

СЕКЦІЯ 6

БІОМЕДИЧНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

УДК: 616-71

ПІДВИЩЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ТА РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ СПЕКТРОМЕТРА ІОННОЇ РУХЛИВОСТІ ДЛЯ ЗАДАЧ ДЕТЕКТУВАННЯ ЛЕТКИХ ЕНДОГЕННИХ МЕТАБОЛІТІВ

Безручко О.В., Прензилович Б.В., Мисюра А.Г., Інститут прикладних проблем фізики і біофізики НАН України, м. Київ, Україна

Інструментальний аналіз якісного та кількісного вмісту летких ендogenous метаболітів у видихуваному повітрі, що можуть виступати біомаркерами певних патологічних процесів у організмі, стримується умовами до чутливості та селективності засобів газового аналізу.

У роботі надаються результати розроблення та застосування робочого макета спектрометра іонної рухливості (CIP) з нерадіоактивним джерелом іонізації та покращеними аналітичними характеристиками.

Основною відмінністю розробленого спектрометра (рис.) є підтримуваний режим безупинного потоку іонів в об'ємі іонізованого контрольованого середовища від джерела іонізації, функції якого виконує високовольтний формувач негативного коронного розряду, до детектора (анода), який забезпечує роздільне реєстрування потоку утворених іонів, які подолали обмеження руху та нейтралізацію на іонному затворі.



Рисунок. Схема функціональних вузлів CIP

Модифікований іонний затвор типу «Бредбері-Нільсена» виконує роль частотного іонного фільтра. На виході отримуємо залежність іонного струму від тривалості імпульсу, що запирає затвор, у різні моменти часу дії цього імпульсу.

Показано вплив на формування вихідного іонного струму геометричних та електричних параметрів дрейфової трубки, джерела іонізації, фізико-хімічних властивостей дрейфуючої газової суміші та інших факторів.

Отримано попередні дані про вплив температури, вологості, швидкості подачі газу реагенту на розділення за рухливістю молекул-метаболітів, також про фізико-хімічні процеси утворення та дрейфу негативних іонів при коронному розряді негативної полярності. Подано заявку на винахід.

Ключові слова: спектрометр іонної рухливості, леткі ендogenous метаболіти, молекули-біомаркери.

УДК 577.352

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ МІЖФАЗНОГО ПЕРЕНОСУ МОЛЕКУЛ-БІОМАРКЕРІВ В ЛЕГЕНЕВИХ СТРУКТУРАХ

*Березняк М.В., Мисюра А.Г., Інститут прикладних проблем фізики і біофізики НАН України,
м. Київ, Україна*

Для вивчення механізмів утворення і переносу молекул-біомаркерів в легеневи́х структурах нами використовувалась розроблена імітаційна модель динаміки процесів масопереносу і розподілу концентрацій респіраторних газів і присутніх в надни́зьких концентраціях органічних сполук в легеневи́х структурах, судинному руслі органів і тканинних структурах з врахуванням дихального циклу та його змін в різних умовах. У моделі імітується динаміка процесів утворення та руху одночасно декількох молекул-біомаркерів (ацетон, вуглеводні та інші) в дихотомічно розгалужених бронхіальних структурах та альвеолах, при міжфазній масопередачі кожної із сполук через неоднорідні мембранні структури та вплив цих процесів на формування концентрації молекул-біомаркерів у видихуваній суміші. Контроль здійснювали вимірами вмісту і концентрації компонентів видиху методами газової хроматографії, оптичної спектрометрії, люмінісцентного аналізу та ін.

Одна із задач, що досліджувалась – визначення чисельних значень коефіцієнтів дифузії, розчинності, масопередачі та інших фізичних характеристик середовищ різної природи стосовно кожної із досліджуваних ендogenous органічних сполук на всіх зазначених етапах їх руху. Отримано і враховано розрахункові чисельні значення щодо відмінності щільності капілярів в одиниці об’єму органу чи тканин, а відтак і протяжність міжкапілярного руху молекул та інші показники, необхідні для вивчення процесів переносу органічних сполук в капілярно-тканинному середовищі. Кожний капіляр служить певному об’єму тканини, що його оточує. Щоб молекули леткої сполуки перейшли із міжкапілярного середовища в кров і транспортуватися їм необхідно подолати кілька структур, неоднорідних по своєму складу, геометричним розмірам і дифузійним характеристикам. Аналогічні процеси мають здійснюватися і в бронхіальному тракті, на поверхні кожної дихотомічної структури з її ввійчастим покриттям і наповненням, багат шаровою структурою, де кожен з шарів має різні фізичні властивості. в просторі альвеол і бронхів з їх дихотомією, ввійчастою структурою, формуванням слизової поверхні та механізмів поверхневої адсорбції мо-

лекул, їх змішування і видалення з сумішшю, що видихається. Проведені дослідження і отримані на моделях результати показали, що на процеси міжфазної масопередачі органічної сполуки мають суттєвий вплив довжини шляху її масопередачі у радіальному напрямку через стінки капілярів, дифузійні, сорбційні властивості кожного шару мембранних структур.

Ключові слова: біомаркер, процеси масопереносу, міжфазна передача.

УДК 615.849.1

ШЛЯХИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЛІКУВАННЯ ОНКОЗАХВОРЮВАНЬ ЗА МЕТОДОМ ФОТОДИНАМІЧНОЇ ТЕРАПІЇ

¹⁾Руденко Я.Ю., ²⁾Денисов М.О., ¹⁾Публічне акціонерне товариство науково-виробничий центр «Борщагівський хіміко-фармацевтичний завод», ²⁾НТУУ «Київський політехнічний інститут», Україна, м. Київ, Україна

Метод лікування онкологічних захворювань за методом фотодинамічної терапії (ФДТ) є одним з найбільш ефективних та найменш інвазивних сучасних методів лікування онкологічних захворювань, особливо на ранніх стадіях їх розвитку. Метод ФДТ базується на вибірковій деструкції ракових клітин, що селективно накопичили хімічну речовину-фотосенсибілізатор при дозованому їх опромінюванні оптичним випромінюванням в спектральному діапазоні активації фотосенсибілізатора.

Вітчизняний фотосенсибілізатор Гіперфлав (ПАТ НВЦ “Борщагівський ХФЗ”, м. Київ) – флуоресцентний маркер для ранньої діагностики та терапії онкологічних захворювань внутрішніх та зовнішніх органів людини. Для зручності використання Гіперфлаву були розроблені дві фармацевтичні форми препарату, а саме: для внутрішніх органів у вигляді капсул та для зовнішніх органів у вигляді мазі.

Гіперфлав має максимум поглинання на довжині хвилі 595 ± 3 нм, що не співпадає з довжинами хвиль випромінювання існуючих лазерів. Тому для реалізації метода ФДТ з використанням фотосенсибілізатора Гіперфлав необхідно застосування нелазерних джерел випромінювання, які б випромінювали в смузі поглинання Гіперфлава та забезпечували в операційній зоні густину потужності випромінювання, достатню для фотодинамічного ефекту [1].

Джерела випромінювання на світловипромінюючих діодах, за своїми спектрально-енергетичними характеристиками найбільше підходять для реалізації методу ФДТ з фотосенсибілізатором Гіперфлав, а саме: довжина хвилі світлодіодів складає 588 ± 2 нм (Hebei Ltd., Китай) або 591 ± 5 нм (Cree Inc., США), що є близьким до довжини хвилі максимуму поглинання фотосенсибілізатора Гіперфлав, достатньо вузьку діаграму направленості ($2\theta_{1/2} = 30^\circ - 40^\circ$) та спектральну характеристику ($\Delta\lambda_{0.5} = 35 - 40$ нм) [2].

Для отримання фотодинамічної дози ($50 - 200$ Дж/см²), достатньої для ФДТ

зовнішніх органів при тривалості процедури 15-20 хв., необхідним є використання матричних світлодіодних джерел випромінювання (1000-1500 світлодіодів), конструкція яких має забезпечувати збирання випромінювання світлодіодів на операційній площині діаметром 30-40 мм. Для реалізації цієї вимоги кластери світлодіодів було розміщено на конструкції, що має форму сферичного сегменту з радіусом кривини 300-350 мм, а в його діаметральній площині розміщено порожнистий дзеркальний конус, призначений для підвищення опромінюваності операційної зони. Контроль рівня опромінюваності в операційній зоні та визначення необхідної для неї тривалості лікувальної процедури має здійснюватись датчиком фотодинамічної дози.

Використання Гіперфлаву для ФДТ є пріоритетним на найближчу перспективу, але потребує його широких лабораторних та клінічних досліджень як окремо, так і разом з апаратною реалізацією методу ФДТ.

Ключові слова: фотодинамічна терапія, Гіперфлав, фотодинамічна доза.

Література:

1. Патент України на корисну модель №21685. Спосіб фотодинамічної терапії раннього раку / О.Ю. Іоффе, М.О. Денисов, Р. Абу Шамсія, Ю.Г. Кузенко, Я.Ю. Руденко; заявл. 23.11.2006; опубл. 15.03.2007, Бюл. №3.
2. Денисов М.О. Лабораторний макет системи лікування онкозахворювань за методом ФДТ / М.О. Денисов, О.О. Редчук, Т.В. Корольова // Вісник НТУУ “КПІ”. - Серія Приладобудування. – 2010. – Вип. 39. – С. 125 – 129.

