

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИСТРИРУЕМЫХ СИГНАЛОВ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ

В.В. Дрёмин

(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орёл)

Научный руководитель – к.т.н, доцент А.В. Дунаев

(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орёл)

В течение многих лет методы биофотоники используются во всем мире для диагностики и лечения различных заболеваний. Их роль особенно важна для исследований разнообразных форм рака, например, таких как рак мочевого пузыря (РМП), который является одним из десяти наиболее распространенных видов рака во всем мире. Для обнаружения и диагностики РМП в настоящее время как золотой стандарт используют комбинацию цистоскопии и цитологического исследования мочи. Белый свет цистоскопии используется для визуального обнаружения подозрительных участков, которые затем подлежат резекции. Этот метод позволяет оператору/хирургу непосредственно обследовать ткани, однако, он обладает низкой чувствительностью.

Альтернативные методы обнаружения РМП основываются на использовании светочувствительных агентов, таких как 5-аминолевулиновая кислота (5-АЛК) или гексаминолевулинат (ГАЛ), преимущественно накапливающихся в опухолевых тканях. В процессе, известном как фотодинамическая диагностика (ФДД), эти молекулы стимулируются синим светом для получения флуоресценции в красной области спектра. Этот метод обеспечивает значительное увеличение чувствительности обнаружения опухолей, однако, связан с дополнительным дискомфортом пациента в виде введения токсичных контрастных веществ. Кроме того, вышеназванные методы не предоставляют прямых доказательств каких-либо молекулярных изменений в тканях.

Последние достижения в области биофотоники (улучшение качества источников и приемников оптического излучения) открывают потенциально новые возможности для диагностики РМП за счет обнаружения и количественного определения флуоресценции эндогенных биомаркеров без применения люминесцентных красителей. Многочисленные эндогенные молекулы естественно флуоресцируют при возбуждении их соответствующей длиной волны света. Поэтому анализ автофлуоресцентных спектров при различных длинах волн возбуждения может дать ценную информацию о процессах, происходящих в ткани. Однако, качественные результаты флуоресцентной спектроскопии (ФС) в огромной степени зависят от правильного толкования процессов взаимодействия между светом и тканью. В сложных мутных системах анализ не так прост. Такие процессы, как рассеяние и неспецифическое поглощение как падающего, так и излучаемого света, часто экранируют сигналы, получаемые из ткани.

Целью данного исследования явилась разработка оптической 3D-модели, позволяющей изучить распространение света в широком диапазоне длин волн через ткани мочевого пузыря. Был использован обширный обзор литературы для вычисления поглощения и рассеяния излучения тканями мочевого пузыря, а также для задания свойств флуоресценции рассматриваемых биомаркеров (NADH и коллаген). Модель представляет собой двухслойную структуру, имитирующую слизистую оболочку (толщина 200 мкм) и мышечный слой (2000 мкм). Источник установлен на расстоянии 1 мм от детектора (диаметр 0,06 мм) для имитации основных конструктивных параметров (базы измерений) неинвазивного комплекса с ФС-каналом «ЛАКК-М» (ООО НПП «ЛАЗМА»), на котором дополнительно проводились экспериментальные исследования на ткани мочевого пузыря свиньи (при 2-х линиях возбуждения флуоресценции – 365 и 450 нм соответственно). Численное моделирование осуществлялось путем использования методики Монте-Карло, главной идеей которой является учет

явлений поглощения и рассеяния на всем оптическом пути фотона через непрозрачную среду. В качестве инструмента моделирования были использованы новые возможности программной среды TracePro (Lambda Research Corporation), предназначенной для анализа распространения света в оптико-механических системах.

Получена хорошая согласованность модельного и экспериментального спектров флуоресценции. Стоит отметить, что в модификацию вида реального экспериментального спектра могут вносить вклад и другие различные хромофоры-поглозаторы. Однако, можно сделать вывод, что форма экспериментально полученного спектра флуоресценции в тканях мочевого пузыря во многом зависит от флуоресценции NADH и коллагена.

Таким образом, предложенная модель может быть использована для прямого сравнения с данными ФС *in vivo* для определения клинической ценности исследований. Также она позволяет моделировать влияние прогрессирования РМП на оптические свойства ткани, обеспечивая диагностические критерии, по которым следует исследовать опухоли и проводить их классификацию.

Автор

В.В. Дрёмин

Научный руководитель

А.В. Дунаев

Заведующий кафедрой «ПМиС»

К.В. Подмастерьев