

Рисунок 3 – Зависимость средних значений коллимированного пропускания и отражения от времени просветления для четырехслойной модельной ткани

Отсутствие коллимированного пропускания и не большие значения диффузного рассеивания вперед обусловлены тем, что излучение не проходит последний слой.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о возможности применения метода пространственной фотометрии [8, 9] для определения степени просветления ткани, а также степени увеличения глубины проникновения.

#### Литература

- Генина Э.А. Оптическое просветление черепной кости многокомпонентными иммерсионными растворами и визуализация церебрального венозного кровотока / Генина Э.А., Башкатов А.Н., Семякина-Глушкова О.В., Тучин В.В. // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Физика. – 2017. – № 17(2). – С. 98–110.
- Jhao-Ming Yu. Design for source-and-detector configuration of a ring-scanning-based near-infrared optical imaging system / Jhao-Ming Yu, Min-Cheng

Pan, Min-Chun Pan. // Optical Engineering. – 2014. – № 53. – С. 011002–1

3. A.N. Bashkatov Measurement of tissue optical properties in the context of tissue optical clearing / A.N. Bashkatov, Kirill V. Berezin, Konstantin N. Dvoretzkiy, Valery V. Tuchin, J. // Biomed. Opt. – 2018. – № 23(9). – С. 091416.

4. Генина Э.А. Управление оптическими свойствами биологических тканей : дис. докт. физ.-мат. наук : 03.01.02 / Генина Э.А. – Саратов, 2017. – 388 с.

5. Безугла Н.В. Вплив осевої анізотропії розсіяння біологічних середовищ на точність визначення оптичних коефіцієнтів методом Монте-Карло / Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, Г.С. Тимчик, К.П. Вонсевич // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2015, № 1 (99). – С. 85–91

6. Bezuglyi M. On the Possibility of Ellipsoidal Photometry and Monte Carlo Simulation to Spatial Analysis of Biological Media / Bezuglyi M., Bezuglaya N., Viruchenko A. // IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). – 2017. – С. 321–324.

7. И.В. Меглинский Квантовая электроника / И.В. Меглинский, А.Н. Башкатов, Э.А. Генина, Д.Ю. Чурмаков, В.В. Тучин / 2002 – № 10(32). – С. 875–882.

8. Безугла Н.В. Просторова фотометрія біологічних середовищ / Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, Г.С. Тимчик, В.А. Шаргородський // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології – 2015. – № 2(30). – С. 40–49.

9. Безугла Н.В. Осьова анізотропія розсіявання біологічних середовищ / Н.В. Безугла // «Приладобудування: стан і перспективи»: тези доповіді. – К. : Політехніка, 2015. – С. 156–157.

УДК 535.2:616.71

### ОПТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАТОЛОГИЧЕСКИ ИЗМЕНЁННЫХ ТКАНЕЙ МЕТОДОМ ЗЕРКАЛЬНЫХ ЭЛЛИпсоИДОВ ВРАЩЕНИЯ

Воронков Р.О., Безуглый М.А.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

Широко известно, что биологические ткани вследствие оптической неоднородности, избирательно влияют на падающее и проникающее в них лазерное излучение. При этом одной из характеристик, которые определяют степень прямого или обратного распространения излучения в биологической среде, является объемное рассеяние. В свою очередь основным источником рассеяния света в биологических тканях (БТ) является различие в значениях показателей преломления их компонент, т. е. между митохондриями, ядром, другими компонентами и цитоплазмой клеток; или же внутритканевой жидко-

стью и структурными элементами соединительной (фиброзной) ткани (коллагеновыми и эластиновыми волокнами) [1]. Следует отметить, что данные структурные элементы (их размеры, количество, а иногда и присутствие) определяют степень нормального или патологического функционирования органа, в состав ткани которого они входят. Потому очевидным является тот факт, что изменения в этих структурных элементах повлекут изменения в характере рассеяния света, которое для точности диагностики необходимо зарегистрировать с минимальными потерями и обработать.

С позиций обработки и количественной оценки наиболее применимыми считаются оптические свойства БТ, такие как коэффициенты рассеяния и поглощения, фактор анизотропии рассеяния, а также показатель преломления. Их получение возможно путем решения обратной задачи теории переноса излучения (ТПИ), например, в рамках прямого и инверсного методов Монте Карло (МК). Метод МК используется при решении основного уравнения ТПИ практически с любой необходимой точностью, при условии, что обеспечена необходимая вычислительная способность. Метод МК считается «золотым стандартом» среди методов биофотоники, так как именно он применяется в качестве сравнительного эталона для менее вычислительно-затратных технологий (диффузионное приближение, потоковые модели, метод добавления-удвоения и др.). Функциональные и точностные преимущества метода Монте-Карло определили его широкое применение в оптике БТ для решения как прямых, так и обратных задач [2].