УДК 681.7/616-71/616.591/616.599

**ДІАФАНОСКОПІЧНА СИСТЕМА ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН**

¹⁾Мельник І.В., ²⁾Кожухар О.Т., ¹⁾Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна, ²⁾Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Знання оптичних параметрів біологічних тканин є ключовим моментом при розробці теоретичних моделей, що описують поширення світла в біотканинах. Запропонована авторами модель побудови діафаноскопічної системи оптичного випромінювання, в основі роботи якої лежить процес визначення коефіцієнта відбитого світлового потоку при проходженні через підозрілі на патологію поверхневі та приповерхневі багатокомпонентні тканини людського організму, передбачає можливість використання оптичного випромінювання світлодіодної матриці. Повний спектр випромінювання семи світлодіодів матриці повністю охоплює необхідну для зондувального випромінювання область. Завдяки цьому розширюються функціональні можливості пристрою, зокрема в разі його використання при здійсненні експрес-діагностики шкірних хвороб.

Використання оптико-електронних систем є передумовою створення неінвазивного, компактного, простого, дешевого фотоінформаційного пристрою, що дозволить здійснювати регулярне діагностування нешкідливим випромінюванням широких прошарків населення, виявляти при ранньому прогнозуванні

патологічні зміни *in-vivo* за довго до їх клінічного прояву та визначати глибину патологічного процесу, та здійснювати оперативний контроль за ефективністю лікування з метою своєчасної її корекції.

Узагальнено принцип роботи пристроїв для визначення коефіцієнта відбиття та вказано на особливості роботи та основі оптичної схеми даних приладів. Експериментально досліджено моделі живих тканин, що характеризувались окремими дерматологічними захворюваннями (псоріаз, екзема, себорея). Проведено спостереження за зміною клітинної поведінки без нагрівання шкіри та різних ефектів на біохімічному та функціональному рівнях. Досліджено фотометричні, енергетичні, спектральні, просторові, оптичні характеристики, на основі яких визначено показники стану біологічних тканин при захворюваннях.

Застосування вказаної діафаноскопічної системи можливе, наприклад, при визначенні оптичних характеристик поверхонь з використанням методу спектрофотометрії світлорозсіювальних середовищ, що дозволяє непрямым чином, через оцінку оптико-фізичних властивостей середовища розповсюдження випромінювання, отримувати інформацію про вміст в зоні обстеження і забезпечити просту та некоштовну діагностику шкірних захворювань завдяки підібраним взаєморозташуванням фотодіода та світлодіодів у матриці.

Ключові слова: модель шкіри, оптичні характеристики, діафаноскопія.

УДК 535.243

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ АНІЗОТРОПІЇ БІОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ

*Безугла Н.В., Безуглий М.О., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Розуміння просторового характеру поширення оптичного випромінювання є основою багатьох чисельних методів вирішення рівняння теорії переносу випромінювання в оптиці біологічних тканин. Аналітичні дані, отримані при дослідженні фазової функції різних біологічних структур в умовах експерименту *in vivo* або *in vitro* широко використовуються при розробці та вдосконаленні оптичних медичних діагностичних приладів і систем (фотоплетизмографів, томографів, мамографів та ін.). Основними діагностичними показниками при цьому виступають коефіцієнти поглинання та розсіювання, а також фактор анізотропії, які в залежності від того, який використовується метод дослідження (прямий або інверсний) є вихідними або кінцевими параметрами.

У даній роботі проаналізовані найпоширеніші фазові функції, що характеризують анізотропію різних біологічних середовищ (Henyey-Greenstein, Rayleigh-Gans, Eddington, δ -Eddington, Reynolds, isotropic, δ -isotropic). Характерно, що більшість дослідників, що використовують теорії Монте-Карло та подвоєння-помноження користуються функцією Henyey-Greenstein, як такою, що найбільш точно описує кутове розсіювання в більшості біологічних тканин.

Для практичного (експериментального) визначення фактору анізотропії найчастіше застосовують гоніофотометричні методи, сутність яких полягає у вимірюванні розсіяного оптичного випромінювання приймачем, що обертається навколо біологічного середовища по колу. При цьому об’єкт дослідження освітлюється білим або монохроматичним, когерентним або некогерентним, але як правило колімованим світлом.

На основі проведеного аналізу авторами виказана гіпотеза про доцільність дослідження анізотропії біологічних середовищ в залежності від умов проведення експерименту одночасно у відбитому світлі та у світлі, що пройшло. Виконані схемотехнічне моделювання установки, реалізація якої дозволить реалізувати запропонований принцип. Розроблена конструкція тримача рідких біологічних зразків та тонких зрізів біологічних тканин. Розроблене програмне забезпечення для аналізу зареєстрованих розсіяних потоків в рамках потокової теорії Кубелки-Мунка.

Ключові слова: фактор анізотропії, фазова функція, оптика біологічних середовищ.

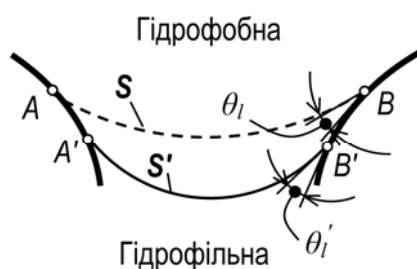
УДК 617.741:612.844.1

ОПТИЧНА СИСТЕМА ШТУЧНОГО КРИШТАЛИКА ОКА З ФУНКЦІЄЮ АКОМОДАЦІЇ

Молебний В.В., Інститут біомедичної техніки та технологій, м. Київ, Україна

Останнім часом набирають поширення штучні кришталіки з подовженою зоною комфортного відображення віддалених та близьких об’єктів (за рахунок ускладненої форми поверхні лінзи). Більш радикальним є напрямок відтворення акомодацийних властивостей імплантованого кришталіка. Але навіть з найскладнішими телескопічними конструкціями можна досягти діапазону не більше 2,5 діоптрій.

Для збереження функції акомодатії штучного кришталіка ока запропоновано використання рідинної двох- або трьохкомпонентної лінзи з незмішуваними рідинами, границя розділу яких дотична то поверхні бічних стінок штучного кришталіка зі специфічними властивостями форми або/та характеристиками змочування (В. В. Молебний. Патентна заявка України № 201115460). У першому випадку форма поверхні виконана так, що при постійному контактному



куті границі розділу при її дотику з поверхнею стінки вона задає різні початкові умови для кривини цієї границі розділу в залежності від її положення, яке є функцією стискання або розтягування циліарних м’язів, що діють на зовнішню гнучку діафрагму, змінюючи співвідношення об’ємів рідин в оптичній зоні. В одній з конфігурацій (див. рисунок) при розслаблених циліарних м’язах контактний кут

в точках дотику A і B має значення θ_l , надаючи границі розділу кривину S . Якщо рідини вибрані так, що гідрофобна рідина має показник заломлення більший від показника заломлення гідрофільної рідини, то границя розділу створює позитивну лінзу. В акомодованому стані під дією циліарних м'язів гідрофобна рідина витискає гідрофільну до рівня $A'B'$. При тому ж контактному куті $\theta'_l = \theta_l$ кривина S границі розділу збільшиться до S' , і лінза матиме більшу оптичну силу.

У другому випадку характеристики змочування поверхні бічної стінки є змінними в залежності від рівня границі розділу рідин. Одним з прикладів надання структурі поверхні різних значень змочування є нанесення моношарових покриттів з нанократерами розміром 10 - 50 нм. Наноструктуру покриття можна змінювати також хімічним шляхом, створюючи вуглецеві нанотрубки з розмірами частинок від 30 нм до 6 мкм. Трьохкомпонентна лінза може бути виконана з серцевиною одного типу й зовнішніми шарами - іншого типу. Така структура є наближеною до структури природного кришталіка.

Ключові слова: штучний кришталік, акомодация, рідинна лінза, змочування.

УДК 681.784

ОБЪЕКТИВНЕ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КЛІНІЧНОГО ФОКУСУ ПРЕСБІОПІЧНОГО ОКА

Чиж І.Г., Шиша Т.О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Вікові фізіологічні зміни в оці людини та імплантація в око інтраокулярних лінз призводять до втрати акомодативної функції, яка забезпечується нормальним природним кришталіком. Тому в сучасній офтальмології вирішується проблема як найкращого відтворення цієї функції після видалення катаракти. Одним з таких є імплантація штучних кришталіків, в яких у різний спосіб формується витягнута вздовж візуальної осі фокусна область. Коректне надання оку псевдоакомодатії за рахунок таких лінз потребує об'єктивних (без участі пацієнта) вимірювань обсягу псевдоакомодатії, тобто глибини простору об'єктів, відносно якої оптична система ока з імплантованим кришталіком забезпечує зоровому органу практично незмінну якість зображення точкових джерел світла, що знаходяться в цьому просторі.

