

Сергій Павлов
Наталія Титова
Оркен Мамирбаєв
Лариса Никифорова
Асель Айтказіна

Аналіз особливостей просторової взаємодії лазерного випромінювання з біологічними об'єктами

Вінницький національний технічний університет
Національний університет «Одеська Політехніка»
Інститут інформаційних та комп'ютерних технологій МОН РК, Алмати, Казахстан
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі

Анотація

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.

Ключові слова: лазерне випромінювання, біологічні об'єкти, електромагнітне випромінювання.

Вступ

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. Всі вони характеризуються як «іонізуюче випромінювання». Ті поля, кванти яких не в змозі розірвати зв'язки, які утримують молекули між собою, називають «неіонізуючими випромінюваннями».

Метод

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:

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

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.

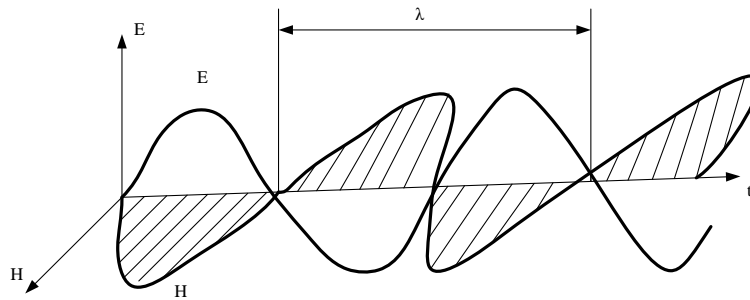


Рис.1. Модель електромагнітної хвилі []

Модель електромагнітної хвилі показана на рис. 1: магнітна складова хвилі (H) показана горизонтальною синусоїдою, електрична (E) – вертикальною синусоїдою. Зазвичай для гармонійних сигналів в електротехніці можна визначити період, як часовий проміжок між двома однаковими фазами сигналу. Електромагнітна хвиля поширюється в просторі, і крім періоду (або частоти) має також довжину, тобто відстань між однаковими фазами напруженості полів H, E в просторі. На малюнку довжина хвилі позначена як λ , а визначити її можна за формулою:

$$\lambda = c / f,$$

де c – швидкість світла в вакуумі; f - частота хвилі.

Обговорення. 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 []

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

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 []. 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.

Висновки

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.

Список використаної літератури

1. 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.
2. Фотодинамічна терапія з вибіркоким лазерним сканувальним опроміненням поверхневих новоутворень : монографія / за заг. ред. С. В. Павлова. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 180 с.

3. Лазерні медичні технології : навчальний посібник, за ред. Готри З. Ю., Павлова С. В. та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 158 с.
4. Valentina Vassilenko, Anna Poplavska, Sergiy Pavlov, and etc. "Automated features analysis of patients with spinal diseases using medical thermal images", Proc. SPIE 11456, Optical Fibers and Their Applications 2020, 114560L (12 June 2020); <https://doi.org/10.1117/12.2569780/>

Павлов Сергій – д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії та оптикоелектронних систем, Вінницький національний технічний університет, e-mail: psv@vntu.edu.ua.

Титова Наталія, д.т.н., професор, Національний університет «Одеська Політехніка», e-mail: tnv.titova@gmail.com

Мамирбаєв Оркен - заступник генерального директора РДП «Інституту інформаційних та обчислювальних технологій» КН МОН РК, завідувач лабораторії, phd, асоційований професор, e-mail: morkenj@mail.ru

Никифорова Лариса – д.т.н., професор⁴ Національний університет біоресурсів і природокористування України, e-mail: profnikiforova@gmail.com

Айтказіна Асель – аспірантка, Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі, e-mail: aitzazina.aseel@gmail.com

ANALYSIS OF THE FEATURES OF SPATIAL INTERACTION OF LASER RADIATION WITH BIOLOGICAL OBJECTS

Abstract. Considered technologies of irradiation of biological objects using phototherapeutic methods and devices created on the basis of semiconductor (diode) lasers and new sources of quasi-monochromatic radiation - ultra-bright light-emitting diodes, which, in turn, are the basis of low-energy LED technologies for influencing BO.

Keywords: laser radiation, biological objects, electromagnetic radiation.

Pavlov Sergii – Ph.D., Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: psv@vntu.edu.ua.

Titova Nataliya, Ph.D., Professor, Odesa Polytechnic National University, e-mail: tnv.titova@gmail.com,

Mamyrbayev Orken - Ph.D., Deputy General Director in science and Head of the Laboratory of Computer Engineering of Intelligent Systems at the Institute of Information and Computational Technologies of the Kazakh National Technical University named after K.I. Satbayev and associate professor in 2019 at the Institute of Information and Computational Technologies, e-mail: morkenj@mail.ru

Nykyforova Larysa, D.Sc., professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, E-mail: profnikiforova@gmail.com,

Aitzazina Aseel, post-graduated student of Kazakh National University, Faculty of Information Technology of Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aitzazina.aseel@gmail.com