Повышение удельного количества зарегистрированного света, рассеянного в прямом и обратном направлении в образце БТ успешно решено при использовании фотометрических средств с зеркальными эллипсоидами вращения в качестве приемно-интегрирующей системы [3, 4]. При этом технология изготовления таких средств тоже достаточно хорошо апробирована, а контроль формы поверхности, и, как следствие, качества функционирования эллипсоидальных рефлекторов разработан [5, 6].

В данной работе произведен численный эксперимент по распространению оптического коллимированного излучения в системе «эллипсоидальный рефлектор + биологическая ткань» в случае нормы и патологических изменений последней. Модель предусматривала изменение толщины исследуемой ткани в интервале, минимальное значение которого соответствует 1-2 актам рассеивания, а максимальное – определяет анатомическую возможность получения реального образца.

При симуляции МК была выбрана ткань яичника в здоровом и патологическом состоянии, оптические свойства которой определены для длины волны лазерного излучения 457 нм: коэффициент рассеивания и поглощения в раковом состоянии равен  $276 \text{ см}^{-1}$  и  $6.3 \text{ см}^{-1}$  соответственно, фактор анизотропии рассеяния  $g = 0,82$ . В случае со здоровой тканью коэффициент рассеивания и поглощения составлял  $172 \text{ см}^{-1}$  и  $6,6 \text{ см}^{-1}$  соответственно, а фактор анизотропии рассеяния  $0,83$  [7, 8]. Показатель преломления в обоих случаях усреднялся и был равен 1,4.

В результате были получены типичные [3] фотометрические изображения в прошедшем и

отраженном свете, обработка которых была произведена по аналогии с [4].

На рис. 1 и рис. 2 представлены графики зависимости освещенности внешнего и среднего колец фотометрических изображений от толщины образца в отраженном (рис. 1) и прошедшем (рис. 2) свете. Следует заметить, что приведенные результаты являются характеристичными и получены при симуляции МК движения 20 млн фотонов в фотометрической системе по результатам одного запуска. Как отмечалось в [3, 4], достаточным для адекватности результатов является запуск симуляции не менее чем 10 раз, что повлечет сглаживание и однозначность кривых с одновременным увеличением времени расчета. Этот процесс будет произведен и представлен в последующих работах авторов.

Анализ полученных данных позволяет заметить существенное отличие в освещенности, создаваемой на фотоприёмной площадке ПЗС приемника как в отражённом, так и в прошедшем свете, для ткани в норме и с патологическими изменениями. Особенно четко это проявляется при толщинах образцов 0,005–0,05 см.

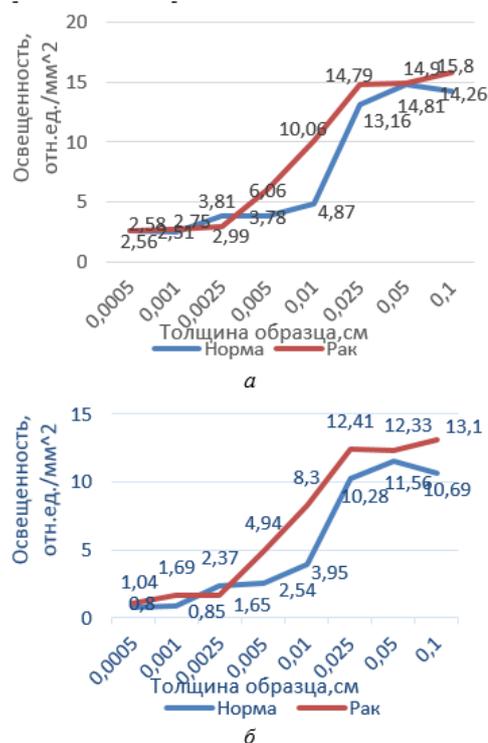


Рисунок 1 – Освещенность внешнего (а) и среднего (б) колец для нормальной и патологически измененной ткани яичника в отраженном свете

Таким образом, оптическая идентификация состояния тканей и сред организма человека с использованием фотометров с эллипсоидальными рефлекторами вполне может считаться диагностически ценной.