Задачею даної роботи є розробка приладу, здатного здійснювати такі вимірювання. Мета – створення умов для підвищення ефективності використання мультифокальних інтраокулярних лінз.

Для об'єктивної оцінки обсягу псевдоакомодатії ока з природним або з імплантованим кришталіком пропонується вимірювати геометричні параметри так званого «повітряного» зображення точки, розташованої на сітківці у вигляді світлової мікроплями. Вказане зображення формується самою оптичною системою ока у зворотному напрямку – від сітківки до рогівки і далі в просторі

об'єктів. Вимірювання геометричних параметрів здійснюються у зоні вторинного зображення «повітряного зображення» точки, сформованого об'єктивом, розташованим перед оком, в який надходить випромінювання від освітленої мікроділянки сітківки. Тривимірний розподіл освітленості у зоні вторинного зображення реєструється за допомогою телевізійної камери, фотоприймач якої за допомогою механізму з кроковим двигуном переміщується уздовж оптичної осі і через деякий крок фіксує відеокадри у пам'яті комп'ютера. Серія таких кадрів складає дані томографії «повітряного» зображення точки. Їх розшифровка дає можливість відтворити параметри фокусної області ока і розрахувати обсяг псевдоакомодації при різних діаметрах зіниці.

Запис серії відеокадрів можна істотно прискорити, якщо в приладі застосувати електрично керовану варіолінзу, оптично спряжену з зіницею ока. При цьому телевізійна камера стає нерухомою, а швидкодія приладу обмежується лише швидкодією телевізійної камери та інерційністю варіолінзи.

Ключові слова: фокусна область ока, обсяг псевдоакомодації, пресбіопічне око.

УДК 57.087

МЕТОДИКА ТАРГЕТНОЇ ДОСТАВКИ ПРОТИПУХЛИННОГО НАНОКОМПОЗИТУ

²⁾Бондар В.В., ¹⁾Вислоух С.П., ^{1,2)}Дуплавий І.В., ²⁾Чехун В.Ф., ¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», ²⁾Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є.Кавецького, м. Київ, Україна

Дослідження систем на основі спрямованого транспорту наноконкомпозитів в пухлини при дії постійних магнітів, відкривають нові перспективи в створенні медико-біологічних систем, які дозволять підвищити ефективність лікування онкологічних захворювань.

Нові підходи адресної доставки в органи-мішені біосумісних нанорозмірних матеріалів при дії магнітних полів покладають великі надії на подолання лікарської резистентності пухлин та в лікуванні онкологічних хворих в цілому. Нажаль, багато питань, щодо вирішення даних проблем, не розв'язані та потребують детального вивчення. Зокрема, існує проблема забезпечення пролонгованої дії протипухлинних препаратів з їх визначеною ефективною концентрацією у пухлині.

Щоб дослідити вплив магнітного поля на пухлинні клітини з наноконкомпозитом необхідно визначити напрям дії магніту, градієнт, частоту впливу, значення магнітної індукції в залежності від відстані розташування магнітної системи та силу впливу магнітного поля на тканини з наноконкомпозитом. Дане дослідження присвячене вимірюванню, моделюванню та розрахунку параметрів магнітного поля постійних магнітів, побудові його просторової конфігурації, розрахунку сили впливу магніту на наноконкомпозит (біосумісні наночастинки магнетиту та про-

типухлинний препарат: доксорубіцин або цисплатин) для визначення концентрації наночастинок в біологічних об’єктах. Експериментально було виміряно значення індукції магнітного поля чотирьох магнітних систем на основі Nd-Fe-B: концентруючого, планшетного, великого опромінюючого та циліндричного постійних магнітів з величинами магнітної індукції від 1105 до 0,01 мТл по модулю. Побудовано їх трьохвимірні моделі конфігурації магнітного поля.

Створено емпіричну модель, яка дозволила оцінити зміну магнітної індукції в залежності від відстані концентруючої магнітної системи до біологічного об’єкта. Залежність відстані X від магнітної індукції Y описана поліномами шостої степені загального вигляду:

$$Y = A_6 \cdot X^6 + A_5 \cdot X^5 + A_4 \cdot X^4 + A_3 \cdot X^3 + A_2 \cdot X^2 + A_1 \cdot X + A_0.$$

За допомогою методу Фарадея було визначено магнітну силу взаємодії 5 мл нанокompозиту в залежності від відстані до циліндричного магніту.

Таким чином, запропонована методика таргетної доставки протипухлинного нанокompозиту дозволить більш надійно та точно концентрувати протипухлинний нанокompозит в пухлинах.

Ключові слова: постійне магнітне поле, протипухлинний нанокompозит.

УДК 577:4:581.17

УСТРОЙСТВА НЕИНВАЗИВНОГО КОНТРОЛЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

*Кравченко А.В., Лаврич Ю.Н., Погорелая Л.М., Плаксин С.В., Соколовский И.И.,
Институт транспортных систем и технологий НАНУ «Трансмаг», г. Днепропетровск,
Институт технической механики НАНУ и НКАУ, г. Днепропетровск, Украина*

Представлены результаты экспериментального и теоретического исследования автогенераторных полупроводниковых (на МЭП-диодах см- и мм-диапазонов длин волн) устройств неинвазивного (бесконтактного) контроля параметров (амплитуды и частоты) внешнего дыхания и сердцебиения. Рассмотрены два возможных варианта исполнения датчиков такого рода. Первый – позволяющий выделить дискриминатором частоту дыхания из разностной частоты опорного высокостабильного автогенератора и «активного» генератора, частота которого связана с положением грудной клетки пациента как фактором изменения нагрузки. Второй – одногенераторный датчик сердцебиения, в котором нагрузкой служит область сердечного толчка, а большесигнальные эффекты, связанные с общим перемещением грудной клетки, подавляются благодаря введению отрицательной обратной связи на частоте дыхания, так что информативный сигнал содержит информацию только о частоте и амплитуде сердечных сокращений. Такая расфилтровка частот полезных и дезорганизующих сигналов позволяет снизить паразитную АМ- и ЧМ-модуляцию собственного автогенератора на частотах питающей сети, устранить «микрофонные» эффекты и на-

водки от работающих электроустановок, снизить погрешности от произвольных движений пациента в процессе исследований. Анализ на устойчивость автоколебательного процесса показал наличие оптимального расстояния между излучателем и пациентом, поэтому в устройстве предусмотрена возможность изменения фазового расстояния без изменения выбранного наиболее физиологического положения пациента. Благодаря безынерционности указанного устройства все фазы и особенности дыхания и сердцебиения хорошо просматриваются на осциллограмме или кардиограмме, поэтому устройство позволяет оценивать функциональное состояние сердечнососудистой системы и отслеживать процесс физической реабилитации после операции или после высоких физических психоэмоциональных нагрузок.

Благодаря простоте обслуживания, надежности получаемой информации, скорости проведения исследований, гигиеничности процедуры обследования данное устройство может применяться для экспресс-контроля больших групп населения, а также для самоконтроля физиологических параметров людей, находящихся в экстремальных условиях.

Ключевые слова: сердцебиение, внешнее дыхание, полупроводниковый автогенератор, разностная частота, излучатель, фазовое расстояние.

УДК 621.382.049.77

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ КАРБОКСИГЕМОГЛОБІНУ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ПУЛЬСОКСИМЕТРІЇ

¹⁾Мережаний П.Г., ²⁾Мамилов С.О., ³⁾Мережаний Ю.Г., ¹⁾НДІ Прикладної електроніки НТУУ«КПІ», ²⁾Інститут прикладних проблем фізики і біофізики НАН України, ³⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Відомо, що карбоксигемоглобін (СОНb) є хімічною сполукою, яка утворюється при взаємодії оксиду вуглецю із гемоглобіном. Потрапляючи в легені з атмосферним повітрям СО розчиняється в плазмі крові, проникає в еритроцити і утворює комплекс, що не здатний приєднувати і переносити кисень [1]. При отруєннях чадним газом СОНb концентрація може зростати до двох десятків відсотків.

Наразі визначення вмісту СОНb в крові проводиться інвазивними методами [2], що потребують значного часу для аналізу та спеціально обладнаного місця.

Неінвазивні системи аналізу складу крові, що реалізують базовий метод пульсоксиметрії, визначають лише відносну концентрацію оксигемоглобіну [3]. Даний метод спирається на вимірювання коефіцієнтів модуляції двох довжин хвиль $\lambda_1 = 660$ нм та $\lambda_2 = 940$ нм. Кількість рівнянь Бера-Ламберта в системі зумовлює кількість параметрів, які можна визначити. Для двох довжин хвиль відповідно складається чотири рівняння і отримується відносна концентрація

окси- та деоксигемоглобіну. Для визначення концентрації карбоксигемоглобіну запропоновано застосування третього світлового сигналу з довжиною хвилі $\lambda_3 = 556$ нм, що дозволить отримати відносну концентрацію СОНб прямим методом вимірювання [4].

Для реалізації запропонованого авторами у вказаній роботі удосконаленого методу пропонується пристрій, структура якого наведена нижче.

