

УДК 535.34, 535.36

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ТИТАНСОДЕРЖАЩЕГО ОПТОТЕРМИЧЕСКОГО ВОЛОКОННОГО КОНВЕРТЕРА НА ЕГО ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

До Тхань Тунг (Университет ИТМО), Семяшкина Ю. В. (Университет ИТМО)  
Научный руководитель - д.ф.-м.н., проф. Беликов А. В.  
(Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург)

Использование кварцевого волокна с титансодержащим оптотермическим волоконным конвертером (ТОТВК) перспективно для лечения варикозных вен методом эндовенозной лазерной коагуляции (ЭВЛК). Целью работы является изучение на основе теории рассеяния Ми изменения оптических параметров ТОТВК при изменении его микроструктуры. Разработана оптическая модель ЭВЛК и ТОТВК. Рассчитана эффективность поглощения титансодержащим оптотермическим волоконным конвертером лазерной энергии с длинами волн 980 нм и 1470 нм, традиционно используемыми для ЭВЛК. Проведено оптическое многомерное моделирование процесса ЭВЛК. Поглощение лазерной энергии конвертером может быть более 80 %. Обсуждены оптимальные для ЭВЛК диапазоны параметров микроструктуры ТОТВК.

**Введение.** В настоящее время, эндовенозная лазерная коагуляция (ЭВЛК) представляет собой современный перспективный метод лечения варикозного расширения вен, при котором волокно вводится в вену через прокол, и в результате воздействия лазерного излучения во время движения волокна, варикозная вена коагулируется и разрушается. При этом для эффективного преобразования лазерного излучения в тепло на дистальном конце оптического волокна размещаются различные конвертеры. ТОТВК очень эффективно преобразует лазерное излучение в тепло. ТОТВК имеет сферическую форму с гладкой поверхностью, что позволяет легко и без повреждений помещать кварцевое волокно с этим конвертером внутрь кровеносных сосудов. К сожалению, корреляция между микроструктурой ТОТВК и его оптическими параметрами, а также влияние микроструктуры конвертера на поглощение им лазерного излучения с традиционными для ЭВЛК длинами волн 980 нм и 1470 нм, в кровеносном сосуде до сих пор не изучались.

**Основная часть.** Микроструктура ТОТВК обусловлена присутствием в кремнеземной среде (кварце) сфер диоксида титана постоянного диаметра 1.2 мкм. Теория рассеяния Ми была применена к ТОТВК для расчета его оптических параметров. Описана объемная доля сфер диоксида титана в среде ( $k$ ), характеризующая изменения микроскопической структуры ТОТВК. Были проведены исследования зависимости показателя преломления, коэффициента поглощения, коэффициента рассеяния и фактора анизотропии ТОТВК от объемной доли  $k$  и диаметра ТОТВК ( $d$ ). Исследовано влияние  $k$  в диапазоне от 0 до 0.52 для длин волн лазера 980 нм и 1470 нм. Результаты сопоставлены с известными значениями оптических параметров кварца (при  $k = 0$ ). Разработана трехмерная имитационная модель процесса ЭВЛК с использованием ТОТВК в кровеносных сосудах. Заданы лазерные источники с длинами волн 980 нм и 1470 нм, а также система фокусирующих линз и ТОТВК. Проведен анализ литературных данных и получены необходимые для моделирования физические параметры элементов модели. Рассчитана эффективность поглощения лазерного излучения, проходящего через ТОТВК и пространственное распределение лазерного излучения на стенке кровеносного сосуда. Для различных микроструктур ТОТВК определен коэффициент поглощения ТОТВК на длинах волн 980 нм и 1470 нм. Найдены оптимальные микроструктуры ТОТВК для достижения поглощением величины более 80 %.

**Выводы.** Оптические параметры ТОТВК для длин волн 980 нм и 1470 нм значительно изменяются по мере изменения его микроструктуры. Коэффициент поглощения излучения ТОТВК увеличивается с увеличением объемной доли  $k$  диоксида титана в ТОТВК. Возможные

оптимальные для ЭВЛК микроструктуры ТОТВК для длин волн 980 нм и 1470 нм имеют  $k = 0.22 - 0.52$  и  $d > 0.68$  мм, поскольку именно для этих характеристик ТОТВК наблюдается достаточно высокая эффективность поглощения конвертером лазерного излучения с этими длинами волн. Результаты настоящего исследования будут использованы при последующем теплофизическом моделировании лазерного нагрева варикозной вены и могут быть полезны при разработке новых лазерных устройств для ЭВЛК.

До Т.Т. (автор)

Подпись

Семьяшкина Ю. В. (автор)

Подпись

Беликов А. В. (научный руководитель)

Подпись