значень параметрів, якими необхідно управляти [4]. Моделі прогнозування досить широко використовуються не тільки в системах управляння, але й в системах, що орієнтовані на дослідження певних процесів, в системах, що орієнтовані на формування нової інформації про певні події, що можуть відбуватися в навколишньому середовищі і т. д. Процеси, або моделі прогнозування будуються на основі використання наступних підходів:

- На основі використання даних про предмет прогнозу, які вдалося отримати на попередніх етапах вивчення процесів, стосовно яких передбачається здійснювати прогнозування;
- На основі використання моделей процесів, відносно яких передбачається робити прогнози;
- На основі використання загальних принципів розвитку процесів чи об'єктів, що лежать в основі природних явищ та в основі розвитку живої природи.

В першому випадку моделі прогнозування будуються на основі статистичних підходів і відповідних моделей, в яких закладається що майбутні процеси статистично зв'язані з процесами в минулому. При використанні моделей для розв'язання задач прогнозу приймається, що характер процесів, які моделюються і реально відбуваються, інваріантні по відношенню до різних часових інтервалів. Тоді процеси, що прогнозують в рамках моделі, протікають швидше, ніж процеси, що відбуваються реально.

1. *Мак Т.* Математика рискового страхования. – М.: Олимп-Бизнес, 2005.
2. *Булинская Е.В.* Теория риска и перестрахование. Часть I. Упорядочивание рисков. – М.: МГУ, 2001
3. *Верлань А.Ф., Москалюк С.С.* Математическое моделирование непрерывных динамических систем. – М.: Киев: Наукова думка, 1988.
4. *Горелова В.Л., Мельникова Е.Н.* Основы прогнозирования систем. – М.: Высшая школа, 1986.

Поступила 22.01.2009р.

УДК 681.785.45

Я.Г. Притуляк, А.С. Ляпандра, ТНЕУ, Тернопіль

ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ХЛ-СИГНАЛУ

Annotation: in the article the analysis of informing is conducted to the chemiluminescent signal and the ways of its increase are set.

Вступ

У медичній науці та практиці вагому роль відіграють методи визначення властивостей біооб'єкту з метою встановлення діагнозу, моніторингу стану

© Я.Г. Притуляк, А.С. Ляпандра

пацієнта, підбору лікарств та визначення ефективності лікування. Тому актуальним завданням є розв'язання задачі забезпечення максимального отримання інформації про біооб'єкти: гемогонати тканин (ксеношкіри, печінки), кров (цільна, плазма, сироватка), повітря, яке видихає пацієнт та ін. Перспективними методом їх дослідження є хемілюмінесцентний, котрий ґрунтується на реєстрації надслабкого світлового випромінювання – хемілюмінесценції (ХЛ) [1]. Воно виникає при вивільненні надлишкової енергії внаслідок переходу електронів із вищого енергетичного рівня на нижчий. Енергію електрони отримують у результаті реакції за участю вільних радикалів, котрими є хімічні сполуки з високою реакційною здатністю. В залежності від стану про- та антиоксидантної систем протягом фіксованого проміжку часу відбувається різна кількість елементарних реакцій, а, відповідно, і випромінюється різна кількість фотонів. Оскільки ішемічна хвороба серця, онкологічні захворювання, гепатити викликані або викликають зміну вільнорадикальних властивостей біоречовини, то ХЛ-випромінювання однозначно відображає наявність таких патологічних процесів в організмі до прояву інших доклінічних ознак.

Сенсором фотонів є фотоелектронний помножувач (ФЕП) на виході якого знімають електричний сигнал $s(t)$, підсилюють, оцифровують та виділяють інформативну складову [2]. Саме розроблення способів підвищення інформативності ХЛ-сигналу є предметом даної статті.

Відшукання інформативних відомостей ХЛ-сигналу.

Пропонуємо розглянути ХЛ-процес у термінах, котрі прийняті в теорії сигналів. Отже, сигнальний простір утворений сигналом реєстрації відгуку $s(t)$. Цей сигнал несе вимірювальну інформацію різних середовищ і характеризується розподілом фізичної величини, яка змінюється в часі та просторі. Для вимірювання ряду величин та параметрів нам необхідно відшукати інформативні властивості досліджуваного ХЛ-сигналу. Під відшуканням інформативних властивостей ми розуміємо визначення кількісних оцінок інформативних ознак, які відображають структуру відгуку. З метою оцінки параметрів ХЛ-сигналу важливою задачею є створення такого збурення біосистеми, відгук на яке міститиме найбільшу кількість інформації про властивості біопроби.