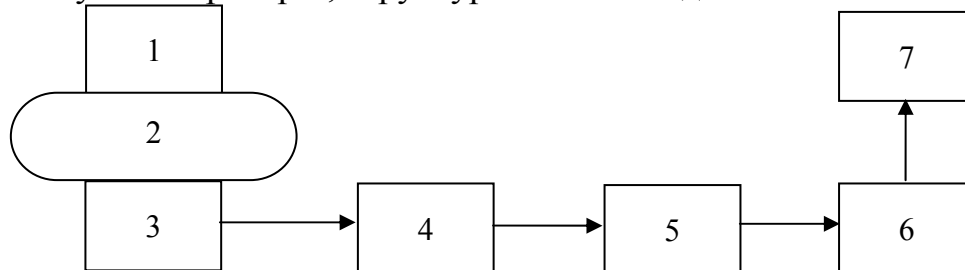


Рисунок. Структурна схема удосконаленого пульсоксиметра

Оптичне випромінювання трьох довжин хвиль постійної потужності по черзі випромінюється відповідними світловипромінюючими діодами (1) з частотою 400 Гц і після ослаблення в кровонаповненій тканині (2) приймається фотоприймачем (3). Після цього прийнятий сигнал масштабується підсилювачем (4) і вимірюється АЦП (5), вихідна послідовність цифрових даних з виходу якого потрапляє на мікроконтролер (6), де обробляється згідно запропонованому удосконаленому методу [4]. Результати обробки відображаються на дисплеї (7).

Ключові слова: карбоксигемоглобін, пульсоксиметрія, мікроконтролер.

Література:

1. Боечко Ф.Ф., Боечко Л.О. Основні біохімічні поняття, визначення і терміни. – К.: Вища школа, 1993. – 528 с.
2. Исследование системы крови в клинической практике. Под ред. Г.И. Козинца, В.А. Макарова. – М. Триада-Х, 1997. – 480с.
3. Волков В.Я., Гладков Ю.М., Завадский В.К., Иванов В.П. Принципы и алгоритмы определения оксигенации крови по измерениям пульсоксиметра // Мед. техника. – 1993. – №1. – С.16–20.
4. Патент України №31291А. Мінов О.М., Кравченко В.Й., Плаксіє Ю.С., Мамілов С.О. Спосіб сатурації крові киснем.

УДК 577.3

ТЕМПЕРАТУРА ЯК ПАРАМЕТР ОЦІНКИ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З БІОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

*Назарчук Л.Ю., Житомирський державний технологічний університет,
м. Житомир, Україна*

Оцінка ефектів впливу електромагнітного випромінювання на біологічні

тканини представляє інтерес для ряду практичних задач. В останній час проводяться дослідження фізики та біофізики взаємодії міліметрових хвиль нетеплової інтенсивності з біологічними об'єктами. Разом з тим є науковий інтерес до особливостей теплової взаємодії, що обумовлена специфікою процесів у живій тканині.

У наш час однією з проблем сучасної медицини є розпізнавання та лікування злоякісних пухлин. Своєчасна діагностика на ранніх стадіях процесу та визначення його розповсюдження визначають хід наступного лікування. Тому особливий інтерес представляє розробка спрощених математичних моделей взаємодії електромагнітного випромінювання з біологічними тканинами, які дозволяють аналізувати температурні поля при локальній НВЧ гіпертермії злоякісних пухлин.

Запропонована математична модель використовує розповсюдження плоскої електромагнітної хвилі в середовищі з комплексною діелектричною проникністю, так як довжина хвилі випромінювання значно менше характерного лінійного розміру об'єкта. Поглинання електромагнітних хвиль біологічними тканинами обумовлено провідністю тканин. При знаходженні антени на деякій відстані від біологічного середовища спостерігається лінійна залежність температури від координати z . В даній області розв'язується лінійна задача про розподіл тепла. Всередині біологічного об'єкту розв'язується нелінійна задача про розподіл температури з використанням рівнянь еліптичного типу, що зводиться до розв'язку рівняння Лапласа в однорідних середовищах.

При наявності точкових джерел тепла рівняння Лапласа має вигляд

$$\Delta T = -f,$$

де $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа; ΔT – розподіл температури;

f – функція джерела.

Ключові слова: розподіл температури, точкове джерело тепла, рівняння Лапласа, НВЧ гіпертермія, комплексна діелектрична проникність.

УДК 616.831-005-07+611.13/19

СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ МЕТОДІВ ПРОМЕНЕВОЇ ДІАГНОСТИКИ В ВИЗНАЧЕННІ ЗАХВОРЮВАННЯ ГРУДНОЇ ЗАЛОЗИ

*Францевич К.А., Головний військово-медичний клінічний центр ордена Червоної
Зірки «Головний військовий клінічний госпіталь», м. Київ, Україна*

Вступ

Сьогодні в Україні зменшився рівень захворюваності на рак шлунку, стравоходу, легень, але зросла частота раку грудної залози (РГЗ), раку товстого та прямого кішківника, тіла матки, передміхурової залози. За останні 50 років (1960 - 2010 рр.) рівень захворюваності на РГЗ в Україні підвищився більше ніж

у 3 рази с 17,6 до 64,5 на 100 тисяч жіночого населення і має тенденцію до зростання (щорічний приріст захворюваності в середньому по Україні складає 3,25 %, в Києві та в великих містах – до 5,3 % (Щепотин И.Б., Федоренко З.П., Головка Т.С., 2010).

Успіх в лікуванні захворювань грудної залози значною мірою залежить від можливостей променевої діагностики патологічного процесу на ранній стадії розвитку.

Метою дослідження є визначення оптимальної тактики застосування променевих методів для діагностики захворювання грудної залози.

Матеріали та методи

На протязі 3х років для оцінки стану грудних залоз (ГЗ) у 2841 жінок в віковій групі 20-75 років з різними супутніми захворюваннями, застосовували рентгенівську мамографію (РМ), ультразвукове дослідження (УЗД), магнітно-резонансну томографію (МРТ) МЗ, спіральну комп'ютерну томографію (СКТ). Оцінювали особливості променевої діагностики різних патологічних станів ГЗ.

Результати

За допомогою променевих методів отримані та систематизовані різні ознаки доброякісних та злоякісних змін структури ГЗ і сформульована методика променевого дослідження ГЗ у жінок різних вікових груп.

Висновки

Жінки, які не мають скарг та клінічних ознак захворювання ГЗ до 35 років, виконують УЗД ГЗ, РМ, МРТ або СКТ. Після 35 років – РМ з УЗД, МРТ або СКТ ГЗ.

Ключові слова: грудна залоза (ГЗ), мамографія, ультразвукове дослідження (УЗД), магнітно-резонансна томографія (МРТ), спіральна комп'ютерна томографія (СКТ).

УДК 681.2:535.853

СКІН-ЕФЕКТ БІОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ЛІКУВАННІ ТА ДІАГНОСТИЦІ

¹⁾Скицюк В.І., ¹⁾Клочко Т.Р., ²⁾Артюхина Н.К., ¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна; ²⁾Білоруський національний технічний університет, м. Мінськ, Республіка Білорусь

Розповсюдження високочастотних електромагнітних коливань по масі тіла людини є одним з основних засад надійної роботи електромагнітних фізіотерапевтичних систем лікування та діагностики. Одним з таких фізичних ефектів, який супроводжує вплив зовнішніх випромінювань на БО (БТО) є скін-ефект, тобто виштовхування вільних (вироджених) електронів до поверхні тіла людини. Як наслідок, ситуація, коли щільність електронів у приповерхневому шарі тіла набагато перевищує їх кількість відносно геометричного центру, виникає

електричний потенціал. Тому існує можливість використати скін-ефект для створення засобів контролю, лікування та діагностики.

Наразі існує кілька фізико-математичних моделей, які пояснюють це явище, хоча у кінцевому випадку це зводиться до одного і того ж результату [1, 2, 3], наприклад, згідно однієї з моделей скін-ефект розглядається як явище дифузії [3]. Наведено також інші моделі скін-ефекту з огляду на виникнення електромагнітної індукції з таким напрямком, який ущільнює струм на периферії і значно знижує його у геометричному центрі органу. Для більш ретельного доказу розглядається циліндричний об'єкт, по якому протікає змінний струм високої частоти, тобто у масі об'єкту розглядається трубчастий струм радіусу u та товщиною du . Магнітне поле поза цим елементом розглядається знову такі, як трубчастий елемент радіусу r та товщиною dr , але за умови, що $r > u$.

З огляду на проблеми ефективності роботи лікувально-діагностичних систем нас цікавить товщина u_{ce} максимальної щільності височастотного струму у приповерхневому шарі шкіри тіла. Наведено вираз для випадку застосування магнітних матеріалів у БТО, коли БО має деякі частки ТО (наприклад, трансплантанти тощо), а також для периферійних модулів, які знаходяться у ближній зоні присутності, або повному контакті пацієнта з лікувально-діагностичною системою.

