E.M., Matskeplishvili S.T., Evlashin S.A., Kamalov A.A., Shirshin E.A. *Monitoring the skin structure during edema in vivo with spatially resolved diffuse reflectance spectroscopy* // Journal of Biomedical Optics, 2023, Vol. 28, No. 5, P. 057002. Импакт-фактор 3,0 (JIF). EDN: OUXDUB. Общий объем статьи = 0,625 п.л., личный вклад = 0,5 п.л.

A4. Shirshin E., Yakimov B., **Davydov D.**, Baev A., Budylin G., Fadeev N., Kopytina D., Urusova L., Pachuashvili N., Vasyukova O., Mokrysheva N. *Body composition analysis via spatially resolved NIR spectroscopy with multifrequency bioimpedance precision* // Analytical Methods, 2024, Vol. 16, No. 2, P. 175–178. Импакт-фактор 2,7 (JIF). EDN: RBYQBI. Общий объем статьи = 0,375 п.л., личный вклад = 0,3 п.л.

A5. **Davydov D.A.**, Budylin G.S., Baev A.V., Vaipan D.V., Seredenina E.M., Kamalov A.A., Shirshin E.A. *Skin dehydration monitoring with optical spectroscopy allows assessment of water content in the organism: Thermal and physical loads, diuretic therapy* // Journal of Biophotonics, 2025, Vol. 18, No. 6, P. e202300509. Импакт-фактор 3,39 (JIF). EDN: DWRUYQ. Общий объем статьи = 1,0 п.л., личный вклад = 0,8 п.л.

На автореферат диссертации поступило 3 отзыва, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработан метод определения содержания воды и липидов в коже человека, а также толщин слоев кожи, основанного на спектроскопии диффузного отражения с пространственным разрешением. На основе экспериментальных данных спектроскопии диффузного отражения с пространственным разрешением, а также данных моделирования распространения света в коже, полученных с помощью метода Монте-Карло, была разработана модель кожи, описывающая ее оптические свойства в ближнем инфракрасном диапазоне и решена обратная задача по определению концентрации воды в коже и толщин слоев кожи. Исследована взаимосвязь между изменениями общего уровня воды в организме человека и изменениями содержания воды в коже, измеренного с помощью разработанного автором метода. Кроме того, по данным спектроскопии диффузного отражения кожи была построена модель по оценке общего уровня содержания воды, липидов и безжировой массы тела.

Результаты диссертации могут быть использованы в образовательной и научно-исследовательской деятельности МГУ имени М.В. Ломоносова, а также других высших учебных заведений и научных центров, включая Сеченовский Университет, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Сколтех и Институт прикладной физики РАН, осуществляющих подготовку специалистов и проведение исследований, в том числе в областях биофотоники и оптики распространения света в биотканях. На основе выполненных исследований разработан метод мониторинга и диагностики отека синдрома, имеющий практическую значимость для медицинских учреждений, включая университетскую клинику Медицинского научно-образовательного института МГУ имени М.В. Ломоносова. Применение разработанной методики обеспечивает возможность дистанционной коррекции диуретической терапии и способствует снижению нагрузки на стационарные отделения медицинских организаций.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Амплитуда полосы поглощения молекул липидов в ближней ИК области спектра (930 нм) в среднем в 4 раза превышает амплитуду полосы поглощения белков (910 нм) при их одинаковой массовой концентрации в связи с большим числом С-Н связей на молекулу в случае липидов, в результате чего детектирование амплитуды поглощения белков в коже методом спектроскопии диффузного отражения возможно только при расстоянии между источником и детектором, на порядок превышающим толщину слоя гиподермы.

2. Спектроскопия диффузного отражения в ближнем ИК с пространственным разрешением по величинам локальных максимумов поглощения воды 970 нм и липидов 930 нм, измеренных на расстояниях между источником и детектором в диапазоне от 0 до 10 мм, позволяет определять толщины слоев кожи – дермы и гиподермы – *in vivo* с погрешностями 0.1 мм и 0.6 мм, соответственно, при изменении толщины дермы от 0.8 до 1.6 мм и гиподермы от 0.5 до 4.0 мм.

3. Изменение амплитуды полосы поглощения воды на 970 нм на 10% при расстоянии между источником и детектором, равным 5 мм, соответствует изменению содержания во-

ды в организме на ~1% от массы тела, что доказывает возможность использования спектроскопии диффузного отражения для количественной оценки степени дегидратации организма.

4. Модель на основе линейной регрессии, использующая в качестве входных параметров амплитуды локальных максимумов поглощения воды (970 нм) и липидов (930 нм), измеренных на расстояниях между источником и детектором в диапазоне от 0 до 15 мм, позволяет определять массовое содержание липидов и безжировой массы организма человека со среднеквадратической погрешностью 3.5% и 3.3%, соответственно.

На заседании 25 ноября 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Давыдову Денису Андреевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **15** человек, из них **7** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **22** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **15**, «против» — **нет**, недействительных бюллетеней — **нет**.

Председатель
диссертационного совета МГУ.013.6
доктор физико-математических наук,
профессор

Салецкий Александр Михайлович

Учёный секретарь
диссертационного совета МГУ.013.6
доктор физико-математических наук,
доцент

Косарева Ольга Григорьевна

Дата оформления заключения: 25 ноября 2025 года.