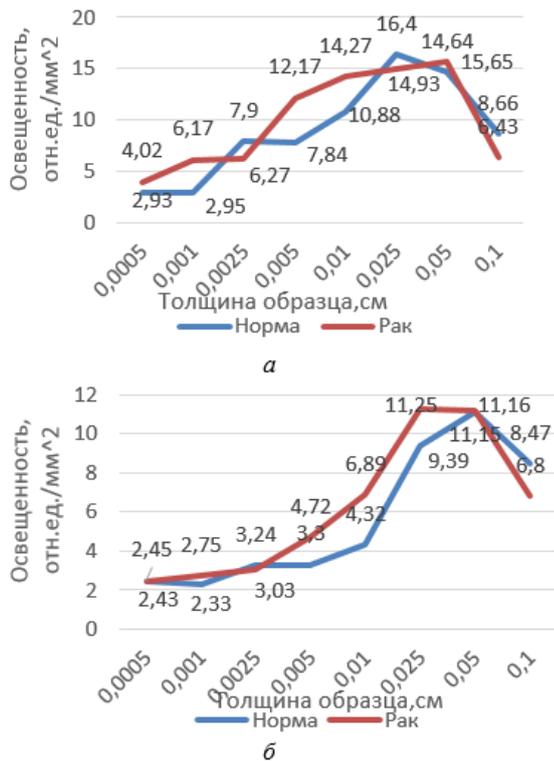


Рисунок 2 – Освещенность внешнего (а) и среднего (б) колец для нормальной и патологически измененной ткани яичника в прошедшем свете

Данная работа описывает процесс моделирования и требует дальнейшей проработки с внедрением реальных образцов БТ в состояниях, что характеризуют норму и патологию. При этом и количество итераций, и шаг моделирования должны быть увеличены. Использование данного метода позволит с большей вероятностью и доступностью определить степень развития патологии и состояние пациента.

УДК 620-6

## УСТРОЙСТВО ОЦЕНКИ ОСТРОТЫ ОСТРИЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ ИГЛ Киселев М.Г., Мониц С.Г., Березняк В.Д.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

**Иглы хирургические востребованы во всех областях хирургии.** Они предназначены для сшивания тканей при хирургических операциях.

Хирургическая игла является обязательным инструментом при наложении швов. Для выполнения высокоточных действий по проведению нитей через ткани к хирургическим иглам предъявляются следующие требования [1-3]:

- максимальная прочность при минимальной толщине;
- противодействие деформации;
- длительное сохранение механических свойств без развития «усталости» металла;
- отсутствие тенденции к излому;

## Литература

1. Симоненко В.В. Оптические свойства биологических тканей / В.В. Симоненко, Г.В. Тучин, 2007. – 48 с.
2. Сетейкин А.Ю. Применение метода Монте-Карло для задач биофотоники: Изд-во АМГУ / Сетейкин А.Ю., 2014. – 68 с.
3. М.А. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, I.V. Helich, «Ray tracing in ellipsoidal reflectors for optical biometry of media», Appl Opt., no. 56 (30), pp. 8520–8526, 2017.
4. М.А. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, S. Kostuk, «Influence of laser beam profile on light scattering by human skin during photometry by ellipsoidal reflectors», Devices and Methods of Measurements. 9(1):56-65, 2018.
5. Безуглий М.О. Особливості виготовлення еліпсоїдальних рефлекторів фотометрів / М.О. Безуглий, І.І. Синявський, Н.В. Безугла, А.Г. Козловський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2016. – № 2 (52). – С. 76–81. [На українском].
6. Безуглий М.О. Контроль форми еліпсоїдальних рефлекторів біомедичних фотометрів / М.О. Безуглий, Лінючева О.В., Безугла Н.В., Бик М.В., Костюк С.А // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2017, № 1 (53). – С. 62–69. [На українском].
7. Alterations of the extracellular matrix in ovarian cancer studied by Second Harmonic Generation imaging microscopy / O.Nadiarnykh, R.B. LaComb, M.A. Brewer, P.J. Campagnola // BMC Cancer. – 2010.
8. LaComb R.B. Quantitative Second Harmonic Generation Imaging of the Diseased State Osteogenesis Imperfecta: Experiment and Simulation / R.B. LaComb, O. Nadiarnykh, P.J. Campagnola // Biophysical Journal. – 2008. – V. 94. – Pp. 4504–4514.

- стабильность положения в иглодержателе;
- исключение разрушения шовного материала (перетирания нити, ее расслоения, разрыва);
- незначительное повреждение тканей при проведении иглы;
- устойчивость к коррозии;
- простота стерилизации;
- технологичность изготовления при низкой себестоимости [4].

Их классифицируют на иглы хирургические, которые применяют для сшивания с помощью иглодержателя, и иглы лигатурные (рисунок 1).

В зависимости от формы поперечного сечения хирургические иглы бывают круглыми