Фізичну вимірювальну величину описують функцією чотирьох змінних: $P(x,y,z,t)$. Перші три задають просторові координати, четверта – час. Для отримання інформативних параметрів ХЛ-сигналу з метою спрощення застосуємо двомірні просторові поля $P(x,y,t)$. Величина $P(t)e^{i\varphi}$ при амплітудно-фазовій обробці представляє $P(t)$ – амплітуду та φ – фазу ХЛ-сигналу.

Міряння фізичних величин проведемо одноканальними системами, тобто використаємо один давач-крапля, з поверхні якої проходить виділення

сигналу. Можливість визначення окремих деталей просторової апертури визначається кількістю розрізнених ліній, які в загальному випадку можуть бути різними по вісях x та y. Їх назвемо просторовим розрізненням w_x, w_y. Деталі просторової апертури визначимо часовим розрізненням $f = \frac{1}{T}$, де Т – тривалість реєстрації ХЛ-сигналу та його складових компонент.

Для оцінки продуктивності вимірювальної інформації введемо величину, обернену мірі ознаки, яку назвемо інформаційною продуктивністю сигналу. Інформаційна продуктивність сигналу $П$ (1) відображає кількість біт отриманої інформації з одиниці площі біопроби за одиницю часу:

$$П = \frac{1}{\mu(R_i)} = \frac{1}{\mu_T \cdot \mu_S \cdot \mu_A}, \quad \left[\frac{біт}{м^2 с}\right], \tag{1}$$

де μ_T – часова міра ХЛ-сигналу; μ_S – просторова міра ХЛ-сигналу; μ_A – амплітудна міра ХЛ-сигналу.

Міра інформативної ознаки $\mu(R_i)$, яка обчислюється як добуток всіх мір, відображає як просторово-часові розміри мінімальної структури μ_S, μ_T, так і складові компоненти структури ХЛ-сигналу:

$$\mu_A = \frac{1}{H_A}, \tag{2}$$

де H_A – амплітудна ентропія відгуку:

$$H_A = \log_2(1 + \frac{1}{\beta_A}), \tag{3}$$

де β_A – діапазон зміни компоненти сигналу амплітуди.

Діапазон зміни компоненти сигналу амплітуди розрахуємо за формулою:

$$\beta_A = \frac{\Delta A}{A_{\max}}, \tag{4}$$

де ΔA – база амплітудного розрізнення, котра залежить від величини відношення $\frac{u_c}{u_{шуму}}$.

Часову міру визначимо з виразу:

$$\mu_T = \frac{1}{H_T}, \tag{5}$$

де H_T – часова ентропія відгуку.

$$H_T = \log_2(1 + \frac{1}{\beta_T}), \tag{6}$$

$$\beta_T = \frac{\Delta T}{T}, \tag{7}$$

де β_T – діапазон змін часу фрагменту (частини) ХЛ-сигналу; ΔT – база часового розрізнення.

Просторову міру обчислимо за формулою:

$$\mu_S = \frac{1}{H_S}, \tag{8}$$

де H_S – просторова ентропія відгуку.

$$H_S = \log_2(1+\frac{1}{\beta_S}), \tag{9}$$

$$\beta_S = \frac{\Delta S}{S}, \tag{10}$$

де β_S – діапазон зміни площі ХЛ-апертури краплі; S – величина площі апертури з якої знімається ХЛ-сигнал; ΔS – база площі розрізнення.

Отже, загальна ентропія ХЛ-сигналу дорівнює:

$$H = H_a + H_T + H_S = \log_2\left(1+\frac{1}{\beta_a}\right)\left(1+\frac{1}{\beta_T}\right)\left(1+\frac{1}{\beta_S}\right). \tag{11}$$

Результати відшукання інформативних відомостей ХЛ-сигналу

Результатом відшукання інформативних відомостей ХЛ-сигналу є те, що вони містяться в амплітудній і часовій структурі та залежать від просторової структури. Цю залежність отримуємо на основі просторової інформаційної продуктивності давача джерела сигналу $П_П$, котру визначаємо з виразу:

$$П_П = \frac{1}{S}\log_2\left(1+\frac{1}{\beta_a}\right)\left(1+\frac{1}{\beta_T}\right)\left(1+\frac{1}{\beta_S}\right). \tag{12}$$

На основі виразу (12) ми можемо констатувати, що при фіксованому часі реєстрації інформаційна продуктивність контролю ХЛ-сигналу збільшується зі збільшенням роздільних здатностей. Тобто, максимальна кількість інформації присутня у високочастотному спектрі сигналу. Це узгоджується зі працями низки інших авторів [3, 4].

