

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОТКАНИН

Цибух А. В., Скрипка Л. С.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

В статті проведено аналіз сучасних підходів і методів діагностики властивостей біологічних об'єктів, історичні етапи їх розвитку та перспектив застосування.

Постановка проблеми. Як показує аналіз сучасних тенденцій розвитку найновіших методів оптичної діагностики, терапії і впливу в сільському господарстві та медицині, в переважній більшості випадків на перше місце виходять прецензійні, складні та наукоємні технології, які мінімізують інвазивне втручання, променеві, хімічні та інші фізіологічно та психологічно небажані методи впливу на біологічні об'єкти [1-6].

Детермінуючим фактором розробки і впровадження цих методів є максимально чітке знання оптичних властивостей об'єктів діагностики або впливу і особливостей поширення світла в них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Всупереч високому рівню технічної досконалості сучасних комплексів діагностики і терапії, не рідко їх функціонування базується на методах, які були описані ще на початку 20 століття. Ці методи включають вимірювання тих або інших властивостей біотканин, наприклад, коефіцієнтів пропускання, поглинання або дифузного відбиття, з подальшим прямим або інверсним аналізом отриманих результатів досліджу. Так, світло використовувалось для вимірювання оптичних характеристик гемоглобіну в біотканинах [7], метаболічних процесів (1933 р.) [Millikan] і органів людини (1949 р.) [8] методами спектрофотометрії *in vitro*.

Корисним у розробці нових діагностичних комплексів є розробка і досвід використання спектрофотометрії, яка на фоні бурхливого розвитку досягнень в області фізики, волоконної оптики [5], оптоелектроніки і комп'ютерних технологій стала актуальним інструментом для проведення неінвазивної діагностики й моніторингу фізико-біологічних характеристик біотканин тварин і людей, починаючи від використання інтегруючих сфер на початку ХХ століття [9], до впровадження сучасних мобільних діагностичних комплексів [4].

Далі, з винайденням і стрімким впровадженням джерел когерентного монохроматичного оптичного випромінювання, а саме з винаходом перших рубінових лазерів [10], кількість методів зросла на порядок, що безсумнівно видно з досить широкого списку літератури, яка присвячена, як безпосередньо методам визначення оптичних характеристик біоб'єктів, так і результатам їх застосування, з наданням великої кількості оптичних параметрів тканин і хромофорів в них [4].

Складність біологічних об'єктів, значна різноманітність в характері їх взаємодії з когерентним випромінюванням значною мірою обумовлює збільшення методів діагностування, що були розвинуті на протязі останніх 70 років.

Відомі методи можна умовно поділити за місцем (умовами) проведення (*in vitro*, *in vivo*, *in situ*), а також по способу, яким визначаються оптичні властивості об'єкта (прямі або не прямі) [4, 11].

Вивчаючи вказані методи можна помітити чітку кореляцію між застосуванням прямих методів діагностики, в яких лежать ґрунтовні поняття і закони (наприклад закон Ламберта – Бургера – Бера) і місцем проведення цих досліджень – *in vitro*. Недоліком таких методів є складнощі пов'язані з екстраполяцією результатів досліджень у відсутності інформації про біохімічні процеси, які проходять в біологічній тканині [5], а також неможливість їх застосування в польових умовах *in situ* [2].

Непрямі методи насамперед обумовлюють вирішення зворотної задачі розсіювання в умовах *in vivo* або *in situ*. При цьому використовуються теоретична модель (наприклад дифузне наближення [12]) розповсюдження світла в середовищі з визначенням властивостей розсіювання, поглинання світла або автофлуоресценції середовища, що базується на вимірюванні спектрів дифузно-відбитого світла або світла, яке пройшло крізь середовище, з подальшим математичним розрахунком результатів вимірювання [4, 12]. Такі методи займають особливе місце серед сучасних оптичних методів вимірювання властивостей біоб'єктів завдяки можливості реєстрації інформації про квалітативний і кількісний склад хромофорів, їх просторовий розподіл, що дозволяє оцінювати фенотип, структуру біотканини, кількість і стан кров'яних судів, ін. [13].

Переваги методів діагностики біотканин *in vivo* та *in situ* проявили себе з перших спроб вимірювання спектрального складу зворотного дифузно розсіяного тканиною випромінювання і флуоресценції [14, 15] і, завдяки розвитку комп'ютерних і нано-технологій, увійшли в ХХІ сторіччя, як найпопулярніші та найпоширеніші способи дослідження біотканин. Безперечним доказом цього, є широке застосування цих методів в дерматології, які дають можливість вивчення біофізики шкіри, степні почервоніння еритеми та степені пігментації шкіри, моніторингу змін шкіри підчас лікування дерматологічних захворювань і т.д. [4, 12, 16, 17], а також надають перспективи застосування в селекції тваринництва і ветеринарії [13].

Неінвазивні методи спектроскопії переважно використовуються в дослідженнях найбільш зовнішньодоступних біотканин (наприклад шкіри), але й водночас найбільш складних біологічних структур людей і тварин [17, 18].

