

*Т. И. Авсиевич\**

## **РАЗРАБОТКА ФАНТОМОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ И ПРОВЕРКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ТОМОГРАФОВ**

Взаимодействие света с биомедицинскими объектами и биотканями характеризуется явлениями поглощения, отражения, рассеивания, переизлучения. Данные процессы несут информацию о микро- и макроструктуре биологической среды, о свойствах ее компонентов, а также о происходящих в ней биохимических изменениях.

Таким образом, оптика биотканей – одна из наиболее интенсивно развивающихся областей, находящая применение в физике, биологии и медицине, где оптические технологии применяются для исследования, а также диагностики и лечения различного типа патологий.

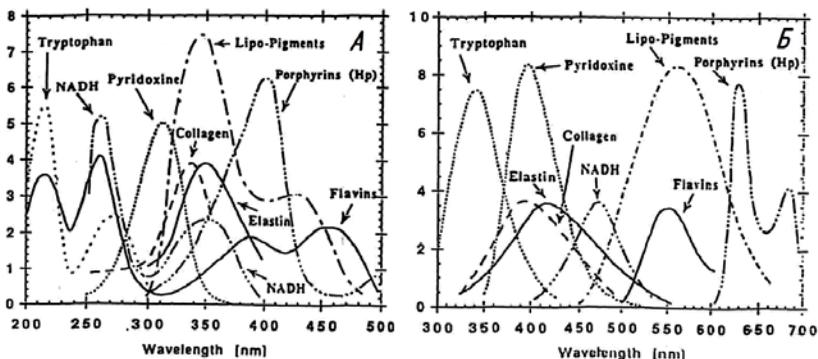
Использование низкоинтенсивного излучения видимого и ближних ИК диапазонов не нарушает целостности и нормального протекания физиологических процессов в живом объекте, следовательно, являясь неинвазивными, оптические методы представляют интерес со стороны медицины в качестве точных методов диагностики.

Способность живых организмов, с одной стороны, поглощать видимое и инфракрасное излучение (380...740 нм), а с другой – эффективно его рассеивать, ставит новые задачи в методах исследования сильно рассеивающих сред. Следовательно, новые методы заключаются в правильном выборе анализируемых спектральных свойств исследуемого объекта и способах построения трехмерных изображений на основе зависимостей оптических характеристик от проходящего излучения.

Биоткань содержит большое число природных флуорофоров (рис. 1), которые имеют различные спектральные области поглощения и флуоресценции, различные квантовые выходы флуоресценции, различные времена затухания флуоресценции. Некоторые из них имеют близкие и перекрывающиеся области поглощения и флуоресценции, в результате чего выходящее из ткани излучение флуоресценции имеет сложный спектральный состав.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. физ.-мат. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С. Г. Проскурина.



**Рис. 1. Спектры поглощения и флуоресценции основных флуорофоров биотканей [1]**

Наибольший вклад в общую флуоресценцию биоткани вносят так называемые эндогенные флуорофоры, самыми значимыми из которых являются аминокислоты (тирозин, триптофан), коллаген, эластин, кератин, протопорфирин IX (РРІХ) и эндогенные хромофоры, имеющие интенсивные полосы поглощения в видимом диапазоне – меланин, гемоглобин.

Использование в исследовании реальных образцов тканей существенно затруднено ввиду различия спектров и интенсивности флуоресценции. Различия наблюдаются между самими пациентами, ввиду физиологических особенностей каждого из них, а также на различных участках одного и того же органа. Поэтому недостаток такого подхода состоит в необходимости накопления больших объемов экспериментальных данных, и, кроме того, каждое спектральное измерение должно сопровождаться забором образца в месте оптического зондирования с последующими гистологическими и гистохимическими исследованиями, что сопряжено с большими затратами труда и времени. Обойти данную проблему возможно с использованием оптических фантомов биоткани, которые служат материальной моделью спектрально-оптических свойств реального объекта. При этом в фантоме можно моделировать (воспроизводить) пространственную структуру, а также состав и локализацию флуорофоров и хромофоров реальной ткани. Имея дело с фантомами, исследователь может производить произвольное, независимое изменение структурных параметров и концентрации компонентов моделируемой ткани, отслеживая при этом изменения в спектрах флуоресценции и поглощения объекта.

