

БИОФОТОНИКА

В июньском выпуске журнала „Оптика и спектроскопия“ рубрика „Биофотоника“ посвящена исследованиям в области взаимодействия оптического излучения с биологическими тканями и клетками, а также применения лазерных и оптических технологий в биологии и медицине. Статьи подготовлены авторскими коллективами, представляющими различные организации, включая ведущие институты Российской академии наук и университеты Москвы, Санкт-Петербурга, Саратова, Орла, Самары, Томска и др. Это свидетельствует о большом интересе, проявляемом к проблемам рассматриваемой области оптики в России и во всем мире. Работы затрагивают различные аспекты современной биофотоники:

- фундаментальные и прикладные проблемы взаимодействия электромагнитного излучения с биологическими молекулами и тканями, эффекты упругого, неупругого и динамического рассеяния света, нелинейной конверсии света в тканях;
- современные лазерные и оптические технологии в медицинской диагностике, терапии и хирургии, включая мультимодальные подходы;
- оптические методы в онкологии, кардиологии, дерматологии, офтальмологии, гинекологии, стоматологии и регенеративной медицине;
- воздействие электромагнитного излучения на биологические ткани и дозиметрия оптического излучения.

Широкий спектр охватываемых тем обусловлен стремительным развитием в последние годы новых оптических методов диагностики и терапии заболеваний, методов исследования биологических сред и структур и изучения влияния на них оптического излучения. В работах специальной секции широко освещаются различные аспекты интерферометрии и флуоресцентной спектроскопии, фотодинамической и фототермической терапии, конфокальной лазерной сканирующей микроскопии, вопросы использования спектроскопии комбинационного рассеяния и инфракрасной спектроскопии для анализа физических свойств биологических тканей и организмов и происходящих в них процессов. Представленные работы являются междисциплинарными, авторы применяют комбинированные методы исследования, рассматривают одновременно физические, химические, медицинские, биологические и инженерные аспекты в рамках решения поставленных задач. Это отражает современные тенденции научных исследований в рассматриваемой области знаний [1,2].

В настоящее время методы иммерсионного оптического просветления привлекают особый интерес научного сообщества, позволяя значительно повышать глубину зондирования биологических тканей *ex vivo* и *in vivo* электромагнитным излучением различных длин волн от УФ до миллиметрового диапазона [3,4]. Это находит свое отражение в использовании новых подходов в фундаментальных исследованиях и усовершенствовании методов визуализации и диагностики.

Достигнутые за последние десятилетия успехи в области биомедицинских приложений терагерцовой оптоэлектроники [5,6] поставили новые вопросы, связанные с исследованием эффектов взаимодействия терагерцового излучения с клетками, тканями и организмом в целом, включая определение безопасных доз терагерцового излучения. Открытым остается вопрос использования данного излучения в терапевтических целях. Постоянно совершенствуются методы терагерцовой спектроскопии и визуализации с использованием современных источников непрерывного и импульсного излучения, что открывает новые возможности в медицинской диагностике, фармацевтике, контроле состояния биотканей. Отдельного внимания заслуживает оценка возможности повышения глубины проникновения терагерцового излучения в биологические среды. Из-за сильного поглощения воды, содержащейся в биотканях, типичная глубина проникновения терагерцовых волн составляет несколько десятков или сотен микрометров (в зависимости от частоты излучения и типа тканей), являясь одним из ключевых факторов, сдерживающих внедрение терагерцовых технологий в клиническую практику.

В последние годы стремительно развиваются методы машинного обучения, которые уже успешно применяются для решения задач биофотоники, в частности для создания и тестирования моделей и фантомов биологических сред, дифференциации тканей в задачах диагностики и др. [7,8].

Проблема ранней неинвазивной, малоинвазивной и интраоперационной диагностики новообразований (как злокачественных, так и доброкачественных) различной локализации и нозологии заслуживает отдельного внимания [9]. Разрабатываемые в настоящее время оптические методы спектроскопии и визуализации тканей позволяют достичь значительного прогресса в ее решении.

Большинство представленных в специальной секции работ были доложены на VII ежегодном Международном симпозиуме по оптике и биофотонике, посвященном 110-летней годовщине Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, и ежегодной Международной междисциплинарной школе для молодых ученых и студентов по оптике, лазерной физике и биофотонике, проходивших в Саратове с 23 по 27 сентября 2019 г. (Saratov Fall Meeting 2019) [10]. Симпозиум традиционно собирает ведущих представителей

российских и зарубежных научных групп, работающих над решением задач биофотоники, а также знакомит с ними молодых исследователей и студентов в рамках проведения научно-образовательных курсов лекций, поддержанных международными оптическими обществами OSA и SPIE.

