

ФІЗИЧНИЙ МЕХАНІЗМ ПРОСТОРОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЛАЗЕРНОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ З БІОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Титова Наталія¹, д.т.н., проф., e-mail: tnv.titova@gmail.com

Мамирбаєв Оркен², PhD, асоційований професор, e-mail: morkenj@mail.ru

Павлов Володимир³, м.н.с., аспірант e-mail: psv@vntu.edu.ua

Никифорова Лариса⁴, д.т.н., проф., e-mail: profnikiforova@gmail.com

Айтказіна Асель⁵, аспірантка, e-mail: aitkazina.aseel@gmail.com

Національний університет «Одеська Політехніка»¹

Інститут інформаційних та комп'ютерних технологій МОН РК², Алмати, Казахстан

Вінницький національний технічний університет³

Національний університет біоресурсів і природокористування України⁴

Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі⁵

Актуальність досліджень. Довжина і частота хвилі визначають і іншу важливу характеристику електромагнітних полів: електромагнітні хвилі (коливання) переносяться частинками, які називаються квантами. Кванти хвиль більш високої частоти (і більш короткої довжини) переносять більше енергії, ніж поля більш низької частоти (з більш довгою хвилею). Деякі електромагнітні хвилі несуть таку велику кількість енергії в розрахунку на один квант, що вони здатні розірвати зв'язки, які утримують молекули між собою. В електромагнітному спектрі такою властивістю володіють гамма-промені, космічні та рентгенівські промені, що випромінюються радіоактивними речовинами.

Мета роботи: проаналізувати фізичний механізм просторової взаємодії лазерного випромінювання з біологічними об'єктами

Основні матеріали досліджень. Розглянемо деякі характеристики проникнення, поширення і поглинання електромагнітного випромінювання біоструктури, моделюючи їх суцільними середовищами з просторовим розподілом параметрів.

Глибина проникнення електромагнітного випромінювання в біологічні тканини - це відстань, на якій амплітуда електричного поля зменшується в e раз, а щільність потоку енергії - в e^2 раз. Ця величина визначається за формулою:

$$d = \lambda_0 \left[2\pi^2 \varepsilon \cdot \left((1 + tg^2 \delta)^{1/2} - 1 \right) \right]^{1/2},$$

де λ_0 – довжина хвилі в вакуумі. Експериментальна перевірка показала, що теоретична формула дає дещо занижений результат, особливо для діапазону НВЧ. Цю розбіжність пояснюють неадекватністю моделі біосередовищ як суцільного середовища.

Загальна кількість поглиненої енергії електромагнітного випромінювання та її розподіл всередині біологічного об'єкта є складною функцією електричних властивостей тканин, їх загальних геометричних розмірів і умов опромінення. Об'єктивною характеристикою енергетичного впливу або питомого потужності поглинання (ППП) є частина енергії електромагнітного випромінювання, що поглинається одиницею маси в одиницю часу.

За даними довжини хвилі для різних електромагнітних випромінювань складена єдина шкала електромагнітних хвиль, в якій займають своє місце і радіохвилі, і рентгенівські промені, і інші види випромінювань. Видимий людським оком діапазон світла зайняв на шкалі дуже вузьку ділянку в діапазоні довжин хвиль від $780 \cdot 10^{-9}$ м до $380 \cdot 10^{-9}$ м, тобто від 780 до 380 нанометрів. Зліва до ділянки видимого світла примикає ділянка ультрафіолетового (УФ) випромінювання (від 10 до 380 нм), а праворуч знаходиться ділянка інфрачервоного (ІЧ) випромінювання (від 780 нм до 1 мм).

Таблиця 1 - Діапазони оптичного випромінювання [3]

Назва випромінювання	Довжина хвилі, нм
Ультрафіолетове випромінювання типу С (УФ-С)	100...280
Ультрафіолетове випромінювання типу В (УФ-В)	280...315
Ультрафіолетове випромінювання типу А (УФ-А)	315...380
Видиме світло	380...780
Інфрачервоне випромінювання типу А (ІЧ-А)	780...1400
Інфрачервоне випромінювання типу В (ІЧ-В)	1400...3000
Інфрачервоне випромінювання типу С (ІЧ-С)	3000нм...1 мм

При поглинанні лазерного випромінювання біотканинами з різними фізичними властивостями просторова когерентність не впливає на процес поглинання, оскільки поляризоване випромінювання поглинається менш активно ніж неполяризоване. У цьому випадку розсіювання видимого лазерного випромінювання при проходженні через біотканину значно перевищує поглинання (рис. 1). Це означає, що лазерне випромінювання має досить високу здатність проникнення в біотканини.

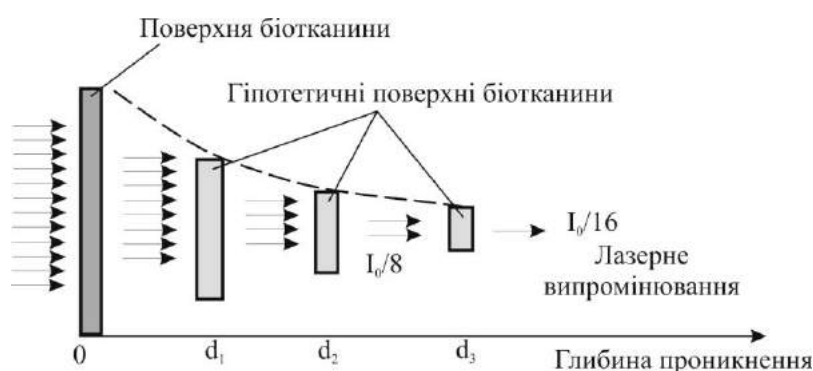


Рисунок 1 – Ілюстрація процесів проникнення лазерного випромінювання в біологічну тканину

Фотобіологічними називаються процеси з проявами на фізіологічному рівні, що відбуваються в біологічних системах при впливі випромінювання оптичного діапазону. Виділяють наступні їх стадії: фотофізичні – поглинання кванта світла і перенесення енергії збудженого стану; фотохімічні – хімічні перетворення молекул і фізіологічні – відповідь організму на випромінювання [1,2]. Поглинання кванта випромінювання оптичного діапазону призводить до порушення цілісності молекули, а отже, до підвищення її реакційної здатності, в результаті чого можуть відбуватися хімічні реакції, які були б неможливі в темряві. Такі реакції отримали назву фотохімічних, а продукти їх утворення – фотопродуктів.

Висновок. Розглянуті технології опромінення біологічних об'єктів за допомогою фототерапевтичних методів та апаратів, створених на базі напівпровідникових (діодних) лазерів і нових джерел квазімонохроматичного випромінювання - над'яскравих світло діодів, які в свою чергу і є основою низькоенергетичних світлодіодних технологій для впливу на БО.

Робота виконана в рамках гранту Республіки Казахстан AP19677201

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія / [С. В. Павлова, О. Г. Авруніна, С. М. Злепка, Є. В. Бодяньського та ін.]; за редакцією С. Павлова, О. Авруніна. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2019. 260 с.
- Фотодинамічна терапія з вибірковою лазерним сканувальним опроміненням поверхневих новоутворень : монографія / за заг. ред. С. В. Павлова. Вінниця : ВНТУ, 2018. 180 с.
- Лазерні медичні технології : навчальний посібник, за ред. Готри З. Ю., Павлова С. В. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2017. 158 с.