В исследовании, в первую очередь эпителия, ввиду распространения исследования методами оптической томографии именно этого ти-

па ткани, является разделением компонентных вкладов во флуоресцентный сигнал от многокомпонентной смеси сложных многоатомных молекул. Для этого необходимо провести сопоставление результатов экспериментальных исследований с модельными, включающими в себя математическое моделирование распространения света в среде, представляющей собой физическую модель биоткани.

Заделом в данной области является разработка и исследование фантомов на основе эпоксидной смолы, с добавлением пигмента и наночастиц  $\text{TiO}_2$  (оксид титана) для моделирования оптических свойств (поглощения и рассеяния) биотканей. На основе проведенных исследований выявлена возможность использования поздно пришедших фотонов, диффузно прошедших сквозь рассеивающий фантом, для диагностики методами оптической томографии [2].

Можно выделить три основных этапа создания фантома эпителиальной ткани, на каждом из которых решается ряд определенных задач:

1. Исследование оптических характеристик (показатель поглощения –  $\mu_a$ , рассеяния –  $\mu_s$ , флуоресценции и анизотропии) эндогенных флуорохромов эпителия, а также их композитов. Проведение спектрального разложения данных флуоресцентных исследований для соответствующих биообъектов с целью количественного восстановления вкладов эндогенных флуорофоров в суммарные спектры свечения. Подбор аналогов исследуемых веществ, или композитов, обладающих схожими спектроскопическими свойствами.

2. Создание фантома эпителия и его тестирование. Используемыми материалами для построения фантома могут быть поливинилхлорид, эпоксидная смола и силикон. Для придания фантому оптических свойств биологического материала, могут добавляться рассеивающие и поглощающие частицы (пигменты, оксид титана). Создаваемые фантомы деформируемы, что позволяет управлять оптическими характеристиками в зависимости от механического воздействия. Симуляция патологий в полученном фантоме.

3. Создание виртуальных моделей биологических тканей для моделирования миграции фотонов в них. Разработка аналитической модели, основанное на уравнении теории переноса излучения, а также методах его решения (теория Кубелки-Мунка, метод сферических гармоник, диффузное приближение), с использованием вероятностного метода Монте-Карло.

Для давно зарекомендованных методов томографии, таких как компьютерная (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), рынок калибровочного оборудования достаточно развит, однако в основном представлен зарубежными производителями. Стремительно разви-

вающиеся методы оптической томографии (когерентная, диффузионная, доплеровская), благодаря значительным преимуществам перед КТ и МРТ, среди которых безопасность использования, ввиду отсутствия ионизирующего излучения, возможность получения изображений тканей в режиме реального времени, относительно низкая стоимость и простота конструкции оптического томографа, в скором времени могут частично заменить существующие методики. Таким образом, не вызывает сомнения актуальность направлений, связанных с развитием методов оптимизации устройств оптической томографии. Учитывая начинающийся этап внедрения оптических томографов в медицинские учреждения, очевидна востребованность в оборудовании для контроля качества работы данного оборудования.

Реализация производства фантомов может быть осуществлена на базе приборостроительного завода ТВЕС (Тулиновка, Тамбовская обл.) или совместно с предприятием ООО «Биомедтех» (ТГТУ, Тамбов), которые тесно сотрудничают с кафедрой биомедицинской техники.

### Список литературы

1. *Dremin, V. V.* Assessment of the signal level during laser fluorescent diagnostics by the Monte-Carlo method / V. V. Dremin, E. A. Zherebtsov, A. V. Dunaev // Информационные технологии в науке, образовании и производстве – 2012 : сб. тр. – Орел : Госуниверситет УНПК, 2012.
2. *Проскурин, С. Г.* Использование поздно пришедших фотонов для диффузионной оптической томографии биологических объектов / С. Г. Проскурин // Квантовая электроника. – 2011. – № 41(5). – С. 402 – 406.

*Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*