БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ

УДК 681.3

В.В. ДМИТРУК, Н.В. БЕЛІК, С.О. ШТЕЛЬМАХ

ОПТИКО–ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ В БІОМЕДИЦИНІ

Вінницький національний технічний університет,
Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна,
тел. +380 (432) 58-03-54; E-mail: 2vita@ukr.net

Анотація. В статті розглянуті групи оптико–електронних медико-біологічних досліджень, основаних на реєстрації фізичних параметрів і які являються методологічною базою розробки апаратних засобів для дослідження життєдіяльності організму.

Аннотация. В статье рассмотрены группы оптико-электронных медико-биологических исследований, основанных на регистрации физических параметров и являющихся методологической базой разработки аппаратных средств для исследований жизнедеятельности организма.

Abstract. In the article groups of the optic-electronic medical and biologic researches which are based on registration of physical parameters and being methodological base of working out of hardware for researches of ability to live of an organism are considered.

Ключові слова: оптико–електроні методи діагностування, фотометрія, фотометр.

ВСТУП

Розвиток сучасних інформаційних технологій ставить нові вимоги до методів діагностування біологічних об‘єктів та стимулює розвиток новітніх підходів в усіх галузях людської діяльності, в тому числі і медицині. Принципово новим рішенням є створення оптико-електронних медичних інформаційних систем, експертних систем та баз даних, стандартизації медичної інформації та ведення електронної історії хвороби, формування медичних інформаційних мереж, які основані на нових методах діагностики та обчислювальних технологіях. Значна увага приділяється розробленню високоефективних неінвазивних методів дослідження, що використовуватимуться в системах медичної діагностики [1-6].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Приступаючи до вивчення невідомого біологічного об'єкта або явища, дослідник прагне одержати найбільш повну й достовірну інформацію. Для цього йому доводиться використовувати різні методи й способи отримання інформації про об'єкт. Ефективність отримання цієї інформації залежить від знання експериментатором методів досліджень й уміння їх застосувати в залежності з поставленою задачею.

Стан біологічної системи описується комплексом медико-біологічних показників, тобто групами фізичних, біохімічних, психологічних параметрів, обумовлених у процесі досліджень.

Метод дослідження - це спосіб отримання цільової інформації, заснований на якісному або кількісному зв'язку властивостей біосистеми з вимірювальними параметрами, що характеризують ці властивості. Для реалізації методу дослідження необхідне виконання наступних умов:

- кількісний або якісний опис зв'язку властивостей біосистеми (медико-біологічних показників);
- алгоритм проведення вимірювань;
- наявність технічних засобів проведення дослідження;
- наявність алгоритму й засобів обробки отриманої інформації.

В залежності від конкретного методу дослідження деякі з перерахованих умов можуть займати основне значення, а деякі - зовсім можуть бути відсутні. Більшість методів діагностики й досліджень засновані на застосуванні фізичних принципів й ідей. Тому в рамках статті передбачається така послідовність розгляду кожного методу:

© В.В. ДМИТРУК, Н.В. БЕЛІК, С.О. ШТЕЛЬМАХ, 2009

- використовуване фізичне явище або процес;
- вимірюваний фізичний параметр;
- біологічні процеси, що характеризуються цим параметром;
- медична значимість методу;
- кількісні або якісні співвідношення для прикладів діагностики, що знайшли широке застосування в клінічній практиці.

Реалізація методу дослідження являє собою біотехнічну систему (апарат) - сукупність біологічних і технічних елементів, що виконують єдину цільову функцію визначення медико-біологічних параметрів.

Існує кілька класифікацій методів досліджень: за видом живого організму, за типом функціональних систем або органів, за видом захворювання, за типом діагностичних апаратур. У даній статті прийнято класифікацію, засновану на розходженні способів одержання інформації про біооб‘єкт, що якнайбільш повно відбиває специфіку медичної спрямованості й можливих технічних рішень.