Величина опору є залежною від довжини шляху вздовж поверхні, чим менша глибина скін-шару u_{ce} , тим більшим є цей опір. У загальному випадку ця ситуація має опис як комплексний опір на одиницю довжини провідникового шару, тобто

$$Z_{ce} = R_0 + jX_0 = \frac{Z_s}{l_n} = \sqrt{\frac{jf\mu_n\mu_0}{\sigma l_n^2}},$$

де Z_s – поверхневий комплексний опір (поверхневий імпеданс), R_0 - активний опір шкіри, який визначає втрати потужності, l_n – переріз поверхневого скін-шару.

Є вочевидь, що існує можливість реалізації приладу виміру дефектів поверхні шкіри у експрес-режимі, що може використовуватися при діагностиці певних захворювань. Отже, особливості скін-ефекту у тілі людини значно підвищують можливості пропонованих лікувально-діагностичних систем.

Ключові слова: скін-ефект, поверхня шкіри, лікувально-діагностична система.

Література:

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. Учебник для электротехн., энерг., приборостр. спец. Вузов / Л.А. Бессонов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1986. – 263 с.
2. Смайт В. Электростатика и электродинамика. Пер. со второго американского издания А.В.Гапонова М.А.Миллера / В. Смайт. -М.: Иностранная лит-ра. – 1954. – 804 с.
3. Кузмичев В.Е. Законы и формулы физики / В.Е. Кузмичев / Отв. ред. В.К.Тартаковский. – К.: Наук. думка, 1989. – 864 с.

УДК 621.397.3:04/932

СОВРЕМЕННАЯ ТЕРМОГРАФИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В ВЫЯВЛЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

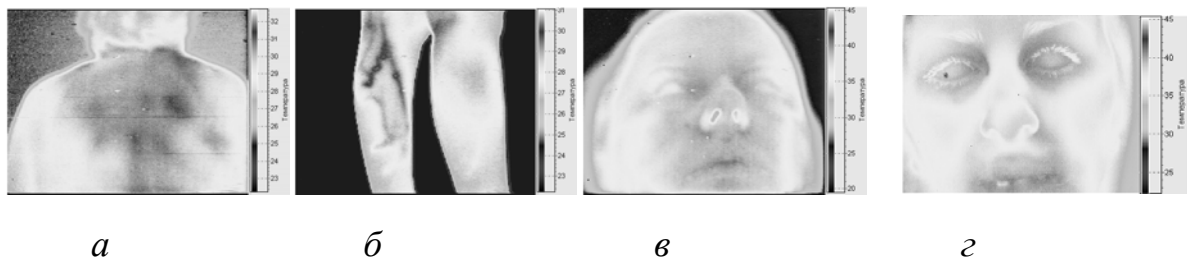
²⁾Венгер Е.Ф., ²⁾Дунаевский В. И., ¹⁾Котовский В.И., ¹⁾Назарчук С.С., ²⁾Соловьев Е.А.,
¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина, ²⁾Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАНУ, г. Киев, Украина

Термография, как диагностический метод, стал применяться с 60-х годов XX века. Однако несовершенство аппаратов, отсутствие опыта интерпретации термограмм, появление других диагностических методов привело к снижению интереса к этому виду диагностики. Появление новых современных аппаратов с высокой разрешающей способностью и возможностью регистрировать температуру с точностью до 0,01–0,05°C возобновило интерес к этому виду диагностики.

В Украине для этих целей применяются термографы как отечественного производства, так и производимые в других странах. Современные термографы выпускаются с охлаждаемой матрицей или матрицей болометрического типа. Спектральный диапазон чувствительности термографов находится в пределах 3,5–5 мкм или 8–14 мкм, что соответствует окнам прозрачности атмосферы. Интенсивно ведутся работы по созданию новых чувствительных матриц и совершенствованию программного обеспечения.

В настоящее время накоплен большой опыт применения термографии в онкологии, отоларингологии, маммологии, травматологии и ортопедии, пульмонологии, эндокринологии, флебологии и др.

На рисунках, в качестве примера, приведены термограммы, полученные с помощью разработанного термографа и относящиеся к пульмонологии (а), флебологии (б), отоларингологии (в), офтальмологии (г).



Преимущество термографии по сравнению с другими видами диагностики состоит в неинвазивности, получении объективной оценки состояния биологического объекта, а также возможности проводить дистанционное измерение температуры в любой точке на поверхности кожного покрова и оценивать его терморегуляцию.

Ключевые слова: термография, диагностика, биологический объект.

УДК 617.7-071; 612.16.161

РАЗРАБОТКА МЕТОДА НЕИНВАЗИВНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ И МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОЙ СИСТЕМЫ

Настенко Е.А., Носовец Е.К., Даниленко М.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Целью данной работы является исследование показателей системы кровообращения с целью разработки метода неинвазивной оценки состояния артериальной системы, функций сердца и микроциркуляторной сети.

В процессе исследования было проанализировано 19345 измерений артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Для распознавания функциональных зависимостей показателей АД и ЧСС использовались бикластеризационные иерархические процедуры «объекты-признаки» и метод кластерного анализа, разработанный на базе НИИ ИССХ им. Амосова. Для аппроксимации полученных зависимостей использовался регрессионный анализ, представленный в пакете IBM Statistics 20.0.

Регрессионные уравнения, отображающие зависимость АДД-АДС, имели форму кривых, каждая из которых имела область линейного роста при небольших значениях АДС. Далее значения диастолического давления стабилизировались, кривая образовывала плато с последующим незначительным ростом при увеличении систолического артериального давления.

В пространстве АДД-ЧСС три возрастающие зависимости имели форму, близкую к линейной, и располагались параллельно друг другу в диапазоне ЧСС от 55 до 110 сокращений в минуту. При этом, при одной и той же величине ЧСС зависимости существенно (в 1,3- 1,5 раза) отличались по величине диастолического артериального давления. Четвертая зависимость имела вид горизонтальной линии, располагавшейся в диапазоне значений ЧСС 110-170 сокращений в минуту и мало зависевшей от изменений ЧСС.

Для оценки эффективности применения полученных номограмм на нее наносились данные больных, которым была диагностирована хроническая недостаточность кровообращения разных степеней, артериальная гипертензия, а также показатели практически здоровых лиц.

Выводы

В результате исследований были получены две номограммы, отображающие зависимости АДД= $f(\text{АДС})$ и АДД= $f(\text{ЧСС})$.

Обе могут быть использованы в качестве номограмм в широком диапазоне функционирования организма (у здоровых лиц в условиях психофизических нагрузок и спортсменов), а также для выявления нарушений в системе кровообращения и оценки эффективности их коррекции.

Ключевые слова: артериальное давление, частота сердечных сокращений, эндотелий, микроциркуляторная сеть.

УДК 681.785.235: 616-07

ДЗЕРКАЛЬНА БАГАТОПРОХІДНА СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИЧНОЇ ДЕТЕКЦІЇ МІКРОКОНЦЕНТРАЦІЙ ВУГЛЕВОДНІВ У ВИДИХУ

*Прензилевич Б.В., Безручко О.В., Мисюра А.Г., Інститут прикладних проблем фізики
і біофізики НАН України, м. Київ, Україна*

Оптична детекція молекул летких вуглеводнів, які видаляються із організму в потоках видихуваної парогазової суміші, і які містяться там в слідових кількостях, обмежується наднизьким рівнем їх вмісту. Спектральні виміри молекулярного складу у діапазоні низької концентрації ґрунтуються на застосуванні закону Бугера-Ламберта-Бера, і потребують збільшення оптичного шляху, а відповідно, розрахунків і конструкцій різної складності для підвищення чутливості на нижніх границях розпізнавання ознак окремих молекул при їх концентраціях діапазону ppm – ppb. Аналітичний сигнал визначається різницею інтенсивностей зондуючого випромінювання до і після кювети з газовим середовищем, де поглинання випромінювання лазера здійснюється на резонансних частотах електронних енергетичних станів в атомах та електронно-коливально-оберткових станів в молекулах.

Як найбільш стійку до вібрацій і завад, до дрейфу оптичних характеристик, досліджували створену шестидзеркальну оптичну систему, в якій промінь напівпровідникового лазера багатократно проходить в обмеженому об'ємі з газовою сумішшю між дзеркалами трьох видів, створюючи умови для приросту оптичного шляху і впливу на приріст втрат інтенсивності зондуючого лазерного променя в середовищі.

Конструкція оптичної системи містить джерело зондуючого випромінювання, шість увігнутих дзеркал однакового радіусу кривизни з визначеним розташуванням, блоки приймача і оброблення сигналу. З однієї сторони на платформі жорстко встановлено найільше прямокутне увігнуте дзеркало-колектив. Поряд з ним рухоме вузьке прямокутне зеркало-регулятор. На протилежній стороні, на відстані радіусу кривизни, встановлено чотири увігнутих круглих зеркала такої ж кривизни, які представляють собою взаємозв'язану матричну систему, закріплену в єдиному блоці з регульованим положенням як її самої, так і кожного із дзеркал, а також вхідного і вихідного променя лазера.

Досліджувалось просторове розділення системи, формування щільності точок в матриці зображень на колективі, кількості проходів і оптичного шляху променю, залежності втрат його інтенсивності від складу середовища, потужності лазера, конструктивних характеристик тощо. Створена зеркальна оптична система дозволяє отримати довжину оптичного шляху від 117 метрів і більше для засобів оптичної детекції молекул летких вуглеводнів у видиху.

