

# МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ, ОБЛУЧАЕМЫХ ЛАЗЕРОМ

А.С. Аникина

Челябинский государственный университет, Челябинск

Челябинский государственный институт лазерной хирургии, Челябинск

Воздействие лазерного излучения на биологическую ткань неразрывно связано с тепловым эффектом воздействия, который может являться как основным, так и сопровождающим. Это обуславливает необходимость построения модели расчета температурного поля в ткани при взаимодействии с лазерным излучением.

В настоящей работе представляется программный комплекс для расчета температурного распределения в биологической ткани, облучаемой лазерным излучением. Моделирование осуществляется в два этапа: первый этап представляет моделирование методом Монте-Карло радиационных полей лазерного излучения в биологических тканях; второй – реализацию метода конечных элементов для решения нестационарного уравнения теплопроводности с граничными условиями, описывающими взаимодействие биоткани с окружающей средой, и источниками тепла, отвечающими лазерному облучению, пространственное распределение которых вычислено на предыдущем этапе.

Представляемый программный комплекс для расчета радиационных и температурных полей в биологической ткани позволяет:

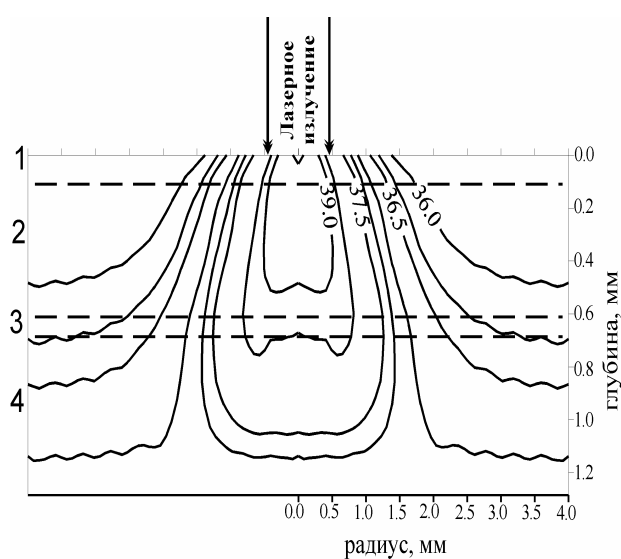
- исследовать пространственное радиационное распределение лазерного излучения;
- проследивать эволюционные изменения температурных полей в двумерных осесимметричных объектах, облучаемых осесимметричным лазерным пучком,
- осуществлять удобный ввод и хранение данных, графический просмотр рассчитанных радиационных и температурных распределений.

В качестве результатов моделирования на рисунке представлено температурное поле для четырехслойной модели кожи, облучаемой пучком гелий-неонового лазера (0,633 мкм) гауссова профиля через 5 сек после включения

лазера. Мощность лазера – 0,025 Вт, режим излучения – непрерывный, радиус пучка (на котором интенсивность излучения уменьшается в  $e$  раз)  $r=0,5$  мм. Необходимые параметры для слоев приведены в таблице (Ю.Н. Щербаков и др., Оптика и спектроскопия, 1994, т. 76, с. 845)

Слой	Коэффициент теплопроводности, $10^{-3}$ Вт/см·К	Толщина слоя, мм	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Удельная теплоемкость, Дж/(г·К)
1. Эпидермис	2,66	0,065	1,6	3,7
2. Дерма	4,98	0,565	1,0	3,2
3. Кровь	5,30	0,09	1,0	3,6
4. Дерма	4,98	0,565	1,0	3,2

Граничные условия были выбраны исходя из следующих условий облучения: радиус расчетной цилиндрической области  $R \gg r$ , температура окружающей среды 34 °С, на глубине 1,2 мм температура стабилизируется на уровне 37° С, на наружной поверхности кожи происходит конвективный теплообмен с окружающей средой (коэффициент теплоотдачи  $0,04$  Вт/см<sup>2</sup>·К), начальная температура кожи 37 °С.



Изотермы в коже, облучаемой лазером.

## RESUME

A light-transport model is coupled with a heat-transport model for calculation of radiation and temperature fields in the tissue under laser irradiation is presented. The distribution of absorbed energy in the biological tissue is calculated by the Monte-Carlo method. The corresponding temperature distribution is calculated by a numerical solution of the heat-transfer equation by the finite element method in cylindrical two-dimensional geometry. Temporal and spatial variations of temperature in different homogeneous and heterogeneous tissues are studied.

Научный руководитель: доктор физ.-мат. наук, профессор Лаппа А.В.