Методи фізіологічних досліджень засновані на проявах і властивостях життєдіяльності біологічних систем. До них відносять дослідження: механічних проявів (механокардіографія, сфігмографія, аускультація й т.д.); електропровідності біоструктур (реографія, електропунктурна діагностика й т.д.); електричної й магнітної активності організмів (електрографія, магнітографія й т.д.); оптичних властивостей (оптична плетизмографія, медична фотографія, діафанографія й т.д.); процесів теплопродукції й теплообміну (термометрія, біокалориметрія й т.д.).

Активні методи досліджень припускають попередній зовнішній вплив на біологічну систему з метою прояву її властивостей. До цієї групи відносять методи, засновані на впливі зовнішніх фізичних полів (рентгенівська й гаммаінтроскопія, ультразвукова ехографія, ядерна магніторезонансна томографія й т.д.), застосуванні фармакологічних препаратів (ангіографія, радіоізотопні методи й т.д.), а також функціональні методи (психофізичні тести, комплексна оцінка стану організму й т.д.).

Аналітичні методи досліджень припускають обчислення кількісних параметрів, що характеризують біосистему, концентрацій компонентів, у тому числі й на основі біологічних проб. До цих методів належать всі види лабораторних медичних досліджень й аналізів (седиментація, поляриметрія, віскозиметрія й т.д.). Деякі реальні методи досліджень містять ознаки декількох груп класифікації й можуть бути віднесені до однієї з їх по перевазі тієї або іншої ознаки [7].

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ

Більшість вимірювань у медицині є визначенням фізичних або фізико-хімічних величин. Тому різні медико-біологічні вимірювання можуть бути класифіковані за належністю до відповідного розділу фізики.

Механічні вимірювання: антропологічні параметри тіла; переміщення, швидкість і прискорення частин тіла, крові, повітря; акустичні вимірювання; тиск крові, біорідин в організмі; вимірювання вібрацій і шуму й т.д.

Теплофізичні вимірювання: температура органів, частин тіла й навколишнього середовища; калориметричні вимірювання; дослідження теплопровідності й теплообміну біологічних об'єктів і т.д.

Електричні й магнітні вимірювання: дослідження електричних біопотенціалів; вимірювання біомагнітих полів; реєстрація випромінювання електромагнітних полів біосистемами; вимірювання імпедансу біосередовищ і т.д.

Оптичні вимірювання: колориметричні вимірювання; спектральні дослідження; фотометрія; поляриметрія й т.д.

Атомні і ядерні вимірювання: дозиметрія; вимірювання інтенсивності іонізуючих випромінювань біосередовищ; електронна парамагнітна резонансна та ядерна магнітна резонансна спектроскопія і т.д.

Фізико-хімічні виміри: визначення компонентного складу біосередовищ; дослідження кількісної сполуки вдихаємого і видихаємого повітря; pH крові й інших біологічних рідин й т.д.

За ступенем взаємодії засобу вимірювання з об'єктом розрізняють контактні (електрометрія, ультразвукова ехолокація й т.д.) і безконтактні (теплобачення, ємнісна й оптична плетизмографії й т.д.) вимірювання.

За впливом на цілісність досліджуваного об'єкта методи вимірювань бувають руйнуючими (прямі методи визначення тиску крові) і неруйнуючими (аускультація, баллістокардіографія й т.д.).

За способом отримання результату розрізняють прямі, непрямі і спільні вимірювання.

Прямими називають вимірювання, при яких шукане значення величини знаходять безпосередньо з досвідчених даних (вимір температури, тиску й т.д.).

Непрямими називають вимірювання, при яких шукане значення біологічного параметра знаходять на підставі відомої залежності між цією величиною й величинами, обумовленими прямими вимірами (рентгенівська, ультразвукова томографії, вимірювання площі, об'єму, потужності й т.д.).

Спільними називають вироблені одночасно вимірювання двох або декількох величин для знаходження залежності між ними (тиск у судинах і швидкість кровотоку, швидкість ультразвуку в біосередовищі і її щільність і т.д.).

