

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ КАВИТАЦИОННЫХ ПУЗЫРЕЙ С ФАНТОМАМИ КАТАРАКТАЛЬНОГО ХРУСТАЛИКА

Кириленко Я.Д. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н. Смирнов С.Н. (Университет ИТМО)

Введение. В настоящее время лазерное излучение широко применяется в хирургии для проведения малоинвазивных операций, например, лазерной экстракции катаракты (ЛЭК). В ходе таких операций, при обработке биоткани, находящейся в жидкой среде, лазерным излучением, в ряде случаев происходит возбуждение гидроакустических процессов, таких как генерация ударных и термоупругих волн давления, а также кавитационных пузырей в жидкости, являющихся источником перепадов давления. Такие процессы являются источником дополнительных повреждений биоткани, сопутствующих тепловым. Так, при лазерной экстракции катаракты, эффективность процесса может значительно возрасти за счет деструктивного воздействия кавитационных пузырей на биоткань хрусталика глаза [1]. Степень повреждения биотканей при коллапсе вблизи них кавитационных пузырей определяется формой пузырей, их объёмом и механическими свойствами биоткани. Для экспериментального исследования влияния на биоткань гидроакустических процессов, протекающих при ее лазерной обработке, применяют фантомы, имитирующие механические свойства реальных тканей. Фантомы состоят из доступных недорогостоящих компонентов и могут быть легко приготовлены. Актуальной задачей является создание фантомов, имитирующих хрусталик с различной стадией катаракты и уточнение механизма разрушения хрусталиков с различными механическими свойствами под действием излучения лазера на иттербий-эрбиевом стекле, который предлагается в качестве замены излучателя комплекса для ЛЭК "Ракот" [2,3]. Лучшее понимание механизма разрушения хрусталиков с различной степенью катаракты позволит подобрать наиболее эффективный и безопасный режим работы лазера для проведения операции.

Основная часть. На основе литературных данных [4] изготавливаются фантомы катарактального хрусталика, обладающие модулем упругости, соответствующим различным степеням катаракты [5]. Модуль упругости готовых фантомов контролируется при помощи стенда, схожего с прибором из работы [6]. Деструктивное воздействие возбуждаемых микросекундными импульсами излучения Yb:Er:Glass-лазера кавитационных пузырей на фантом хрусталика исследуется для различных модулей упругости фантома и расстояний между центром полости и поверхностью фантома методом визуализации при помощи высокоскоростной съемки и регистрации акустического сигнала посредством гидрофона.

Выводы. Проведен анализ деформации поверхности фантомов различной упругости в зависимости от взаимного расположения торца оптического волокна для доставки излучения и поверхности фантома, а также от энергии лазерного импульса. Установлена зависимость степени разрушения фантома хрусталика от его упругости при непрямом (т.е. кавитационном) воздействии серией лазерных импульсов. Исследован акустический сигнал, сопровождающий взаимодействие лазерно-индуцированных кавитационных пузырей с фантомами хрусталика.

Список использованных источников:

1. Смирнов С.Н. Лазерная гидроакустическая обработка хрусталика глаза микросекундными импульсами излучения лазера на иттербий-эрбиевом стекле : Дис. ... канд. тех. наук: 05.27.03 / С.Н. Смирнов. — СПб., 2018. — 147 с.
2. Беликов А.В., Смирнов С.Н., Копаев С.Ю., Немсицверидзе М.Н., Батов Ю.Н., Губин А.Б., Пирожков Ю.Б. Использование пакетов микросекундных импульсов лазерного

излучения с длиной волны 1.54 мкм для разрушения катаракты // Квантовая электроника. – 2021. – Т. 51. – № 1. – С. 2–7.

3. Беликов А.В., Смирнов С.Н., Батов Ю.Н., Губин А.Б., Пирожков Ю.Б., Бойко Э.В., Немсицверидзе М.Н. In vitro исследование экстракции катаракты лазерным излучением с $\lambda = 1.54$ мкм в виде пакетов микросекундных импульсов // Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – № 1. – С. 69–77.

4. Ed-Daoui. Elasticity and conformational structure of pure and modified agaroses gel / A., Benelmostafa, M., Dahmani, M. et al // Polym. Bull. – 2022. – 79. – 11119–11137.

5. Тишкова, А.С. Исследование структуры и механических свойств капсулы и ядра хрусталика у больных возрастной и диабетической катарактами / А.С. Тишкова, В.А. Галанжа, А.Ф. Ципящук, А.Б. Бучарская, Г.Н. Маслякова, А.М. Буров, А.В. Скрипаль // Офтальмология. – 2013. – Т. 10. – № 3. – С. 26–32.

6. Egorov, V. Soft tissue elastometer / , Tsyuryupa, S., Kanilo, S.P., Kogit, M.L., Sarvazyan, A.P. // Medical engineering & physics. – 2008. – 30 2. – 206-12.

Кириленко Я.Д. (автор)

Подпись

Смирнов С.Н. (научный руководитель)

Подпись