

Кузь В.І.

аспірант,

*Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя*

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ОПТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БІОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Отримати аналітичне рівняння розв'язку розповсюдження оптичного опромінення в біологічному середовищі складно, оскільки будь-яке живе біологічне середовище являє собою складно-побудовану структуру, яку практично, важко вирахувати та описати всі параметри, які визначають взаємодію біооб'єкта з випромінюванням. Одним з шляхів представлення проходження опромінення є теорія дифузії, коли припускається, що фотони, які розповсюджуються в біологічному середовищі, можуть поглинатись і розсіюватись майже рівномірно в усіх напрямках.

Для потоку фотонів в однорідному середовищі може бути записане рівняння дифузії:

$$\Delta^2 \psi(\vec{r}) - \frac{\mu_a}{D} \cdot \psi(\vec{r}) = -\frac{S(\vec{r})}{D} \quad (1)$$

Одним із прикладів неоднорідного живого середовища є шкіра людини, яка містить різноманітні елементи, такі, як кровоносні судини, в яких відбувається постійний рух крові. Все це надає складності для вивчення процесів, які відбуваються при дії випромінювання на шкіру. Для опису цих процесів існують математичні і фізичні моделі, кожна з яких займається вирішенням окремого і конкретно визначеного завдання [1].

З поміж багатьох методів розв'язку рівняння (1), слід виділити метод Монте-Карло. Його суть полягає в тому, що по черзі простежуються «слідви» кожного фотона, що попадає в середовище аж до тих пір, поки він не поглинеться біооб'єктом, або покине межі біологічного середовища, що досліджується.

Перевагою такого підходу є можливість моделювання достатньо складної геометрії біооб'єкта, багатошаровості та неоднорідності середовища. Точність обчислень зростає з кількістю числа прорахованих «слідви» фотонів. Потрібно також взяти до уваги, що для скорочення часу та збільшення можливостей при моделюванні та розрахунку потрібне використання персональних комп'ютерів з високою продуктивністю.

В основі методу Монте-Карло лежить статичне моделювання процесів випадкових зіткнень фотонів з частинками речовини, що в свою чергу приводить до розсіяння або поглинання і де використовується велика кількість траєкторій польоту квантів опромінення. Інтенсивність випромінювання визначається кількістю польотів і траєкторіями, що проходять через визначену точку простору в певному напрямку і є квантами світлової енергії. Метод є

ефективним при слабкому розсіюванні, малій товщині та при складних граничних умовах.

Сутність методу полягає у врахування явищ розсіювання та поглинання на повному оптичному шляху фотона через неоднорідне біологічне середовище. Для розрахунку поглинання, кожному фотону присвоюється певна вага, і при проходженні через середовище, його вага поступово зменшується. Для розрахунку місця розсіювання, вибирається інший напрямок розповсюдження з врахуванням відповідності з фазовою функцією випадкового числа. Моделювання продовжується до того часу, поки фотон не вилетить з досліджуваного об'єму або його вага не досягне певної величини. Метод Монте-Карло включає в себе 5 стадій: генерація фотона, генерація траєкторії, поглинання, ліквідація, реєстрація.

Якщо, пройшовши дистанцію, фотон залишається всередині розсіювального біологічного середовища, тоді відбувається взаємодія фотона з біооб'єктом і створюється розсіювання чи поглинання, вибрана випадковим чином.

Згідно методу Монте-Карло, моделювання фотонної траєкторії являється найбільш кращим для імітації множини ефектів розсіювання в системі випадково розміщених частин. Більше того, ця схема дає можливість для наближеного підходу до описання ефекту інтерференції, спричиненого просторовими частками.

Список використаних джерел:

1. Оптическая биомедицинская диагностика. В 2 т. Т. 1 / Пер. с англ. под ред. В. Тучина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 560 с.
2. Tkachuk R.A., Kuz V.I. Study of effect of modeling biophysical light scattering in biological media // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. № 2' 2015 121-125.
3. Круковская Л.П. Ультрафиолетовое излучение – его биологическая возде́йствие, приемники: Методическое пособие. – СПб.: СПбГПУ, 2009. – 26.
4. Робулова Б.М. Опромінення шкіри людини із безперевним контролем та регулюванням параметрів процесу / Робулова Б.М., Кузь В.І., Ткачук Р.А. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – № 1(46). – 2014. – С. 145–149.
5. Photobiology: The science of life and light / Lars Olof Bjorm. – 2-nd edition. Lund: Springer. 2010. – 695 p.
6. Павлов С.В. Аналіз методів розповсюдження випромінювання в біологічних середовищах на основі застосування методу Монте-Карло / С.В. Павлов, В.П. Думенко, Т.І. Козловська // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2008. – № 2(16) – С. 139–144.