За способом порівняння з мірою (міра - це засіб вимірювання, що забезпечує відтворення і зберігання одиниці вимірювання) виділяють наступні методи вимірів:

- метод протиставлення, при якому вимірювана величина і величина, відтворена мірою, одночасно впливають на пристрій порівняння (за принципом «більше - менше»);
- диференціальний метод, у якому прилад показує різницю між вимірюваною величиною й відомою величиною, відтвореною мірою;
- нульовий метод - метод порівняння вимірюваної величини з мірою, при якому результуючий ефект впливу величини на індикатор рівноваги доводить до нуля (використовується набір мір);
- метод заміщення, у якому вимірювана величина заміщається відомою величиною, відтвореною мірою;
- метод збігів, при якому різниця між вимірюваною величиною й величиною, відтвореною мірою, вимірюють, використовуючи збіг оцінок шкал або періодичних сигналів.

Залежно від характеру зміни вимірюваної величини в часі розрізняють статичні й динамічні виміри.

Наведена класифікація допомагає точніше визначити інженерні завдання, що виникають у процесі проведення медико-біологічних досліджень. До таких завдань можна віднести вибір пристрою знімання, вимірювальних апаратур, пристроїв подання кінцевої інформації, а також їх точнісних і метрологічних характеристик [7-9].

ФОТОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Фотометрія - розділ фізичної оптики й вимірювальної техніки, присвячений методам дослідження енергетичних характеристик оптичного випромінювання в процесі його випущення, поширення в різних середовищах і взаємодії з тілами.

Фотометрію проводять у діапазонах інфрачервоного (довжини хвиль – 10^{-3}…$7\cdot10^{-7}$ м), видимого ($7\cdot10^{-7}$…$4\cdot10^{-7}$ м) и ультрафіолетового ($4\cdot10^{-7}$ …10^{-8} м) оптичних випромінювань.

Рис. 1. Структура фотометричних методів медико-біологічних досліджень

При поширенні електромагнітного випромінювання оптичного діапазону в біологічному середовищі спостерігаються ряд основних ефектів: поглинання й розсіювання випромінювання атомами й молекулами середовища, розсіювання на частках неоднорідностей середовища, деполяризація випромінювання. Реєструючи дані взаємодії оптичного випромінювання із середовищем, можна визначити кількісні параметри, пов'язані з медико-біологічними характеристиками досліджуваного об'єкта.

Специфічним елементом фотометра є приймач оптичного випромінювання. Розрізняють теплові,

фотоелектричні й фотохімічні приймачі. У фотоелектронних апаратурах в основному знайшли застосування перші два типи. Теплові приймачі перетворюють енергію випромінювання в теплоту, пропорційно якій виробляють ЕДС (термоелементи, піроп‘єзоелементи) або змінюють свої параметри (болометри – електричний опір, оптикоакустичні перетворювачі – розміри чутливої мембрани). Фотоелектричні приймачі засновані на явищах внутрішнього й зовнішнього фотоефектів (фоторезистори, фотодіоди й фототранзистори, фотоелектронні помножувачі, прилади із зарядовим зв'язком). Теплові приймачі володіють значною широкополосністю й невеликою чутливістю. Перевага фотоелектричних приймачів - у їхній чутливості, однак вона досяжна лише у вузьких частотних інтервалах.

Для вимірювання фотометричних величин застосовують прилади - фотометри. Пристрій всіх фотометрів відповідає деякій узагальненій схемі, що показана на рис. 2 [8].

