

**УДК 621.384.4**

**В.А. Андрійчук, докт. техн. наук, проф., В. Кузь**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З НЕОДНОРІДНИМ БІОЛОГІЧНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ**

**V.A. Andriychuk, Dr., Prof., V. Kuz**

### **INTERACTION OF OPTICAL RADIATION WITH HETEROGENEOUS BIOLOGICAL ENVIRONMENT**

Широкого розвитку та застосування набула світлотерапія, особливо, технологія біологічної дії ультрафіолетового випромінювання, яка передбачає опромінення визначеної області біооб'єкта й зумовлена властивістю молекул речовин, що входять до складу клітин живих організмів, поглинати кванти випромінювання та спричиняти фотохімічні реакції, які змінюють їхню структуру і функції [1-5]. Ультрафіолетове випромінювання (із всього діапазону видимого світла) характеризується вищою енергією квантів та більшою різноманітністю відповідних реакцій біооб'єкта, оскільки воно поглинається значною кількістю біохімічних компонентів клітин, різних рецепторів, шкіри, сполучної тканини тощо [2,4]. Випромінювання ультрафіолету широко застосовують у медицині для діагностики та лікування різних захворювань шкіри (екзем, псоріазу, фототерапії пухлин тощо). Лікувальна дія залежить від довжини хвилі, інтенсивності, тривалості та рівномірності опромінення.

Основна частина біологічних тканин організму людини, зокрема таких, як шкіра, є середовищем в якому розповсюдження оптичного випромінювання характеризується поглинальними, розсіювальними та частково відбивальними властивостями. Враховуючи неоднорідність біологічного середовища переважна більшість оптико-електронних систем фототерапевтичного призначення є непрогнозованими та немодульованими системами.

Оптичне випромінювання, що досягло поверхні біоматеріалу, трансформується в її глибині в об'ємний розподіл за рахунок поглинальних та розсіювальних властивостей біооб'єкта. Реальна біотканина являє собою неоднорідне середовище в якому присутне як поглинання, так і розсіювання оптичного випромінювання, тому дослідити і описати процеси, які в ній відбуваються, складно.

Математичний опис характеристик поглинання і розсіяння світла може бути проведений двома способами – за допомогою аналітичної теорії і за допомогою теорії переносу. Перша ґрунтується на рівняннях Максвелла і в принципі є найбільш фундаментальним підходом. Теорія переносу описує частинки, що мають енергію  $h\nu$  і швидкість  $c$ . Ці частинки розсіюються і поглинаються структурами в щільному середовищі такому як біотканина, і відбиваються на межі, підкоряючись закону Френеля.

Головна проблема, з якою має справу теорія переносу – визначення дифузної складової інтенсивності випромінювання, оскільки розсіювання фотонів носить випадковий характер. Тому застосовуються різні наближення, відповідно до яких домінуючим процесом ослаблення світла є або поглинання, або розсіювання. Найчастіше використовуваними є такі методи: теорія Кубелки–Мунка, дифузійне наближення і метод Монте-Карло.

Метод Монте-Карло ґрунтуються на статичному моделюванні процесу випадкових зіткнень фотонів з частинками речовини, що приводить до розсіяння чи

поглинання і знаходиться безпосередньо велика кількість траєкторій квантів. Шукана інтенсивність випромінювання визначається числом траєкторій, що проходять через дану точку простору в певному напрямку і є квантами світлової енергії. Метод є зручним при слабкому розсіянні, малих товщинах та, що особливо важливо, при складних граничних умовах.

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. Для потоку фотонів в однорідному середовищі може бути записане рівняння дифузії [3].

Суть методу Монте Карло полягає в тому, що по черзі простежуються "історії" кожного фотона, що влучає в середовище до тих пір, доки він або не буде поглинутий, або покине кордони об'єкта середовища, що досліджується. Якщо, пройшовши дистанцію, фотон залишається всередині розсіювального біологічного середовища, тоді відбувається взаємодія фотона з біооб'єктом і створюється розсіювання чи поглинання, вибрана випадковим чином.

Розподіл імовірностей подій визначається, виходячи з значень коефіцієнта поглинання, коефіцієнта відбивання та коефіцієнта анізотропії.

На основі методу Монте-Карло були досліджені параметри дифузного відбивання від біотканини, а також ряд інших оптичних параметрів. Порівняння цих параметрів з іншими результатами, отриманими з допомогою теорії дифузії, показало хорошу відповідність для умов, порівняно з умовами розповсюдження випромінювання в м'яких біотканинах.

### **Література**

1. Ткачук Р. А., Івах М. С., Кузь В. І. Моделювання динамічного опромінення для фотомедичних технологій при неперервності контролю параметрів процесу/ Ткачук Р. А., Івах М. С., Кузь В. І.//Вісник СумДУ Серія «Технічні науки»/ - 2013. № 2, с.98-105.
2. Ткачук Р. А., Яворский Б.І., Кузь В. І.Повышение информативности автоматизированных электроретинографических систем / Ткачук Р. А., Яворский Б.І., Кузь В. І.//Вісник СумДУ Серія «Технічні науки»/ - 2013. № 3, с.108-113.
3. R. A.Tkachuk, V.I. Kuz. Study of effect of modeling biophysical light scattering in biological media//measuring and computing devices in tehnological processes/ -№2.-2015. – p.121-126/
4. Андрійчук В.А. Аналітичний метод світлотехнічного розрахунку для опромінювальних пристроїв з несиметричним світловим розподілом /Андрійчук В.А., Зеленков І.А.// Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції "АВІА-2002" 23-25 квітня 2002 року, м.Київ: Національний авіаційний університет. – 2002р. – Т.2 Аерокосмічні системи моніторингу та керування, Секція: Авіоніка. - С. 23.79-23.82
5. Robulova B.M. Exposure of human skin of continuous supervision and control of process parameters / Kuz V.I Tkachuk R.A,Robulova B.M // Measuring and computing in industrial processes. - №1 (46). -2014. - P. 145-149.