Ключові слова: вуглеводні. видих, оптична детекція, багатопрохідна система, спектрометрія.

УДК: 535.34: 621.373.82Б: 611.814.1: 615.84

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ В УСТРОЙСТВАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Зубчук В. И., Якимчук В. С., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Разработанный программно-аппаратный комплекс типа «Электронный нос» (ЭН) содержит пробоотборник с набором селективных газочувствительных сенсоров, блок усилителей-фильтров сигналов, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и компьютер с программным обеспечением обработки результатов измерений.

В качестве набора селективных газоанализаторов используются электрохимические сенсоры амперометрического типа, которые разработаны для целей мониторинга и поэтому не требуют специальных операций для восстановления параметров после проведенных анализов. Это существенно упрощает технологию и сокращает время каждой измерительной процедуры. В зависимости от типа газового компонента сенсоры выполнены по двух- или трёх-электродной схеме. Соответственно типу сенсора выбрана схема усиления и фильтрации сигналов сенсоров.

Анализируемая проба из контейнера закачивается в пробоотборник. Сенсоры формируют отклик в виде электрического тока, пропорционального концентрации соответствующих газовых компонентов. Согласно техническому паспорту для каждого сенсора величина тока может быть пересчитана в объемную концентрацию, измеряемая в единицах ppm (part per million).

Поскольку чувствительность сенсоров и концентрации газовых компонентов могут существенно отличаться, в блоке усилителей предусмотрена возможность масштабирования коэффициентов усиления по каждому каналу. Блок усилителей обеспечивает оптимальный режим работы электрохимических сенсоров в состоянии готовности (режим короткого замыкания) и при измерениях. В реальных схемах измерения между индикаторным и вспомогательным электродами сенсора включается резистор порядка 50 Ом, на который замыкаются электроды. Для проведения измерений после транспортировки устройства или длительного хранения сенсоров с разомкнутыми электродами необходимо определенное время для установления паспортных значений параметров сенсоров.

Электрохимические газоанализаторы позволяют оперативно получить результаты качественного и количественного анализа состава исследуемой пробы. В процессе предварительных исследований: определен режим оптимального согласования сенсоров с усилителями; выявлена динамика формирования откликов датчиков; показано, что чувствительность имеющихся сенсоров достаточна для измерения концентраций газовых компонентов на уровне единиц ppm.

Ключевые слова: газовый анализатор, электронный нос, электрохимические датчики.

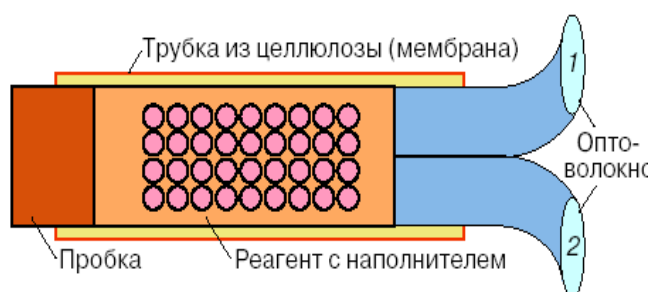
УДК 543.:541.147

РАЗРАБОТКА ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СЕНСОРА ЭНДОГЕННЫХ КЕТОНОВ

Лазоренко Я.П., Конопля М.М., Мисюра А.Г., Институт прикладных проблем физики и биофизики НАН Украины, г. Киев, Украина

До сих пор селективное обнаружение молекул летучих соединений группы кетонов в газовой среде в диапазоне сверхнизких концентраций 10^{-7} – 10^{-8} г/л при помощи оптических пленочных сенсоров на уровне 0,1–5 ppm, типичном для выдоха недиабетиков, не достигнуто.

В качестве сенсорной системы эндогенных кетонов исследовались гидрогелевые пленки. Пленки микро- и наноразмерных толщин формировались поливом, центрифугированием или методом ультразвукового напыления при частоте генератора 1,7 МГц на стеклянные подложки. Исходными материалами служили органические сополимерные гидрогели на основе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и диальдегида КМЦ. В состав гидрогеля КМЦ вводился флуорофор родамин 6Ж (Р6Ж), и ионы йода. Гидрогель диальдегида КМЦ синтезировался периодатным способом. Толщины пленок составляли от 100 нм до десятков микрометров. Регистрацию флуоресцентных характеристик гидрогелевых пленочных структур выполняли на спектрофотометре Specord M40 UV-VIS с приставкой для измерения флуоресценции. Получены концентрационные зависимости аналитического флуоресцентного отклика (длина волны возбужде-



ния – 845 нм) пленок (время напыления 30 с) на молекулы ацетона при концентрациях 0,4 – 35 ppm (пленка на основе КМЦ) и на молекулы метилэтилкетона – при 0,3 – 30 ppm (пленка диальдегида КМЦ). Для исследованных гидрогелевых нанопленок на основе производных целлюлозы, аналитический флуоресцен-

тный отклик на пробы эндогенных кетонов в воздухе имел предел чувствительности $\sim 10^{-1}$ ppm, определяемый особенностями химического взаимодействия комплексов молекул аналита и центров флуоресценции.

Допированные пленки КМЦ микро- и наноразмерных толщин имеют перспективы для использования в сенсорах соединений-метаболитов кетоновой группы, которые находятся в парогазовой смеси выдоха в следовых количествах, что имеет важное значение для неинвазивной диагностики диабета.

Разрабатываемый вариант использования гидрогелевых систем в составе газочувствительных элементов в сенсорах сверхнизких концентраций эндогенных кетонов-маркеров выдоха может иметь вид, представленный на рисунке.

Ключевые слова: сенсор, эндогенные кетоны, гидрогелевые пленки.

УДК 681.533.34

ТРАНСКУТАННИЙ ВИМІРЮВАЧ ПАРЦІАЛЬНОГО ТИСКУ КИСНЮ В АРТЕРІАЛЬНІЙ КРОВІ

Воронов С.О., Голець П.О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Одним з об'єктивних показників порушення балансу між доставкою та споживанням кисню в організмі є зміни парціального тиску кисню (pO_2) в артеріальній крові. Динамічне вимірювання pO_2 в артеріальній крові можливо завдяки відкриттю Я. Гейровським принципу електрохімічного аналізу та розробки Кларком закритих полярографічних електродів. Теоретична можливість створення пристрою для вимірювання тиску кисню в артеріальній крові виникла в результаті робіт Монтгомері, який встановив, що тиск кисню в шкірі людини характеризується високими величинами, що наближаються до рівня pO_2 артеріальної крові.

Виникли нові можливості після розробки моніторів з модифікованим електродом Кларка із спеціальним нагрівальним пристроєм для тривалого визначення pO_2 . За допомогою такого електроду, встановленого на поверхні шкіри, проводився неінвазивний моніторинг pO_2 . Електрод нагрівається до 42-45°C і викликає локальну реактивну гіперемію тканин, яка посилює кровообіг, а також прискорює дифузію газів через шкіру. Процес заснований на явищі електрохімічного відновлення вільного кисню на платиновому катоді сенсора. У дорослих при всіх температурах електроду транскутанно вимірює pO_2 нижче, ніж pO_2 артеріальної крові. У клінічних дослідженнях було показано, що величина pO_2 вимірює транскутанно в підшкірних тканинах відображає значення артеріального pO_2 з великою вірогідністю. Ці значення відповідають в найбільшій мірі у новонароджених, оскільки шкіра у них тонка та мало відрізняється у різних дітей. Коефіцієнт кореляції становить $r = 0,96-0,98$. У дорослих кореляція між артеріальним і транскутанним значеннями pO_2 становить 0,89-0,96. Підвищення температури електроду понад максимальне, яка зазвичай складає 45°C, викликає лише незначне поліпшення транскутанно вимірюваного pO_2 , але при цьому підвищується ризик опіку.

Проведені нами дослідження підтвердили, що найкращі метрологічні характеристики сенсорів для визначення pO_2 в артеріальній крові транскутанним методом забезпечуються при використанні в якості анода срібла, покритого шаром дрібнодисперсного хлористого срібла.

Отже, транспорт кисню, його доставка та споживання тканинами - найважливіші показники функціонування систем життєзабезпечення, і їх адекватна оцінка обов'язкова для вибору оптимального методу лікування кожного конкретного пацієнта.

Ключові слова: парціальний тиск кисню (pO_2), артеріальна кров, шкіра, коефіцієнт кореляції, електрод, сенсор.

УДК 616-71/78

АВТОМАТИЗАЦІЯ ИЗМЕРЕНИЯ СИГНАЛА ЭКГ

Яковенко И.А., Клочко Т.Р., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина

В результате записи сигнала в цифровой вид при измерении биоэлектрических процессов в миокарде с помощью электрокардиографа, мы столкнулись с рядом проблем: неточность в распознавании фрагментов ЭКГ, связанного с изменением частоты сердечного ритма человека, а также возникают погрешности самого измерителя (низкочастотный дрейф, шум и др.) [1]. Все это приводит к искажению сигнала по амплитуде и появлению временных задержек. Обработка и анализ данных ЭКГ, как правило, ведется не в реальном масштабе времени, что позволяет применить гораздо более широкий класс алгоритмов (для линейных и нелинейных стационарных систем [2]). Большое разнообразие форм реальных ЭКГ изменение амплитудно-временных параметров однотипных фрагментов сильно затрудняют обработку информационных сигналов и требуют применение очень сложных алгоритмов.

