

¹Ж.М. ХОМЕНКО
²А.К., ЗИЛЬГАРАЕВА
³С.В.ПАВЛОВ
³О.С. БЕЗКРЕВНИЙ
³ЧАНХАО ЮЙ

АНАЛІЗ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БІОТКАНИН

¹Державний університет «Житомирська політехніка»
²Казахський національний дослідний технічний університет імені К.І. Сатбаєва
³Вінницький національний технічний університет

***Анотація.** Спектрофотометрія як метод заснована на пропусканні випромінювання через досліджуваний зразок реєстрації розсіяного випромінювання. Показано, що широкі функціональні можливості методу спектрофотометрії не використовуються в повній мірі в медичній діагностиці in vivo. Для опису реєстрованого розсіяного в зворотному напрямку випромінювання проаналізовані морфологічні особливості клітин і тканин і вибрано відповідне спрощене математичне рішення задачі розглянуто чутливість формул до кожного параметру. виявлено залежність транспортного коефіцієнта розсіювання від анатомічних характеристик структури тканин на клітинному рівні.*

Ключові слова: спектральні властивості, фотометрія, транспортний коефіцієнт, біологічна тканина.

ВСТУП

Оптичні методи дослідження в біомедичній практиці засновані на законах випромінювання, поширення і взаємодії світла з речовиною. До них відносять методи прямого візуального спостереження і контролю медично-біологічних об'єктів з використанням лінз, мікроскопів, освітлювачів, фото- і кіноапаратури.

До найбільш широко розповсюджених в біології і медицині оптичних методів належить спектроскопія. Розрізняють електронну спектроскопію (ультрафіолетову і видиму), коливальну й обертальну (інфрачервону, комбінаційного розсіювання, а також мікрохвильову і радіоспектроскопію). Областю застосування є визначення атомного і молекулярного складу речовини, її структури, концентрації й ін. [1, 2].

Спектральний аналіз за характером розв'язуваних задач можна поділити на елементний (визначення складу зразка по елементах), ізотопний (визначення складу зразка по ізотопах), молекулярний (визначення молекулярного складу зразка) і структурний (визначення структурних складових молекулярного з'єднання). Для проведення спектрального аналізу використовують спектроскопи, спектрографи, спектрометри і спектрофотометри. Поряд з останніми при аналізі складу, концентрації і структури речовин використовують колориметри і фотометри.

Існують оптичні методи, що дозволяють виміряти величину розсіювання світла об'єктом (колоїдними розчинами, суспензіями й ін.). Прилади, призначені для дослідження світлорозсіювання, одержали назву нефелометрів і турбідиметрів. За допомогою цих методів визначають молекулярну масу і розміри різних макромолекул (білків, нуклеїнових кислот) і часток у колоїдних розчинах, суспензіях, а також одержують інформацію про характер міжмолекулярних взаємодій [1, 2, 7].

Особливості застосування спектрофотометричного методу в біомедичних дослідженнях.

Традиційні методи контролю та вимірювань оптичних характеристик вже не у повній мірі задовольняють вимоги сучасної спектроскопії світлорозсіювальних об'єктів, а тому потребують подальших наукових пошуків, нових розробок, суттєвого вдосконалення, автоматизації та інтелектуалізації.

Відзначимо, що методи вимірювання пропускання або поглинання світла речовиною, як правило, є диференціальними, так як в процесі вимірювань відбувається порівняння властивостей досліджуваного об'єкта з контрольним зразком, яке реалізується як в однопроменевих, так і двопроменевих диференціальних спектрометрах [1, 8].

Рекомендації щодо реалізації спектрофотометра для біомедичних досліджень.

Пропонується для проведення біомедичних досліджень спектрофотометричними методами застосовувати оптоволоконний спектрометр **AvaSpec-ULS2048-USB2** до складу якого входять галогенне джерело світла **AvaLight-HAL** з джерелом живлення (1), спеціалізований світловідвід **FCR-7IR200-2-MS-PK-S** (2), оптичний блок (3), до складу якого входять дифракційна ґратка NB, щілина 50 мкм, фільтр для зменшення ефектів другого порядку **OSF-475**, референсний білий відбивач (98%) (3), оптоволоконний спектрометр **AvaSpec-ULS2048-USB2** (4), блок спряження з комп'ютером, спеціалізоване програмне забезпечення **AvaSoft-Full** та **AvaSoft-CHEM** (рис. 1).



Рис. 1 - Оптоволоконний спектрометр AvaSpec-ULS2048-USB2

Оптоволоконний спектрометр дозволяє неінвазивно вимірювати концентрації невідомих зразків або зміни концентрації в часі, досліджувати концентрацію кисню у крові та гемоглобіну, рівень мікросудинного кровообігу, оптичних особливостей біотканин, інше.