Окремі випадки стану шкіри (з – або без патології, з різним ступенем пігментації і вираженням ери-

теми) стали об'єктами багатьох теоретичних досліджень розповсюдження світла в біотканинах [16-17, 19-21]. В цих дослідженнях практично відсутні роботи, в яких враховуються ступінь пігментації волоссяного (шерстного) покриву шкіри, як фактору який би міг значно вплинути на результати діагностики або фототерапії [2].

Висновки. Виходячи з наявності ряду невирішених проблем застосування оптичного випромінювання, в методах діагностики біологічних об'єктів, можна стверджувати про необхідність розробки нових теоретичних та інструментальних підходів для удосконалення електротехнічних комплексів діагностування біологічних об'єктів.

Список використаних джерел

1. Лисиченко М. Л. Низькоенергетичні лазерні електротехнології в тваринництві: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня док. тех. наук. / М. Л. Лисиченко; Хар. нац. техн. ун-т с.г.-. - Харків, 2006. – 40 с.: іл., табл. – бібліогр.: С. 3-20.
2. Цибух А. В. Аналіз застосування лазерного випромінювання в сільському господарстві / А. В. Цибух // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків: ХНТУСГ, 2010. – Вип. 101. – С. 92-100.
3. Прикладная лазерная медицина: [учебн. и справочн. пос. / под ред. Х. П. Берлиена, Г. Й. Мюллера]. – М.: АО "Интерексперт", 1997. – С. 356.
4. Тучин В. В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / В. В. Тучин. – Саратов: Издательство Саратов. ун-та, 1998. – 384 с.
5. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов / [перевод с англ. Н. П. Ивановской под. ред. С. В. Савилова]. – М.: Техносфера, 2007. – 368 с.
6. Лазерные технологии в сельском хозяйстве / Тематический сборник: [под. ред. А. Ю. Филатова]. – М.: Техносфера, 2008. – 272 с.
7. Chance B. Optical method // Ann. Rev. Biophys. Chem. 1991. V.20. P.1-28.
8. П'ина А.А. Transmittance of the near infrared rays by tissues of the human body / А. А. П'ина // Soviet biological J. 1949. Vol.35. - P. 338-348.
9. Ярославская А. Н. Спектроскопические исследования биотканей и суспензий клеток применительно к задачам лазерной диагностики и терапии: Дисс. канд. физ.-мат. наук. – Саратов: СГУ, 1999. - 142 с.
10. Fischer E. P. Laser, Eine deutsche Erfolgsgeschichte von Einstein bis heute / E. P. Fischer. - Hamburg: Siedler, 2010. – 304 s.
11. Рогаткин Д.А. Лазерная клиническая диагностика как одно из перспективных направлений биомедицинской радиоэлектроники // Биомед. Радиоэлектр., №3, 1998. - с. 34-41.
12. Пушкарева А. Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани: учебное пособие. СПб: СПбГУИТМО, 2008. – 103 с.
13. Цибух А. В. Методи і засоби лазерної діагностики біологічних об'єктів і процесів / А. В. Цибух, Л. С. Скрипка // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків: ХНТУСГ, 2011. – Вип. 116. – С. 84-85.
14. Kramer K. Ein Verfahren zur fortlaufenden Messung des Sauerstoffgehaltes im strömenden Blute an uneröffneten Gefäßen / Biologie 96, 1935. – 61 p.
15. Wood R. W. Fluorescence diagnostics // J. Physiol. (Paris). - 1919. - 5 Serie IX.
16. Jacques S. L. Monte Carlo modeling of light transport in tissue / S. L. Jacques, L. Wang //Optical-thermal response of laser-irradiated tissue / Eds A.J. Welch, M.J.C. vanGemert. - New York: Plenum Press, 1995. - P. 73-100.
17. Andersen P. H., Bjerring P. Spectral reflectance of human skin in vivo // Photodermatol. Photoimmunol. Photomed. - 1990. - Vol. 7. - P. 5-12.
18. Антипова Л. В. Анатомия и гистология сельскохозяйственных животных. / Л. В. Антипова, В. С. Слободяник, С. М. Сулейманов / – Изд-во "Колос", 2005. – 384 с.
19. Dawson J. B., Barker J. W., Ellis D. J. et al. A theoretical and experimental study of light absorption and scattering by in vivo skin // Phys. Med. Biol. - 1980.-Vol. 25.-P. 695-709.
20. Diffey B. L., Oliver R. J., Farr P. M. A portable instrument for quantifying erythema induced by ultraviolet radiation // Britisch. Journ. Dermatol., 1984, v.III, pp. 663-672.
21. Kopola H., Lahti A., Myllyla R.A., Hannuksela M. Two-channel fiber optic skin erythema meter // [H. Kopola, A. Lahti, R.A. Myllyla, M. Hannuksela] Opt. Eng. - 1993. - Vol.32. - 2. - P. 222-226.

Аннотация

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИОТКАНЕЙ

Цыбух А. В., Скрипка Л. С.

В статье проведен анализ современных подходов и методов диагностики свойств биологических объектов, исторические этапы их развития и перспективы применения.

Abstract

METHODS OF DETERMINATION OF OPTICAL PROPERTIES OF BIOTISSUES

A. Tsybukh, L. Skripka

In article present an analysis of modern approaches and methods of diagnostics of properties of biological objects, historical stages of their development and application prospects.