

**ПРОБЛЕМЫ ФОТОНИКИ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ****Приборы и технологии биофотоники  
в задачах медицинской диагностики**

Д.А.Рогаткин

Стандартными диагностическими процедурами, предшествующими началу лечения, цель которых – выявить заболевание, понять его этиологию и патофизиологические особенности у конкретного пациента, являются анализ крови, рентгеновские снимки и т. п. Как правило, значительная часть этих исследований выполняется оптическими методами. Поскольку мягкие биологические ткани являются светорассеивающими средами, пропускающими свет внутрь, оптические методы позволяют также исследовать ткани внутри организма, не нарушая их целостности (неинвазивно, *in vivo*, *in situ*). В основном именно эти технологии относятся сегодня к технологиям оптической биомедицинской диагностики, или диагностической биофотоники [1], однако в лабораторной диагностике оптические технологии пока явно преобладают (микроскопия, спектрофотометрия, люминесцентный анализ и т. д.). Но и неинвазивные оптические методы сегодня уже хорошо известны. Прежде всего это лазерные томографические методы [2]: оптическая когерентная томография (ОКТ), оптико-акустическая томография и др., нацеленные на получение изображений внутренней структуры тканей. Методы ОКТ, в частности, являются уже стандартными для офтальмологии при обследовании сетчатки глаза и ее сосудистых патологий. Еще одно важное направление – это неинвазивная медицинская спектрофотометрия (НМС) [3, 4]. Она основана на использовании фотометрических и оптических спектроскопических методов (абсорбционная, доплеровская, рамановская, флуоресцентная и др. спектроскопии) для оценки биохимического состава тканей и его динамики во времени, в том числе для оценки микрогемодинамики. В последнее время НМС часто именуют молекулярной диагностикой, подчеркивая тем самым, что с ее помощью определяется содержание каких-либо биологических молекул в зоне обследования [4]. Развиваются и технологии, сочетающие в себе томографические и НМС-методы [5].

К сожалению, значительная часть перечисленных методов и приборов все еще находится в стадии экспериментальных разработок и внедрений. Путь на рынок для них долгий и трудный [6]. Если приборы служат для измерения каких-либо параметров, они должны иметь еще и соответствующее метрологическое обеспечение, должны быть аттестованы как средство измерения [7]. Одной из проблем здесь является создание вычислительных алгоритмов для таких систем, подавляющее большинство которых работает по принципу решения обратных задач

оптики светорассеивающих сред [8, 9]. Однако алгоритмы решения таких задач не стандартизованы, их методические погрешности изучены слабо. Как следствие, результаты диагностики часто оказываются слабо воспроизводимыми, методико- и приборнозависимыми. Серьезной проблемой является доказательство эффективности использования этих систем и отработка алгоритмов их применения в клинической практике. Чтобы технология была признана в медицине, необходима доказательная база, основанная на участии в исследованиях не 20–25 пациентов, как это зачастую бывает в научных публикациях, а как минимум 1000 (лучше 10000) испытуемых. Причем необходим набор групп пациентов с учетом пола, возраста, возможных сочетаний заболеваний у каждого из них, а для приборов раннего выявления заболеваний – еще и прослеживаемость результатов диагностики этих групп в течение трех-пяти лет. Все это очень длительный и дорогостоящий процесс. Но если не выполнить все исследования должным образом на стадии разработки, специфичность и чувствительность метода могут оказаться недостаточными для практического применения, особенно на фоне других заболеваний. Так в свое время случилось с технологией лазерной доплеровской флоуметрии.

Журнал «Квантовая электроника» периодически публикует тематические подборки по применению лазеров в медицине. Однако значительная доля представляемых в них статей касается методов лечения или фундаментальных исследований оптических свойств биотканей. Настоящая подборка посвящена ряду актуальных направлений по разработке приборов для диагностической биофотоники. Статьи представлены научными группами из ведущих учреждений страны (ИПФ РАН, ИОФ РАН, ФИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН и др.), цель которых – создание приборного и методического обеспечения для диагностики. Безусловно, публикуемые здесь статьи не охватывают всего спектра работ в нашей стране по этому направлению, но отражают некоторые передовые подходы, идеи и технологии, которые могут быть интересны широкому кругу читателей.

1. Tuchin V.V. (Ed.) *Handbook of Optical Biomedical Diagnostics* (Bellingham: SPIE Press, 2016).
2. Drexler W., Liu M., Kumar A., et al. *J. Biomed. Opt.*, **19** (7), 071412 (2014).
3. Rogatkin D.A. *Biomed. Eng.*, **37** (4), 217 (2003).
4. Yun H., Kwok S.J. *J. Nature Biomed. Eng.*, **1**, 0008 (2017).
5. Kim J., Brown W., et al. *Phys. Med. Biol.*, **60**, R211 (2015).
6. Wilson B., Jermyn M., Leblond F. *J. Biomed. Opt.*, **23** (3), 030901 (2018).
7. Rogatkin D.A., Lapaeva L.G., Dunaev F.V. *Biomed. Eng.*, **44** (2), 66 (2010).
8. Rogatkin D.A. *Biomed. Eng.*, **38** (2), 61 (2004).
9. Arridge S.R., Schotland J.C. *Inverse Probl.*, **25**, 123010 (2009).

Д.А.Рогаткин. Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф.Владимирского, Россия, 129110 Москва, ул. Щепкина, 61/2; e-mail: d.rogatkin@monikiweb.ru

Поступила в редакцию 15 марта 2021 г.