

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ БІОТКАНИН

Вінницький національний технічний університет  
Державний університет «Житомирська політехніка»  
Казахський національний дослідний технічний університет імені К.І. Сатбаєва

### Анотація

Спектрофотометричні дослідження базуються на реєстрації відбитого або пропущеного випромінювання, що зазнало взаємодії з біологічною тканиною чи середовищем у широкому діапазоні довжин хвиль. Результатом цього дослідження є набір спектрів пропускання та відбиття, за якими визначають коефіцієнти відбивання та пропускання та розраховують оптичні параметри досліджуваного зразку.

**Ключові слова:** Спектрофотометричні дослідження, біомедичні зображення, неінвазивна біомедична діагностика, флоуметрія, фотоплетизмографія.

### Abstract

Spectrophotometric studies are based on the detection of reflected or transmitted radiation that has interacted with biological tissue or the medium over a wide range of wavelengths. The result of this study is a set of transmission and reflection spectra, which determine the reflection and transmission coefficients and calculate the optical parameters of the test sample.

**Keywords:** Spectrophotometric studies, biomedical images, non-invasive biomedical diagnostics, flowmetry, photoplethysmography.

### Вступ

Для реєстрації випромінювання використовують зазвичай використовують оптичні та волоконні системи, фотометричні головки на базі інтегруючої сфери або еліпсоїдальних рефлекторів.

У залежності від обраної оптичної схеми, можуть використовуватись ті чи інші математичні моделі. Найбільш універсальними при використанні інтегруючої сфери є методи на основі теорії Мі, додавання-помноження, інверсного Монте Карло, що реалізовані та доступні для практичного використання. При еліпсоїдальній рефлектометрії використовують інверсний метод Монте Карло з урахуванням конструктивних параметрів еліпсоїду обертання. Інші математичні методи (потоккові моделі Кубелки-Мунка, дифузійне наближення, метод сферичних гармонік та ін.) використовуються для біологічних середовищ зі звуженим діапазоном оптичних властивостей.

Методи спектрофотометрії використовуються в різних галузях неінвазивної біомедичної діагностики (рис.1.). Вони мають ряд переваг над іншими методами (рентгівськими, електричними, ультразвуковими та ін.), оскільки низькоінтенсивне лазерне випромінювання, яке використовується в даному випадку, не здійснює такого впливу, що може негативно впливати на організм людини чи вносити негативний фактор (похибку) в отриманні результати досліджень.

Найбільш поширеним та розвиненим методом в сучасній неінвазивній спектрофотометрії є пульсоксиметрія, що дозволяє визначити частоту пульсу та кисневу сатурацію артеріальної крові. Прилади та системи даного класу використовуються при тривалому моніторингу та одноразово [1, 2].

Методи лазерної доплерівської флоуметрії [3] вимірюють частотні ритми і швидкість капілярного потоку крові в мікроциркулярному руслі біологічної тканини. На даний час основною проблемою при їх використанні є погана стійкість до негативних зовнішніх факторів, тому в деяких країнах вони на етапі наукових експериментальних досліджень [1].

Досить перспективними є методи лазерної дифузійної томографії (ЛДТ), які базуються на просвічуванні лазерним випромінюванням м'яких тканин пацієнта та за допомогою математичної обробки дозволяють отримувати зображення структури тканини та внутрішніх неоднорідностей [1]. Саме на цьому методі базується робота оптичних мамографів [4,5]. На даному етапі даний метод також на експериментальному етапі.

Ще одним видом томографії є когерентна оптична томографія, яка застосовується для прецизійного сканування верхніх шарів тканин, особливо слизових оболонок органів (гінекологія, ендоскопія) [1,6].

Також перспективним напрямком є лазерна флуоресцентна діагностика, яка поділяється на два великі класи. Перший клас пристроїв забезпечує визначення природної світимості біологічного об'єкту, а другий – реакцію біологічного об'єкту на введену дозу флуоресцентної речовини під впливом низькоінтенсивного лазерного випромінювання. Найбільш часто флуоресцентна діагностика використовується в онкології. Однак, внаслідок того, що гнійні, опікові та деструктивно-запальні процеси також супроводжуються зміною флуоресцентної активності клітин тканин, область застосування цих методів в медицині значно ширше [1].



Рис.1. Методи неінвазивної біомедичної діагностики [6]

Досить новими напрямками використання неінвазивних спектрофотометричних методів є оптична оксиметрія та фотоплетизмографія. Перший напрямок відрізняється від пульсової оксиметрії тим, що використовується немодульоване випромінювання, яке дозволяє визначати артеріально-венозну сатурацію крові. Другий напрямок використовує графік пульсової хвилі периферичного кровообігу для аналізу складного комплексу частотного ритму, що складається з кардіоритму, дихального ритму, добового ритму активності та ін. [1].