В работе был применен метод разложения по эмпирическим модам для обработки сигнала ЭКГ. В отличие от преобразования Фурье, базисные функции РЭМ (разложение по эмпирическим модам), называемые эмпирическими модами, или собственными модальными функциями (СМФ), адаптивны к виду сигнала, вычисляются непосредственно из него, а их число невелико. С увеличением номера СМФ ее частота уменьшается. Первая СМФ представляет собой шум, во второй мы уже видим проявление R-зубца, а последние СМФ и остаток – низкочастотный дрейф. Получив таким образом разложение сигнала по функциям СМФ, можно убрать высокочастотный шум и низкочастотный дрейфы.

Применили метод восстановления эталонных траекторий ЭКГ с помощью преобразования сигнала в комплексную плоскость.

В работе рассмотрены методы, что позволяют автоматизировать анализ данных и существенно повысить достоверность обработки ЭКГ. Проведенное разложение по ортогональному базису, который является адаптивным, позволяет осуществить непосредственный анализ данных. При обработке комплексного сигнала в комплексной плоскости использовалось обычное усреднение сигнала [3], что повышает эффективность восстановления эталонного фрагмента ЭКГ.

В будущем для автоматизации оценки эталонного фрагмента ЭКГ целесообразно использовать методы обработки изображений, в частности, применять контурную согласованную фильтрацию, что существенно упростит алгоритм восстановления эталонных фрагментов ЭКГ.

Ключевые слова: ЭКГ, фильтрации данных, алгоритм, эталонный фрагмент, достоверность обработки.

Литература:

1. Яковенко И.О. Автоматизация обработки ЭКГ для повышения достоверности диагноза /

- I.O.Яковенко, Т.Р.Клочко, О.О.Леус // Вісник НТУУ “КПІ” серія приладобудування. – 2010. – №39.-С.155-161.
2. Huang N.E. Hilbert-Huang transform and its applications / Norden E. Huang, Samuel S.P. Shen. - World Scientific Publishing Co. Pt. Ltd. 5 Toh Tuck Link, Singapore, 1995.
3. Опенгейм А. В. Цифровая обработка сигналов / Опенгейм А. В., Шафер Р. В.: Пер. с англ. / Под ред. С. Я. Шаца. – М.: Связь, 1979.–416 с., ил.

УДК 615.849.19

МЕТОДИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОЛІТІВ У КРОВІ

Яковенко І.О., Клочко Т.Р., Національний технічний університет України «Київський політехнічний університет», м. Київ, Україна

Невід'ємною частиною гомеостазу є водно-електролітний обмін, де при різних захворюваннях концентрація води і електролітів може мінятися - збільшуватися або зменшуватися. Електроліти в водному розчині дисоціюють на позитивні катіони (натрій, калій, кальцій і магній) і негативні аніони (хлориди, бікарбонати, фосфати і органічні кислоти). Особливої уваги заслуговує дослідження вмісту натрію і калію в плазмі і еритроцитах крові, оскільки, головна функція калію це збереження нормального функціонування клітинних стінок, що досягається за рахунок гармонійної рівноваги з натрієм. Калій знаходиться усередині клітин, а натрій - зовні. Не менш важливою функцією калію є підтримка концентрації і фізіологічних функцій магнію - головної поживної речовини для серця. Якщо рівень одного з цих мінералів в крові знижений, рівень іншого, швидше за все, теж буде низьким. Таким чином, в умовах гострого дисбалансу мікроелементів в організмі виникає необхідність постійного моніторингу вмісту даних елементів

В роботі розглянуто ряд методів для визначення електролітів у крові. Їх можна розділити умовно на два напрямки методів оцінювання калію, кальцію і натрію в крові: *in vivo* (атомно-емісійна спектроскопія, хімічні методи, іонометрія з використанням іонноселективних електродів) та *in vitro* (неінвазивний метод визначення формули крові метаболічних і гемодинамічних показників гомеостазу, опосередкований метод визначення вмісту K^+ в крові).

Авторами було наведено аналіз методів визначення електролітів в крові, проаналізовано переваги і недоліки цих методів. Головним недоліком є те, що більша частина вимагає для проведення аналізу забір крові у пацієнта. Метод неінвазивного визначення формули крові метаболічних і гемодинамічних показників гомеостазу проводиться без забору крові але має суттєвий недолік - чутливість теплових датчиків, що розташовують в біологічно активних точках. Маленьке зміщення при установці призводить до великих помилок вимірювання, що в свою чергу буде показувати неправильний біохімічний аналіз в кінцевому результаті.

Запропоновано та обґрунтовано метод та пристрій вдосконалення функціо-

нальної діагностики із застосуванням кардіомоніторингу. Перевагами цього методу та приладу, який внаслідок вимірювання показників завдяки змінам біоелектричних процесів у міокарді (складових електрокардіограм) дозволяє ефективно, швидко та максимально точно оцінити електроліти та стан організму людини, є відсутність негативного впливу на організм людини; можливість одночасно отримувати параметри кількісної оцінки роботи серця; можливість багаторазово повторяти досліди у межах невеликого проміжку часу (що є цінним для контролю тяжких пацієнтів); запобігає створенню додаткової травми у критичних ситуаціях, зокрема це актуально у педіатрії.

Ключові слова: водно-електролітний обмін, калій, кардіомоніторинг.

УДК 615.84

СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ В ФІЗІОТЕРАПІЇ

Тереценко М.Ф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Науково-дослідний центр ТОВ «Азфар», м. Київ, Україна

Фізіотерапевтичні апарати складають суттєву частину медичного парку. Сучасний розвиток фізіотерапевтичної апаратури пов'язаний із стрімким розширенням, як номенклатури, так і нових типів та систем фізіотерапевтичних апаратів (ФТА).

Новітніми тенденціями розвитку є забезпечення контролю ефективності терапевтичної процедури. Необхідність контролю обумовлена заходами по забезпеченню дії нормованими безпечними дозами з заданими параметрами і оцінка їх впливу на біологічну тканину (БТ). Критерієм ефективності являється позитивна динаміка лікування чи профілактики.

Для оцінки ефективності використовують різні фізичні (механічні, електромагнітні, акустичні, оптичні, температурні та інші) і фізико-хімічні (форменні елементи та складові крові, лімфи, сечі та інші) параметри біологічних тканин.

Запропонована та досліджена біофізична модель дії фізичних сигналів і параметрів полів, проведено моделювання її математичного опису, який враховував параметри дії кожного фізичного параметру через інтегральний комплексний параметр K , як функція змінних

$$K = F(f\langle I \rangle, f\{T\}, f\{I\}, T, f\langle B \rangle, t).$$

У моделі враховується параметри дії магнітної індукції $B(t)$, інтенсивності ультразвукових коливань $I(t)$, дози УВЧ - випромінювання I , часу дії t , температури T і форми сигналів $B(t)$, $I(t)$, I .

Одним із напрямів контролю є температурний метод оцінки ефективності впливу на біологічну тканину оптичних, механічних, акустичних, вібраційних коливань і вплив деяких компонентів та складових електромагнітного поля [1,2].

Досліджені принципи побудови ультразвукових терапевтичних апаратів з адаптивною системою контролю акустичного контакту і параметрів дії ультразвуку, шляхом вимірювання температури під час процедури на біологічній тканині [1].

Розроблені принципи побудови універсальних магнітотерапевтичних апаратів зі зворотнім зв'язком і контролем ефективності процедури по значенню температури на поверхні БТ [2].

Для апаратів УВЧ та лазерної терапії досліджені залежності параметрів дії фізичних чинників на БТ.

Ключові слова: фізіотерапевтичні апарати, контроль параметрів.

Література:

1. Патент України № 66118 опубл. в бюл. № 24, 2011 р. 26.12.2011 р.
2. Патент України № 65554 опубл. в бюл. № 23, 2011 р. 12.12.2011 р.

УДК 577.3.2: 621.317

**БЕЗКОНТАКТНИЙ ТЕПЛОВИЙ КОНТРОЛЬ РОБОТИ
МАГНІТОТЕРАПЕВТИЧНОЇ АПАРАТУРИ**

*Рудик В.Ю., Терещенко М.Ф., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

На сучасному етапі розвитку медичної техніки актуальним стає створення нового покоління фізіотерапевтичних апаратів – магнітотерапевтичних апаратів (МТА) зі зворотним зв'язком. Зворотний зв'язок у виді сукупності сигналів, що поступають від пацієнта, дає можливість встановлювати параметри в режимі терапії перед початком лікувального сеансу та змінювати їх в процесі сеансу для досягнення максимального терапевтичного ефекту. Для підвищення ефективності використання та вибору оптимальних режимів роботи МТА нами запропонований безконтактний температурний метод контролю впливу сигналу магнітного поля (МП) на біологічну тканину (БТ), який полягає в дистанційній реєстрації, візуалізації та аналізі теплових полів індукторів на основі їх інфрачервоного випромінювання. Індуктор МТА генерує МП, що впливає на БТ, яка нагрівається, випромінює теплову енергію, параметри якої реєструють в інфрачервоному діапазоні – тепловізором. Перевагами безконтактного температурного метода контролю є дослідження впливу МП на БТ шляхом реєстрації параметрів теплового поля в зоні терапевтичної дії під час процедури, висока швидкість реєстрації змінених станів.