Редакторы данной секции надеются, что материалы опубликованных работ будут интересны широкому кругу читателей журнала Оптика и спектроскопия.

Работа редакторов И.Н. Долгановой (ИФТТ РАН) и К.И. Зайцева (ИОФ РАН) по подготовке специальной секции поддержана грантом Российского научного фонда (РНФ) № 19-79-10212. Работа В.В. Тучина была поддержана грантами РФФИ № 18-52-16025 НЦНИЛ_a и № 18-29-02060 МК.

Список литературы

- [1] Тучин В.В. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике, 2-е издание, М.: Физматлит, 2012. 811 с.; Tuchin V.V. Tissue Optics: Light Scattering Methods and Instruments for Medical Diagnostics, Third Edition. Bellingham, Washington: SPIE Press, 2015.
- [2] Smolyanskaya O.A., Lazareva E.N., Nalegaev S.S., Petrov N.V., Zaytsev K.I., Timoshina P.A., Tuchina D.K., Toropova Ya.G., Korniyushin O.V., Babenko A.Yu., Guillet J.-P., Tuchin V.V. // Biochemistry (Moscow). 2019. V. 84. P. 124–143. doi 10.1134/S0006297919140086
- [3] Bashkatov A.N., Berezin K.V., Dvoretzkiy K.N., Chernavina M.L., Genina E.A., Genin V.D., Kochubey V.I., Lazareva E.N., Pravdin A.B., Shvachkina M.E., Timoshina P.A., Tuchina D.K., Yakovlev D.D., Yakovlev D.A., Yanina I.Yu., Zhernovaya O.S., Tuchin V.V. // J. Biomedical Optics. 2018. V. 23. N 9. P. 091416. doi 10.1117/1.JBO.23.9.091416
- [4] Costantini I., Cicchi R., Silvestri L., Vanzi F., Pavone F.S. // Biomedical Optics Express. 2019. V. 10. N 10. P. 5251–5267. doi 10.1364/BOE.10.005251
- [5] Smolyanskaya O.A., Chernomyrdin N.V., Konovko A.A., Zaytsev K.I., Ozheredov I.A., Cherkasova O.P., Nazarov M.M., Guillet J.-P., Kozlov S.A., Kistenev Yu.V., Coutaz J.-L., Mounaix P., Vaks V.L., Son J.-H., Cheon H., Wallace V.P., Feldman Yu., Popov I., Yaroslavsky A.N., Shkurinov A.P., Tuchin V.V. // Progress in Quantum Electronics. 2018. V. 62. P. 1–77. doi 10.1016/j.pquantelec.2018.10.001
- [6] Zaytsev K.I., Dolganova I.N., Chernomyrdin N.V., Katyba G.M., Gavdush A.A., Cherkasova O.P., Komandin G.A., Shchedrina M.A., Khodan A.N., Ponomarev D.S., Reshetov I.V., Karasik V.E., Skorobogatyy M., Kurlov V.N., Tuchin V.V. // J. Optics. 2020. V. 22 N 1. P. 013001. doi 10.1088/2040-8986/ab4dc3
- [7] Di Giovanna A.P., Tibo A., Silvestri L., Müllenbroich M.C., Costantini I., Allegra Mascaro A.L., Sacconi L., Frasconi P., Pavone F.S. // Sci. Rep. 2018. V. 8. N 1. P. 12573. doi 10.1038/s41598-018-30533-3
- [8] Kistenev Y.V., Karapuzikov A.I., Kostyukova N.Y., Starikova M.K., Boyko A.A., Bukreeva E.B., Bulanova A.A., Kolker D.B., Kuzmin D.A., Zenov K.G., Karapuzikov A.A. // J. Biomed. Opt. 2015. V. 20. N 6. P. 065001.
- [9] Zaytsev K.I., Kudrin K.G., Karasik V.E., Reshetov I.V., Yurchenko S.O. // Appl. Phys. Lett. 2015. V. 106. P. 053702. doi 10.1063/1.4907350
- [10] Электронный ресурс. Режим доступа:
<https://www.sgu.ru/structure/fiz/saratov-fall-meeting>

Н.В. Черномырдин chernik-a@yandex.ru
Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

К.И. Зайцев kirzay@gmail.com
Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

И.Н. Долганова in.dolganova@gmail.com
Институт физики твердого тела РАН,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

П.С. Тимашев timashev.peter@gmail.com
Институт регенеративной медицины,
Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова

В.В. Тучин tuchinvv@mail.ru
Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского,
Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Институт проблем точной механики и управления РАН