Характеристики системи: Діапазон: 500-1050 нм; Детектор: CCD, 2048 пікселів; Дифракційна ґратка: NB, NIR діапазон, 600 ліній/мм; Щілина: 50 мкм

Спеціалізоване програмне забезпечення **AvaSoft-CHEM** дозволяє в режимі реального часу визначати концентрацію за допомогою спектроскопічної системи.

ВИСНОВКИ

Відзначимо, що спектрофотометрія - перспективний метод дослідження оптичних властивостей, складу, структури і локальних неоднорідностей біотканин. Даний метод дає кількісну оцінку глибини і обсягу ураження біологічних тканин. Перевагою спектрофотометричного методу є можливість реєстрації змін епітелію і новоутворень внутрішніх органів, що дозволяє провести ранню діагностику захворювання і збільшує ймовірність позитивного результату лікування. Значні успіхи має спектрофотометрія ближнього ІК діапазону при дослідженні ступеня оксигенації тканин мозку. Достатня прозорість для ІК-світла тканин голови і її розміри, а також доступність спектрометрів з охолоджуваними матричними детекторами дозволили створити спектральні системи візуалізації ділянок тканин мозку з різним ступенем оксигенації. Методики діагностики *in vivo* використовують або співвідношення інтегральних коефіцієнтів відбиття по виділених смугах, або вимір нахилу спектральних кривих по окремих ділянках спектра.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сахновский М. Ю. Исследование оптических свойств светорассеивающих сред с малым удельным поглощением : дисс. канд. физ.-мат. наук : 05.11.07. – Л. : ГОИ, 1965. – 154 с.
2. Петрук В. Г. Спектрофотометрія світлорозсіювальних середовищ. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2000. – 207 с.
3. Павлов С. В., Кожем'яко В. П., Петрук В. Г., Колісник П. Ф. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи. Монографія – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 254 с.
4. Фізичні основи біомедичної оптики: Монографія / С.Павлов, В.Кожем'яко, П.Колісник, Т.Козловська, В.Думенкою – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 156 с.
5. Тучин В. В. «Оптическая биомедицинская диагностика» В 2 томах / В. В. Тучин. – Москва: Физмалит, 2007. – 560 с.
6. 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

7. 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.
8. Prahл S. A. A Monte Carlo Model of Light Propagation in Tissue / S. A. Prahл, 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.
9. 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.
10. Производитель биомедицинских приборов. Режим доступа:<http://www.iss.com/index.html>
11. 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. L?ger, S. Gigan, C. Voccara, L. Bourdieu // OPTICS EXPRESS. – 2011. – No. 6 (19). – Pp. 4833 – 4847.

Хоменко Жанна Миколаївна – к.т.н. ст.викладач кафедри біомедичної інженерії та телекомунікацій, Державний університет «Житомирська політехніка», E-mail:joanekhomenko@gmail.com

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

Зильгараева Алія Кишишбаївна – аспірант, Казахський національний дослідний технічний університет імені К.І. Сатбаєва

Безкрєвний Олександр Сергійович, аспірант кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: alexvntu@gmail.com

Чанхао Юй - аспірант кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет

ANALYSIS OF SPECTROPHOTOMETRIC METHODS FOR INVESTIGATION OF OPTICAL INDICATORS OF BIOTKINS

***Abstract.** Spectrophotometry as a method is based on the transmission of radiation through the studied sample of registration of scattered radiation. It is shown that the wide functionality of the spectrophotometry method is not fully used in medical diagnostics in vivo. To describe the registered radiation scattered in the opposite direction, the morphological features of cells and tissues were analyzed and the corresponding simplified mathematical solution of the scattering problem based on the refractive index, shape and size of the studied cells and their organelles was selected. the sensitivity of formulas to each parameter is considered. the dependence of the transport scattering coefficient on the anatomical characteristics of the tissue structure at the cellular level is revealed.*

Keywords: spectral properties, photometry, transport coefficient, biological tissue.

Khomenko Zhanna - Ph.D. Senior Lecturer of the Department of Biomedical Engineering and Telecommunications. Zhytomyr Polytechnic State University, Email: joanekhomenko@gmail.com

Pavlov Sergii - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: psv@vntu.edu.ua

Zilgaraeva Aliya - graduate student of the Kazakh National Research Technical University named after KI Satbayeva.

Bezkrėvnyy Olexandr, Postgraduate Student, Department of Laser and Optoelectronic Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: alexvntu@gmail.com

Changhao Yu - Postgraduate Student, Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University