

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕЙ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ

В.А. Камалов, А.Е. Потапов, А.В. Лаппа
Челябинский государственный институт
лазерной хирургии
Челябинский государственный университет

При использовании лазера в медицине (диагностика, терапия, хирургия) возникает задача определения полей излучения в области воздействия лазера. Для численного решения подобных задач обычно используются модели переноса излучения в различных приближениях (диффузионная модель, многопоточковая модель и т.д.). Мы использовали наиболее точную модель – кинетическую, основанную на уравнении переноса излучения. Наиболее развитым и точным методом решения этого уравнения является метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Преимущество метода Монте-Карло перед другими методами решения задач теории переноса излучения состоит в том, что данный метод применим для сред произвольной конфигурации и с любыми граничными условиями. Используя этот метод, можно рассчитывать различные характеристики поля излучения, в частности, полную освещенность, распределение интенсивности отраженного и прошедшего излучения и др.

На основе кинетической модели создан монте-карловский программный комплекс, позволяющий рассчитывать пространственные и угловые распределения интенсивности лазерного излучения в гетерогенной двумерной осесимметричной среде, интенсивность отраженного и прошедшего излучения, дозы. Каждая фаза среды характеризуется набором параметров: коэффициентом рассеяния k_s , коэффициентом поглощения k_a , индикатрисой рассеяния, показателем преломления n . В качестве индикатрисы рассеяния используется функция Хени-Гринштейна, определяемая единственным параметром (анизотропии) – средним косинусом угла рассеяния g .

Для расчета характеристик поля излучения используется широкий набор монте-карловских оценок, включая известную (в нейтронной физике) “локальную оценку”, позволяющую точно оценивать поля излучения в областях их быстрого изменения.

Программа прошла необходимое тестирование. В частности, получено полное согласие в тестовых расчетах с известной программой MCML (L.Wang et al., “Monte Carlo modeling of light transport in multi-layered tissues in standard C”, University of Texas, M. D. Anderson Cancer Center, 1992).

С помощью данного комплекса проведен сравнительный анализ действия лазеров двух различных длин волн (1064 нм и 800 нм) на печень крысы. В расчетах использовались оптические параметры, приведенные в таблице (C.Wai-Fung et al., IEEE J. Quantum Electron. 26, 2166-2185, 1990). На рисунках представлены рассчитанные радиальное распределение интенсивности прошедшего излучения на глубине 1 мм и распределение полной освещенности по глубине на оси пучка соответственно. Профиль пучка – прямоугольный,

мощность – 1 Вт, радиус пучка – 0,3 мм. Анализ показывает, что излучения данных длин волн имеют примерно одинаковую проникающую способность в рассматриваемой биологической ткани.

Оптические параметры печени крысы.

Длина волны, мкм	N	k_a , 1/см	k_s , 1/см	g
1,064	1,45	5,9	60,9	0,92
0,800	1,45	5,7	97,0	0,94

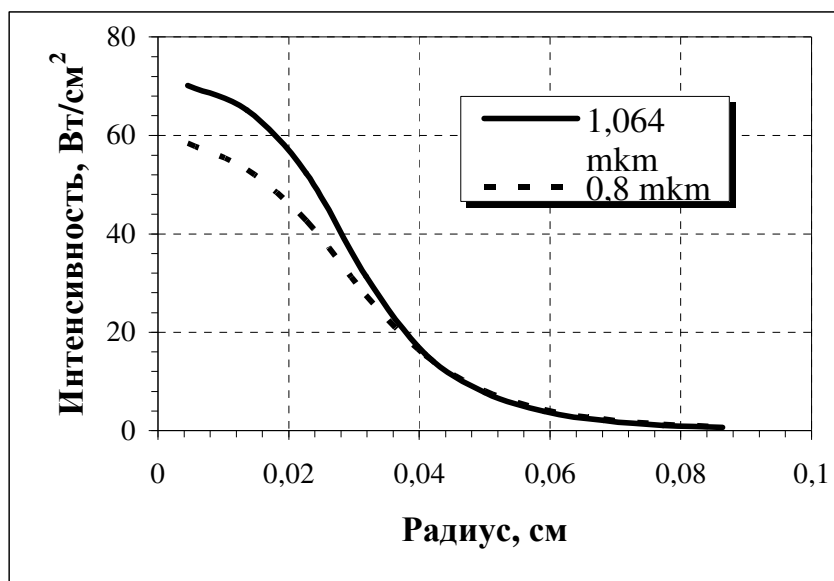


Рис.1 Радиальное распределение интенсивности излучения в печени крысы на глубине 1мм.

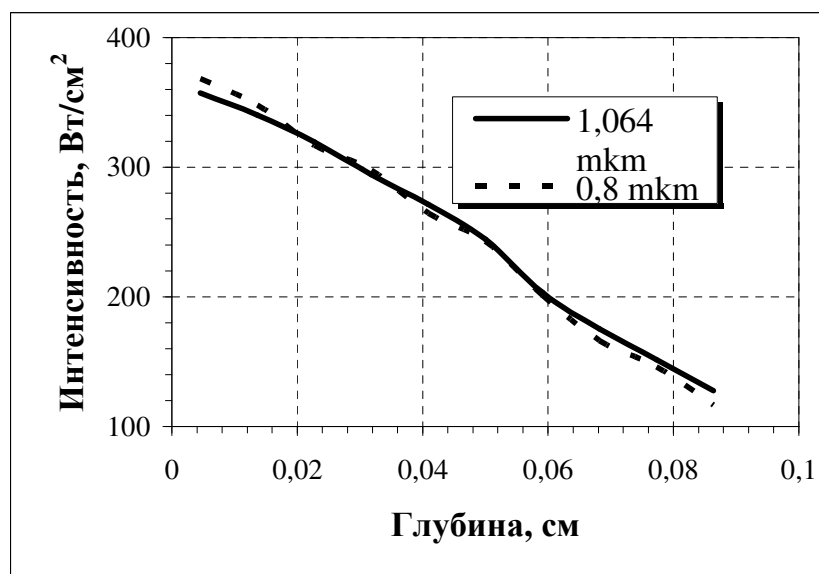


Рис.2 Распределение по глубине интенсивности излучения в печени крысы на оси пучка.