

Заключение диссертационного совета МГУ.01.13
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от 29 июня 2022 г. № 14.

О присуждении Якимову Борису Павловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Лазерная флуоресцентная спектроскопия эндогенных гетерогенных систем флуорофоров в коже и её применение для биомедицинской диагностики» по специальности 01.04.21 — «Лазерная физика» принята к защите диссертационным советом 12 мая 2022 г., протокол № 9.

Соискатель Якимов Борис Павлович, 1994 года рождения, в 2017 году окончил физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика» со специализацией «Квантовая электроника». В 2021 году окончил очную аспирантуру Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Лазерная физика».

С 2021 года по настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника на кафедре квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научные руководители — доктор физико-математических наук, профессор, Фадеев Виктор Владимирович, профессор кафедры квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова; кандидат физико-математических наук Ширшин Евгений Александрович, старший научный сотрудник кафедры квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

- 1) доктор физико-математических наук, профессор, Чикишев Андрей Юрьевич, профессор кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;
- 2) доктор физико-математических наук Яценко Алексей Михайлович, ведущий научный сотрудник Центра фотоники и фотонных технологий, Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»;
- 3) кандидат физико-математических наук Братченко Иван Алексеевич, доцент кафедры лазерных и биотехнических систем, ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» — дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 6 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 01.04.21. Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. Oxidation of individual aromatic species gives rise to humic-like optical properties/ **Yakimov B. P.**, Rubekina A. A., Zhrebker A. Ya., Budylin G. S., Kompanets V.O., Chekalin S. V., Vainer Yu. G., Hasan A. A., Nikolaev E. N., Fadeev V. V., Perminova I.V., Shirshin E.A.//Environmental Science & Technology Letters — 2022. 9(5), 452–458 (**IF = 7.653**)
2. On-off transition and ultrafast decay of amino acid luminescence driven by modulation of supramolecular packing./ Arnon, Z. A., Kreiser, T., **Yakimov, B. P.**, Brown, N., Aizen, R.,

- Shaham-Niv, S., Pandeewar, M., Qaisrani, M., Poli, E., Ruggiero, A., Slutsky, I., Hasanali, A., Shirshin E., Levy, D., Gazit, E. // iScience - (2021), 24(7), 102695. (IF = 5.458)
3. The oxidation-induced autofluorescence hypothesis: red edge excitation and implications for metabolic imaging / Semenov A. N., **Yakimov B. P.**, Rubekina A. A., Gorin D. A., Drachev V. P., Zarubin M. P., Fadeev V. V., Shirshin E. A. // Molecules – 2020, 25(8), 1863. (IF = 4.411)
 4. Melanin distribution from the dermal–epidermal junction to the stratum corneum: non-invasive in vivo assessment by fluorescence and Raman microspectroscopy. / **Yakimov, B. P.**, Shirshin, E. A., Schleusener, J., Allenova, A. S., Fadeev, V. V., & Darvin, M. E. // Scientific reports - 2020 10(1), 1-13. (IF = 4.379)
 5. Blind source separation of molecular components of the human skin in vivo: non-negative matrix factorization of Raman microspectroscopy data/ **Yakimov, B. P.**, Venets, A. V., Schleusener, J., Fadeev, V. V., Lademann, J., Shirshin, E. A., & Darvin, M. E. // Analyst - 2021, 146(10), 3185-3196. (IF = 4.616)
 6. Melanin diagnostics with nonlinear optics: a mini-review/ Shirshin, E. A., **Yakimov, B. P.**, Budylin, G. S., Buyankin, K. E., Armaganov, A. G., Fadeev, V. V., & Kamalov, A. A. // Quantum Electronics – 2022. 52(1), 28. (IF = 1.022)

На автореферат диссертации поступил 1 положительный отзыв.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области лазерной физики и спектроскопии, а также взаимодействия излучения с веществом и имеют публикации по схожей тематике. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

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 содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний. Исследованы особенности формирования флуоресцентных свойств эндогенных гетерогенных систем флуорофоров кожи. Продemonстрировано наличие сверхбыстрой компоненты затухания флуоресцентного отклика в кинетике затухания флуоресценции таких систем при возбуждении в видимой области спектра, показана взаимосвязь данной сверхбыстрой компоненты с процессами ориентационной релаксации молекул растворителя. Оценена роль электронного взаимодействия в формировании флуоресцентных свойств гетерогенных систем флуорофоров на примере меланина, продуктов окисления и гликирования белков. Показана возможность использования отличительных свойств флуоресцентного отклика гетерогенных систем – характерного короткого среднего времени затухания и флуоресцентного отклика, возбуждаемого в ближнем инфракрасном диапазоне – для диагностики гетерогенных систем в биологических тканях

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М. В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов. Полученные результаты имеют большое значения для применения методов лазерной флуоресцентной спектроскопии в решении задач биомедицинской диагностики. Разработанные методы диагностики меланина являются значимыми в контексте применения неинвазивной оптической диагностики патологических процессов с участием меланина, а так же других гетерогенных систем флуорофоров.

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. Показано, что

1. В кинетике затухания флуоресценции эндогенных гетерогенных систем флуорофоров (меланина, продуктов окисления аминокислот и гликирования белков), детектируемой с помощью лазерной фемтосекундной спектроскопии, присутствует сверхбыстрая компонента со временем ~ 1 пс на всех длинах волн эмиссии, не свойственная эндогенным молекулам-флуорофорам кожи. Данная компонента связана с возбуждением сигнала флуоресценции набора спектрально различающихся флуорофоров гетерогенной системы, для которых имеет место сверхбыстрая ориентационная релаксация молекул растворителя после возбуждения.

2. Кинетика анизотропии и релаксации флуоресценции гетерогенных систем флуорофоров на масштабе времён от 150 фс до 1 нс после возбуждения описывается моделью невзаимодействующих флуорофоров.

3. Лазерная конфокальная микроспектроскопия позволяет селективно отклик эндогенных гетерогенных систем флуорофоров в коже по времени затухания двухфотонно возбуждаемой флуоресценции и наличию однофотонно возбуждаемого флуоресцентного отклика в красной и ближней инфракрасной области спектра, не наблюдающегося у эндогенных молекул-флуорофоров кожи.

4. Положение максимума эмиссии инфракрасной флуоресценции меланина, детектируемой с помощью лазерной конфокальной микроспектроскопии комбинационного рассеяния в коже *in vivo*, связано с особенностями молекулярной структуры меланина, проявляющимися в спектре его комбинационного рассеяния.

На заседании 29 июня 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Якимову Борису Павловичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **17** человек, из них **6** докторов наук по специальности 01.04.21 – «лазерная физика» (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из **25** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **17**, «против» — **0**, недействительных голосов — **0**.

Председатель
диссертационного совета МГУ.01.13
доктор физико-математических наук,
профессор

Андреев Анатолий Васильевич

Учёный секретарь
диссертационного совета МГУ.01.13
кандидат физико-математических наук

Коновко Андрей Андреевич

Дата оформления заключения: 29 мая 2022 г.