Проведене експериментальне дослідження впливу МП з індукторів МТА «МАГ 30–4» и «МІТ–11М» при контакті з БТ та зміни температури в зоні впливу за допомогою багатофункціональної прецизійної тепловізорної камери «MobiR M3» в залежності від параметрів індукції та часу. Проведені дослідження зміни температури без контакту індуктора з БТ показують значення температури: для МТА «МАГ–30–4» в діапазоні 24,6° – 28,3°C, для МТА «МІТ–

11М» для різних режимів роботи: 12 мТл – (24,4° – 26,6°C), 15 мТл – (25° – 29,4°C), 18 мТл – (26,1° – 31,4°C). Результати експериментальних досліджень зміни температури при прямому контакті індуктора з БТ показують зміну значення температури: для МТА «МАГ–30–4» 33,7° – 36°C, для МТА «МІТ–11М» для різних режимів роботи: 12 мТл – (34,4° – 37,5°C), 15 мТл – (34,7° – 38,8°C), 18 мТл – (34,9° – 40,2°C).

Аналіз отриманих результатів показує залежність параметрів індукції та часу впливу від значень температури в зоні процедури, їх високу точність та ефективність використання МТА. Отримані результати свідчать, що безконтактний тепловий контроль забезпечує нормований, точно дозований лікувальний вплив МП необхідної форми на БТ за рахунок врахування температури індуктора МТА, дозволяє провести моделювання часу процедур магнітотерапії, вибрати оптимальні режими роботи апаратів.

Ключові слова: магнітотерапевтична апаратура, тепловий контроль.

УДК 612.

ОПТОВОЛОКНО ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

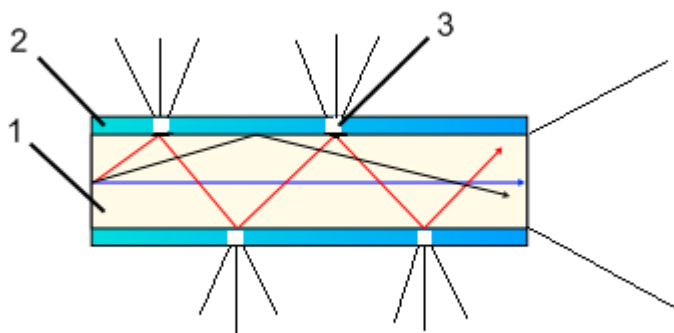
Сорока С.А., Тымчик Г.С., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

В основу технического решения поставлена задача создания оптоволокну, которое позволит увеличить полезную площадь облучения кровеносных сосудов при лазеротерапии для лечения воспалительных процессов при варикозном заболевании, расширить функциональные возможности оптоволокну, предусмотреть различные режимы работы.

Поставленная задача решается тем, что оптоволокну для внутренне сосудистого мультисоблучения сосуда лазерным излучением, используется оптимально за счет размещения в оболочке отверстий, которые достигают до сердцевинки и рассеивают лазерное излучение перпендикулярно направлению его распространения. Отверстия размещены по спирали на оптоволокну, за счет чего поддер-

живается прочность самого волокна, его достаточная гибкость и возможность управления его перемещением.

Устройство может работать в широком спектре, как красного, так и инфракрасного излучения, что обеспечивает высокую эф-



фективность терапевтических процедур внутрисосудистого облучения крови. На рисунке изображено распространение лазерных лучей через сердцевину (1) оптоволокна, на оболочке (2) которого нанесены отверстия (3), позволяющие увеличить общую площадь облучения сосудов при внутрисосудистой лазеротерапии.

Устройство работает следующим образом. Для проведения терапевтической процедуры через центральное и боковые отверстия, размещенные по спирали, оптоволокна осуществляют мультиоблучение крови лазерным излучением в установленном режиме. Такой принцип построения оптоволоконного устройства дает возможность создания серийных оптоволоконных устройств для внутрисосудистого облучения.

Ключевые слова: лазерное облучение, оптоволокно, внутрисосудистая терапия.

УДК 615.471:616-07

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МАГНІТОЛАЗЕРНОЇ ЧУТЛИВОСТІ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

Осадчий О.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Проведені дослідження показали, що основною проблемою магнітолазерної терапії (МЛТ) є нерозуміння, яким чином можна перенести результати досліджень *in vitro* на організм людини. Проведене вивчення приватних механізмів біологічної дії МЛТ, вирваних з контексту загальних регулюючих чинників ставить більше питань, ніж відповідей. Відсутність єдиної теорії механізмів дії МЛТ на біооб'єкти, яка об'єднує всі відомі ефекти, не дозволяє здійснювати прогноз відносно найбільш значимих параметрів регулювання фізіологічних параметрів живих систем за допомогою МЛТ. Все це, у свою чергу, обмежує розвиток методології МЛТ і вживання методу в клінічній практиці в цілому.

На підставі проведеного аналітичного огляду можна зробити висновок, що контроль зміни адаптаційного статусу організму дозволяє визначити системні реакції на МЛТ, але відсутність надійних аналітичних критеріїв цих реакцій знижує ефективність визначення чутливості організму на МЛТ. Для здобуття таких критеріїв, як показали вітчизняні і зарубіжні учені, може бути використана методика пальцевої фотоплетизмографії.

Для реалізації способу визначення МЛ чутливості вибрано фізіологічні сигнали і сформувано простір інформативних ознак, за допомогою якого можна контролювати зміну адаптаційних властивостей організму людини під впливом МЛТ.

В результаті аналізу фотоплетизмографічного сигналу встановлено, що при видобуванні з нього інформативних ознак доцільно використовувати структурні методи аналізу як в часовій, так і в частотній областях.

На основі статистичних досліджень фотоплетизмосигналів і їх спектрів вибрана апертура спостереження фотоплетизмосигналів і частота їх дискретизації.

Інформативні ознаки необхідно добувати як з тимчасових параметрів, так і із спектральних параметрів фотоплетизмосигнала.

З урахуванням сказаного, метою даної роботи є підвищення ефективності МЛТ за допомогою аналізу динаміки структурних і спектральних характеристик фотоплетизмограми.

Дана розробка може бути використана в умовах лікарень та амбулаторій.

Ключові слова: магнітолазерна терапія, фотоплетизмограма.

УДК 543.062

МЕТОД ВОЛЬТАМПЕРМЕТРИИ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ АКТИВНОСТИ АНТИОКСИДАНТОВ В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ

Абдуллаева Б.А., Иргашева Г.Р., Тошпулатова Ф.И., Туйчиева С.Т., Ташкентский Государственный технический университет, г. Ташкент, Республика Узбекистан

В последнее время антиоксиданты получили широкое распространение в различных областях химии, медицины и биологии.

В настоящее время не существует единой меры антиоксидантной активности подобных препаратов, а результаты, полученные методами с различными модельными системами, зачастую не сопоставимы. Необходимость введения новых показателей, методик и приборов, обеспечивающих надежные результаты по определению активности антиоксидантов в материалах растительного происхождения, становится злободневной задачей, от решения которой зависит эффективность и безопасность предлагаемых, продукции пищевой, косметической и фармацевтической промышленности.

В качестве метода исследования целесообразно использовать простой в аппаратном оформлении, экспрессный и высокочувствительный метод вольтамперометрии, обладающий значительными потенциальными возможностями в области электроаналитической химии. Использование в качестве модельной реакции процесса электровосстановления кислорода, протекающего по механизму, аналогичному восстановлению кислорода в клетках организма человека и животного, тканях растений, и являющегося основным окислительным процессом во всех объектах искусственного и природного происхождения, делает рассматриваемый метод особо привлекательным.

В работе выполнен анализ антиоксидантной защитной системы человеческого организма и роли фенольных соединений в ее составе, распространения их в природе и жизни человека. Сделан анализ современного состояния теории и практики определения антиоксидантных и электрохимических свойств растительного сырья фенольной природы, исследованы электрохимические свойства ряда флавоноидов, определены оптимальные условия получения аналитическо-

го сигнала для определения исследуемых веществ методом циклической вольтамперметрии. Выявлены корреляционные зависимости между электрохимическими параметрами и антиоксидантными свойствами исследуемых соединений фенольной группы.

При использовании методов планирования экспериментов получены линейные и квадратичные математические выражения для определения активности антиоксидантов в зависимости от концентрации и времени их активного действия.

Ключевые слова: катодная вольтамперметрия, антиоксидантная активность, материалы растительного происхождения, организм, биологически активные добавки.