

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ, ОБЛУЧАЕМЫХ ЛАЗЕРОМ

А.С. Аникина, А.В. Лаппа

Челябинский государственный институт  
лазерной хирургии

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.

Мы исходили из нестационарного уравнения теплопроводности с граничными условиями, описывающими взаимодействие биоткани с окружающей средой, и источниками тепла, отвечающими лазерному облучению. В качестве численного метода использовался метод конечных элементов. Область разбивалась на конечное число осесимметричных тороидальных элементов с треугольным меридиональным сечением. Предполагался непрерывный контакт соседних элементов. Основными неизвестными задачи являлись значения температуры в узлах.

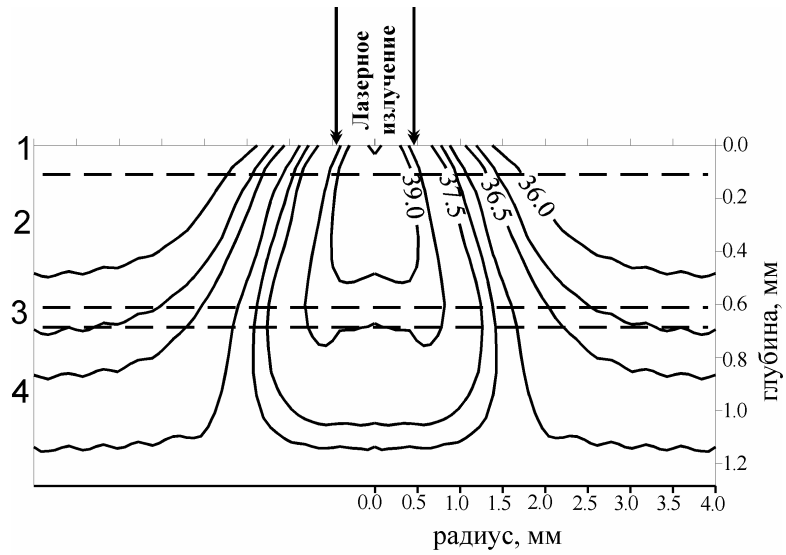
Созданный программный комплекс для расчета температурных полей биологической ткани позволяет:

- проследить эволюционные изменения температурных полей в двумерных осесимметричных объектах, облучаемых осесимметричным лазерным пучком,
- моделировать непрерывный и импульсный режимы облучения объекта,
- исследовать влияние различных теплофизических параметров объекта и граничных условий на распределение температурных полей.

В качестве примера на рисунке представлены численные результаты 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 (взяты из статьи Ю.Н. Щербакова 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  $34\text{ }^\circ\text{C}$ , на глубине  $1,2\text{ мм}$  температура стабилизируется на уровне  $37\text{ }^\circ\text{C}$ , на наружной поверхности кожи происходит конвективный теплообмен с окружающей средой (коэффициент теплоотдачи  $0,04\text{ Вт/см}^2\cdot\text{К}$ ), начальная температура кожи  $37\text{ }^\circ\text{C}$ .



Изотермы в коже, облучаемой лазером ( $^\circ\text{C}$ ).