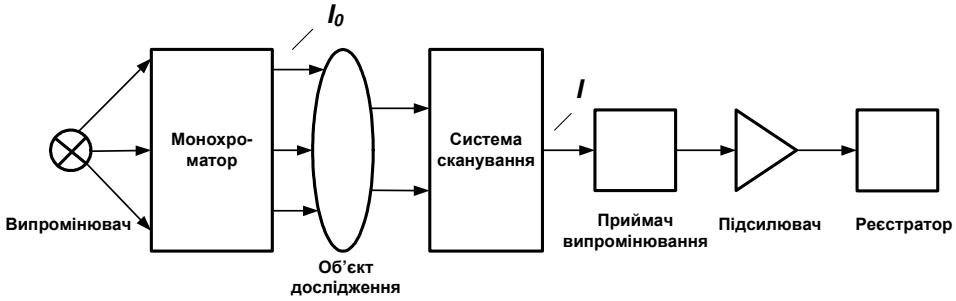

Рис. 2. Структура фотометра

КОНЦЕНТРАЦІЙНА КОЛОРИМЕТРІЯ

Колориметрія (лат. color – кольори) – це фізико-хімічний метод дослідження сполуки біосередовищ за ступенем фарбування їхніх розчинів. Оснований на візуальних і фотометричних вимірюваннях. Відомо, що кількісною характеристикою кольорів є концентрація барвника в розчині. Для більшості біорідин (кров, сеча, жовч) розроблені методики готування діагностичних розчинів. Кількісні співвідношення методу засновані на законі Бугера – Ламберта – Бера, відповідно до якого поглинання (абсорбція) світла розчином залежить від товщини шару й концентрації поглинаючої речовини в розчині. Цей закон справедливий тільки для монохроматичного випромінювання (λ=const), тому в якості опромінювача зручно використовувати лазер. Якщо прийняти, що I_0 й I – інтенсивності випромінювання на вході в розчин і виході з нього, а L – довжина шляху випромінювання в досліджуваному розчині, то закону відповідає співвідношення:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon c L}, \tag{1}$$

де ε - молярний коефіцієнт поглинання, с – концентрація речовини в розчині. При фотометричних вимірюваннях визначають оптичну щільність розчину:

$$D = \lg\left(\frac{I_0}{I}\right), \tag{2}$$

тоді $D = \varepsilon L c$. Оскільки ε є функцією довжини хвилі випромінювання, то складають таблиці значень молярного коефіцієнта поглинання речовини для заданої величини λ. Значення L є характеристикою конструкції фотометра. Вимірявши оптичну щільність розчину, знаходять шукану концентрацію речовини за формулою:

$$c = \frac{D}{\varepsilon L}, \ [c] = моль/л. \tag{3}$$

Для розчинів біологічних рідин інтервал вимірюваних концентрацій становить 10^{-8} …10^{-3} моль/л. Для відносної оцінки вмісту речовини в розчині використовують також такі характеристики, як прозорість (пропускання) розчину:

$$T = \frac{I}{I_0} 100\%, \tag{4}$$

поглинання випромінювання в розчині [10]:

$$A = \frac{I - I_0}{I_0} 100\%, \quad (5)$$

ОКСИГЕМОМЕТРІЯ

Оксигемометрія (лат. oxygenium – кисень, грец. haima - кров) – метод визначення ступеня насичення крові людини киснем для оцінки ефективності функції зовнішнього дихання. Заснований на розходженнях спектрів поглинання в оксигемоглобіну й відновленого гемоглобіну. Відновлений гемоглобін у розчинах поглинає червоні кольори (λкр = 620…680 нм) у багато разів сильніше, ніж розчин оксигемоглобіну. Однаково поглинається цими формами гемоглобіну інфрачервоне випромінювання ($\lambda_{ін}$ = 810 нм).

Найбільш розповсюджений метод безперервної неінвазивної оксигемометрії. Фотодатчик оксигемометра одягають на вушну раковину (частіше - мочку вуха) пацієнта. У датчику є два фотоприймачі: один – селеновий, чутливий до червоного світла, інший – сірчасто-срібний, чутливий до інфрачервоного випромінювання. Перший служить для визначення оксигенації крові, другий – для компенсації перекручувань, пов'язаних з пульсовими змінами кровонаповнення судин. Мініатюрна лампочка, розташована з іншого боку, просвічує й нагріває тканини вушної раковини до температури 40°С, при цьому відбувається розширення судин і збільшення об'ємного кровотока через капіляри. Користуючись аналітичними співвідношеннями закону Бугера-Ламберта-Бера для концентрацій відновленого й сумарного гемоглобіну, можна записати наступні співвідношення:

$$C_B = \frac{D_K}{\varepsilon_K I(t)}, \; C = C_0 + C_B = \frac{D_{ін}}{\varepsilon_{ін} l(t)}, \quad (6)$$