### Висновки

На основі проведеного теоретичного аналізу спектральних властивостей біологічних середовищ та на прикладі модельного експерименту отримано наступні висновки:

- Наведено особливості експериментальних досліджень методами еліпсоїдальних рефлекторів.
- Описано принцип роботи програмного середовища «BT\_Mod», визначено вхідні дані для моделювання та тип результатів, які необхідно отримати.
- Розглянуто особливості роботи програмного середовища «Iris» та запропоновано етапи проведення обробки фотометричних зображень плями розсіяння.
- Визначено передумови та запропоновано проведення експериментальних досліджень.

Таким чином, достовірність отриманих результатів буде більш прийнятною при порівняльній оцінці оптичних параметрів, обчислених в рамках різних математичних моделей, що є подальшим кроком в дослідженнях з використанням еліпсоїдальної рефлекторної фотометричної системи.

### Список використаної літератури:

1. Неинвазивная оптическая и лазерная медицинская диагностика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.medphyslab.org/Cr\\_r\\_ond\\_1.htm](http://www.medphyslab.org/Cr_r_ond_1.htm)
2. Рогаткин Д.А. Физические основы оптической оксиметрии / Д.А. Рогаткин // Медицинская физика. – 2012. – №2. – с. 97 – 114.
3. Ding H. Non-invasive prediction of hemoglobin levels by principal component and back propagation artificial neural network / H. Ding, Q. Lu, H. Gao, Z. Peng // OSA. – vol.5, no.4. – 2014. – Pp.1145 – 1152.
4. Ven S. Diffuse optical tomography of the breast: initial validation in benign cysts / S. Ven [et. el] // Mol Imaging Biol. – 2009. – №11(2). – Pp.64–70.
5. В.П. Кожум'яко, Н.І. Заболотна, Б.П. Олійніченко, Оптичні томографи: Проблеми та перспективи застосування в мамології // Біомедичні оптико – електронні системи та прилади- 2009. - С. 153-163.

6. Тучин В. В. «Оптическая биомедицинская диагностика» В 2 томах / В. В. Тучин. – Москва: Физмалит, 2007. – 560 с.
7. 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.76-81.85
8. 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.
9. Prahl S. A. A Monte Carlo Model of Light Propagation in Tissue / S. A. Prahl, M. Keijzer, S. L. Jacques, A. J. Welch // Dosimetry of Laser Radiation in Medicine and Biology, SPIE Institute Series. – 1989. – vol. 5, – Pp. 102–111.
10. Hall G. Goniometric measurements of thick tissue using Monte Carlo simulations to obtain the single scattering anisotropy coefficient / G. Hall, S. L. Jacques. // Biomedical optics express. – 2007. – no.11. – Pp. 2707–2719.
11. Software «IRIS» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.astrosurf.com/buil/iris-software.html>.
12. Binding J. Brain refractive index measured in vivo with high-NA defocus-corrected full-field OCT and consequences for two-photon microscopy / J. Binding, J. B. Arous, J.-F. Léger, S. Gigan, C. Boccara, L. Bourdieu // OPTICS EXPRESS. – 2011. – No. 6 (19). – Pp. 4833 – 4847.
13. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages.
14. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.
15. Optiko-electronny zasoby diagnostuvannya periferichnogo krovoobigu z pidvishenoyu dostovirnostyu (Monographia) / [Pavlov S.V., Kozlovskaya T.I., Vasilenko V.B.] – Vinnytsia: VNTU, 2014. – 140 s.
16. Fizichni osnovy biomedichnoi optiki dostovirnostyu (Monographia) / [Pavlov S.V., Kozemiako V.P., Kolisnik P.F., Kozlovskaya T.I., Dumenko V.P.] – Vinnytsia: VNTU, 2010. – 155 s.

**Хоменко Жанна Миколаївна** – к.т.н. ст.викладач кафедри Біомедичної інженерії та телекомунікацій. Державного університету «Житомирська політехніка»

Наукові інтереси: біорадіолокація, математичні методи оптимізації, кінцеві пристрої абонентського доступу, Тел.:0974402428, E-mail:joanekhomenko@gmail.com

**Павлов Сергій Володимирович** - д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету

**Зильгараева Алія Килишбаївна** – аспірант Казахського національного дослідного технічного університету імені К.І. Сатбаєва

**Чанхао Юй** - аспірант кафедри біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету

**Khomenko Zhanna** - Ph.D. Senior Lecturer of the Department of Biomedical Engineering and Telecommunications. Zhytomyr Polytechnic State University

Research interests: bioradar, mathematical optimization methods, subscriber access end devices, Tel .: 0974402428, E-mail: joanekhomenko@gmail.com

**Pavlov Sergii** - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University

**Zilgaraeva Aliya** - graduate student of the Kazakh National Research Technical University named after KI Satbayeva **Changhao Yu** - Postgraduate Student, Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University