де l(t) – товщина біотканин, що змінюється, між лампочкою й фотоприймачами. Тоді концентрація оксигемоглобіну може бути представлена величиною:

$$C_0 \approx \frac{C_0 + C_B}{C_B} = \frac{D_{ін}\varepsilon_ч}{D_ч \varepsilon_{ін}}. \quad (7)$$

Одержуване значення оксигенації для цього методу є відносною величиною. Для одержання абсолютних значень оксигемоглобіну потрібно тарировка на основі проб крові.

Визначення оксигемоглобіну за пробою крові (0,4 мл) виконують кюветні оксигемометри (кюветна оксигемометрія), що мають оптимальну й незмінну довжину оптичного випромінювання в прозорій кюветі й датчик, подібний описаному. Перевага цієї методики - в одержанні абсолютних значень концентрацій оксигемоглобіну, недолік - у короткочасній придатності взятих проб крові.

Метод активної оксигемометрії здійснюється введенням вимірювального катетера з мікрофотометричним датчиком безпосередньо в кровоносну судину. Вимір побудований на розходженні коефіцієнтів відбиття оксигемоглобіну й сумарного гемоглобіну в червоній й інфрачервоній областях оптичного випромінювання.

У клінічній практиці знайшов застосування метод безперервної безкровної оксигемометрії для одержання кривої оксигенації при затримці дихання (рис. 3). По даній кривій можна провести комплексну оцінку дихальної, повітряобмінної і кровоносної систем.

Інтервал часу t1-t2 – затримка дихання пацієнтом; t2 – момент початку вдиху; t3 – момент відновлення вихідної оксигенації.

Тривалість фази АВ (норма 6...25 с після глибокого вдиху) залежить від запасу кисню в легенях та інтенсивності окисних процесів у тканинах.

Протягом фази $ВВ_1$ відбувається зниження рівня оксигенації. Ця фаза відображає окислювальні процеси в тканинах.

Фаза $В_1В_2$ (норма 3...8 с) характеризує швидкість кровотока на відстані легені - крапка реєстрації та використається для неінвазивного визначення швидкості кровотока.

$В_2Г$ – фаза швидкого росту оксигенації – відображає функціональні можливості організму (норма 3...4 с для чоловіків й 5...6 с для жінок).

ГД - інтервал повільного росту оксигенації – характеризує адаптаційну реакцію організму.

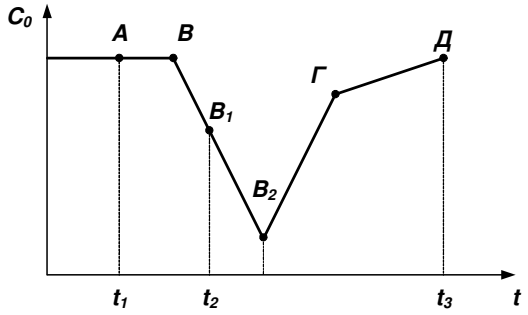

Рис. 3. Крива оксигенації при затримці дихання

Фотометричні вимірювання, подібні розглянутим для неінвазивної оксигемометрії, знайшли застосування в оптичній плетизмографії – методі дослідження кровонаповнення м'яких тканин за зміною їхньої оптичної щільності. Він заснований на властивості обох форм гемоглобіну однаковим чином поглинати випромінювання інфрачервоного діапазону з довжиною хвилі близько 810 нм. Тоді зміни досліджуваного об'єму внаслідок кровонаповнення такі:

$$V(t) \approx I(t) = \frac{D_{ін}}{\varepsilon_{ін} C}, \tag{8}$$

де С - сумарна концентрація гемоглобіну. Метод оптичної плетизмографії доповнює методи механічної (об'ємної), імпедансної та ємнісної плетизмографій [10].

ПОЛЯРИМЕТРІЯ

Це метод визначення концентрації речовини за кутом повороту площини поляризації монохроматичного плоскополяризованого випромінювання оптичного діапазону при проходженні його через оптично активні середовища (рис. 4).

Концентрацію оптично активних речовин можна знайти, реєструючи обертання площини поляризації. На практиці зазвичай використовують просте співвідношення:

$$\alpha = \alpha_0 CL, \tag{9}$$

де α_0 - питоме обертання площини поляризації речовиною при заданій довжині хвилі випромінювання λ, L - оптичний шлях випромінювання в розчині речовини, С - шукана концентрація речовини в розчині.

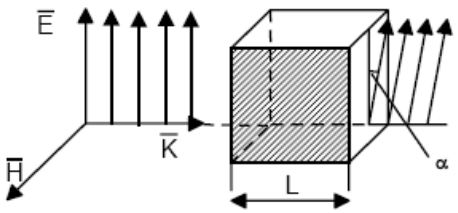

Рис. 4. Поворот площини поляризації випромінювання

Найбільше застосування в медичних лабораторних дослідженнях поляриметрія знайшла для визначення концентрації цукру (сахариметрія) у крові й інших розчинах біорідин.

Частотна дисперсія кута повороту площини поляризації використовується в методі спектрополяриметрії. Цей метод за отриманою залежності $\alpha = \alpha(\lambda)$ дозволяє визначити концентрації декількох оптично активних речовин у розчині [10].

НЕФЕЛОМЕТРІЯ

Нефелометрія (грец. nephele - хмара) - оптичні методи визначення концентрації, розмірів і форми часток у дисперсних середовищах. Однією з важливих характеристик біосубстрактів є розмір часток у розчині, для дослідження якого використовують інформацію про коефіцієнт розсіювання.

У загальному випадку коефіцієнт розсіювання σ складається із суми коефіцієнтів розсіювання: $\sigma = \sigma_м + \sigma_р + \sigma_а$, де σм , σр , σа – молекулярне, резонансне й аерозольне розсіювання відповідно.

Коефіцієнт молекулярного розсіювання однозначно пов'язаний з числом молекул в об'ємі

речовини у випадку, коли розмір молекул менше довжини хвилі минаючого випромінювання.

Резонансне розсіювання проявляється, коли довжина хвилі випромінювання збігається з довжиною хвилі електронного переходу атомів речовини, що перебуває в середовищі. Реєстрація резонансного розсіювання дозволяє визначити наявність у середовищі дуже малих домішок, для яких відомі довжини хвиль резонансних переходів.

Аерозольне розсіювання відбувається на частках, розмір яких приблизно дорівнює довжині хвилі минаючого випромінювання або більше її. Особливістю аерозольного розсіювання є яскраво виражена залежність кутового розподілу розсіяного випромінювання від співвідношення довжини хвилі випромінювання й розміру частки.

Для експериментального визначення середнього ефективного розміру часток, що розсіюють, досить провести вимірювання коефіцієнта аерозольного розсіювання в декількох ділянках спектру довжин хвиль або вимірювання коефіцієнта розсіювання на одній довжині хвилі під різними кутами стосовно проникаючого випромінювання. На рис. 5 показані індикатриси розсіювання випромінювання для різних відношень радіуса частки r до довжини хвилі λ.

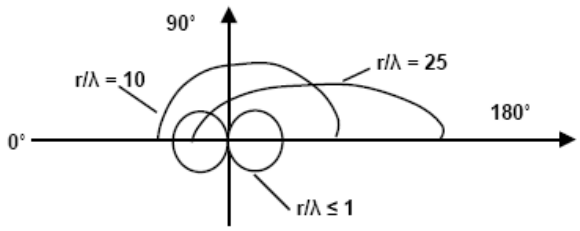

Рис. 5. Характерні індикатриси аерозольного розсіювання

У лабораторних і клінічних дослідженнях методи нефелометрії застосовують для визначення концентрації білка в розчинах, реєстрації компонентів у сироватці крові, оцінки якості питної води, визначення концентрації пилу в повітрі [10].

ЛЮМІНЕСЦЕНТНИЙ АНАЛІЗ

Люмінесцентний аналіз – метод дослідження біосередовищ, заснований на спостереженні їхньої люмінесценції. Використовують фото- і біохіміолюмінесценцію.

Фотолюмінесценція виникає через ~ 10^{-8} с після первинного опромінення біосередовища ультрафіолетовим випромінюванням. Спектр люмінесценції зміщений в область більших довжин хвиль (закон Стокса, рис. 6).

Рис. 6. Метод фотолюмінесценції

Метод первинної люмінесценції - це попереднє опромінення досліджуваної області біоструктури ультрафіолетовим випромінюванням і спостереження люмінесценції у видимому спектрі. У такий спосіб можна визначити підшкірні крововиливи, аномалії пігментації шкіри, ранню стадію гепатиту й навіть каріє зубів, а також наявність деяких біоорганізмів.

Метод вторинної люмінесценції припускає введення в організм малих концентрацій речовини, що володіють властивостями люмінесценції. Люмінесцентний аналіз застосовують для дослідження якості продуктів харчування, їхнього забруднення, у судовій медичній експертизі [10].

СПЕКТРОФОТОМЕТРІЯ

Медична спектрофотометрія – це метод визначення спектральних характеристик речовини на основі біозразків. У медикобіологічних дослідженнях застосовується аналіз атомних і молекулярних спектрів поглинання. Для реалізації методу використовуються спектроскопи, спектрографи, спектрометри та спектрофотометри.

Розрізняють електронну спектроскопію (ультрафіолетову і видиму), коливальну і обертальну (інфрачервону, комбінаційного розсіювання, мікрохвильову і радіоспектроскопію).

Спектральний аналіз за характером виконуваних робіт можна поділити на:

- елементний (визначення складу зразка за елементами);
- ізотопний (визначення складу зразка за ізотопами);
- молекулярний (визначення молекулярного складу зразка);
- структурний (визначення структурних складових молекулярного з‘єднання).

РЕФРАКТОМЕТРІЯ

Рефрактометрія є одним з найбільш широко використовуваних аналітичних методів, що дозволяють визначити речовину, що знаходиться в рідкому стані, чи концентрацію двухкомпонентних розчинів.

Рефрактометрія заснована на явищі заломлення світла при переході з одного середовища в інше, що називається рефракцією. Показником чи коефіцієнтом заломлення називають відношення синуса кута падіння променями світла до синуса кута його заломлення:

$$n = \frac{\sin a}{\sin b}. \tag{10}$$

Якщо промінь світла переходить з вакууму чи повітря в інше середовище, то кут падіння завжди більше кута заломлення. При збільшенні кута падіння, змінюється співвідношення між величиною світлової енергії, що проходить в інше середовище, і відбитої від границі розділу. При кутах падіння вище критичного, світло цілком відбивається від поверхні розділу. Цей кут називається кутом повного внутрішнього відбиття. Знаючи кут повного внутрішнього відбиття a', можна визначити показник заломлення:

$$n = \frac{1}{\sin a'}. \tag{11}$$

У зв'язку з тим, що показник заломлення залежить від довжини хвилі, існує безліч показників заломлення для тих самих речовин. Найбільш розповсюдженим є показник заломлення жовтої лінії натрію (589,3 нм), що позначається n. Показник заломлення залежить від внутрішнього стану речовини, від її температури, тиску, концентрації, природи розчинника. Тому для систематизації отриманих результатів, приймається показник заломлення, визначений при температурі 20°С, у спектрі натрію (589,3 нм). При вимірах в умовах іншої температури, вводять поправки на температуру за формулою:

$$n' = n_{20} + k(20 - t). \tag{12}$$

ДІАФАНОГРАФІЯ

Діафанографія – це метод візуалізації внутрішньої будови м'яких біотканин у видимому й інфрачервоному діапазонах оптичного випромінювання шляхом їхнього просвічування. Заснований на різній оптичній прозорості біотканин.

Переваги методу - простота технічної реалізації (джерело світла - освітлювальна електролампа накалювання) і нешкідливість.

Недолік - більша неточність (частота хибних висновків в три рази більша, ніж при рентгенівських й ультразвукових дослідженнях).

Метод переважно використовується для візуалізації патологій у немовлят.

Фізіологічна оптика – це сукупність методів для вивчення процесу сприйняття світла оком людини – офтальмометрія, рефрактометрія, адаптометрія, кольоровосприйняття.

Медична фотографія – це метод досліджень, заснований на одержанні на світлочутливих матеріалах зображення об'єктів, окремих органів і біоструктур з метою діагностики й відображення динаміки патологічних процесів, а також результатів лікування. Розрізняють спеціальні методики: мікрофотографію, порожнинну фотографію, фотографування в інфрачервоному й ультрафіолетовому діапазонах, порожнинну голографію [11,12].

ВИСНОВКИ

Таким чином оптичні методи дослідження основані на законах випромінювання,

розповсюдження і взаємодії світла з біологічною речовиною, що дозволяють проводити аналіз речовин, отримувати інформацію про будову, структуру, стан і перетворення різних компонентів і біологічних системах. До них відносяться методи прямого візуального спостереження і контроля біологічних об'єктів з використанням лінз, мікроскопів, освітлювачів, а також спеціальних пристроїв – ендоскопів, що приміняються при бронхоскопії, гастроскопії та ін. Частину методів умовно виділяють в самостійний розділ – фототметрію; ці методи дозволяють вивчати процеси взаємодії випромінювання з тканинами організму. Серед цих методів виділяють неінвазивні, які досліджуються з метою отримання швидких і надійних відомостей про стан біологічних об'єктів, а також дають можливість створення портативних апаратних засобів для дослідження життєдіяльності організму.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Біомедичні оптико-електронні системи і апарати. Ч.1. Неінвазивні методи діагностики серцево-судинної системи [Павлов С.В. та ін.] – Вінниця, ВДТУ, 2003. – 142 с.
2. Микрокомпьютерные медицинские системы: Проэктирование и применения [Фурно Г. и др..]. Пер. с англ.– М: Мир, 1983 – 546 с.
3. Аналіз лазерних систем для біомедичних досліджень / Павлов С.В., Мохамед Ель-Хатіб. // Вісник ВПІ, 2002 . - № 1. – С. 65 – 71.
4. Оптико-електронна геоінформаційно-енергетична система біомедичного призначення / Кожем'яко В.П., Павлов С.В., Шевченко О.В., Дмитрук В.В. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – №2(12). – С. 192-196.
5. Распознавание образов и медицинская диагностика / Под ред. Ю.И. Неймарка. – М.: Наука, 1972. – 328 с.
6. Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. - Винница, Континент, 1996. – 132 с.
7. Мустецов Н.П. Инструментальные методы медико-биологических исследований: Учеб. пособие. – Х.: ХТУРЭ, 1999.
8. Олейник В.П. Методы медико-биологических исследований / Олейник В.П.,Кулиш С.Н., Овчаренко В.Е.: Учеб. пособие. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003.
9. Попечителев Е.П. Инженерные аспекты медико-биологических исследований. – Л.: ЛЭТИ, 1985.
10. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика.- М.: Высш. шк., 1987.
11. Смердов А.А. Біомедичні вимірювальні перетворювачі / Смердов А.А., Сторгун Є.В. – Л.: Львівська політехніка, 1997.
12. Физика визуализации изображений в медицине: в 2–х томах. Т. 2: Пер. С англ. / Под ред. С. Уэбба. – М.: Мир, 1991. – 408 с.., ил.

Надійшла до редакції 10.01.2009р.

ДМИТРУК В.В. – аспірант кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

БЕЛІК Н.В. – к.м.н., викладач кафедри XXX

ШТЕЛЬМАХ С.О. – лікар-стоматолог, пошукач кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.