На основі формул (4, 7, 10, 12) отримуємо:

$$П_П = \frac{1}{S}\log_2\left(1+\frac{A}{\Delta A}\right)\left(1+\frac{T}{\Delta T}\right)\left(1+\frac{S}{\Delta S}\right). \tag{13}$$

Результатом виразу (13) є те, що зміна величини площі апертури S з якої знімається ХЛ-сигнал двояко впливає на просторову інформаційну продуктивність давача джерела сигналу $П_П$. Відобразимо графічно залежність $П_П = f(S)$ при всіх зафіксованих значеннях (рис.1).

Як бачимо на рис.1 зі збільшенням площі краплі S значення $П_П$ зменшується за рахунок першого множника $\frac{1}{S}$. Збільшення бази просторового розрізнення ΔS зменшує $П_П$ за степеневою залежністю.

На основі формули (11) можна зробити висновок про те, що збільшення амплітуди A та зменшення бази амплітудного розрізнень ΔA веде до збільшення ентропії ХЛ-сигналу. Проте, при цьому слід враховувати, що зі збільшенням співвідношення $\frac{A}{\Delta A}$ збільшуються також шуми квантування вагових коефіцієнтів та шум, котрий викликаний помилками округлення числових значень при спектральному аналізі. Аналогічне зауваження стосується часового розрізнення: хоча згідно з формулою (11) збільшення співвідношення $\frac{T}{\Delta T}$ приводить до збільшення ентропії, проте збільшення T зменшує продуктивність вимірювання, а зменшення ΔT ускладнює апаратну частину приладу.

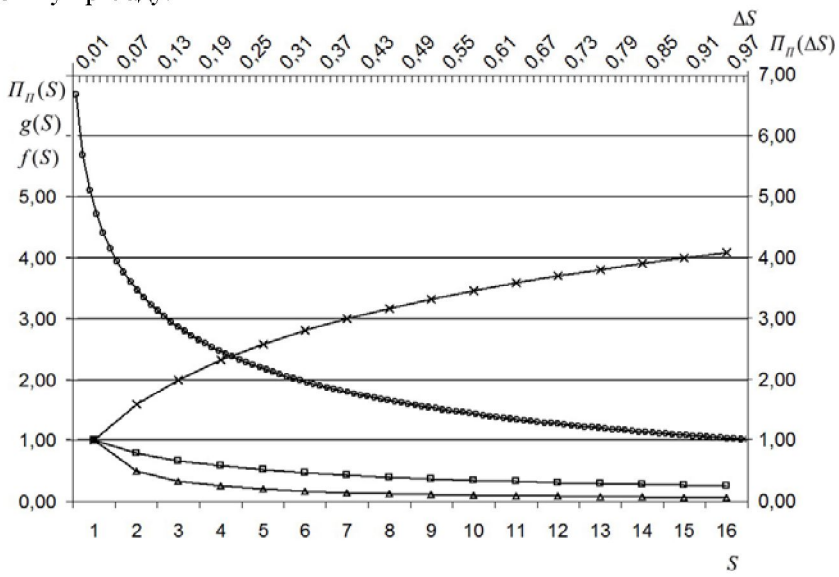

Рис. 1. Залежність просторової інформаційної продуктивності давача джерела сигналу $П_П$ від площі краплі S.

де

$$П_П(S)=\frac{1}{S}\log_2\left(1+\frac{S}{\Delta S}\right) \qquad g(S)=\frac{1}{S}$$

$$П_П(\Delta S)=\frac{1}{S}\log_2\left(1+\frac{S}{\Delta S}\right) \qquad f(S)=\log_2\left(1+\frac{S}{\Delta S}\right)$$

Висновки

У статті проведено аналіз інформативності ХЛ-сигналу та намічені шляхи її підвищення. Введено такі поняття, як просторова інформаційна продуктивність давача джерела сигналу, що дало можливість отримати залежність інформативності ХЛ-сигналу від методики проведення ХЛ-дослідження.

Таким чином, на основі інформаційної продуктивності давача джерела ХЛ-сигналу нами зроблено висновок, що, на відміну від існуючих положень стосовно наявності інформативної компоненти в формі ХЛ-сигналу (тобто в низькочастотному спектрі), максимальна кількість інформації присутня у високочастотному спектрі ХЛ-сигналу, що відповідає передньому фронту наростання імпульсу та верхній частині його спаду. Саме він несе інформацію про тонку структуру сигналу.

В подальшому, зважаючи на те, що вимірювання часу спаду сигналу, як це робили за відомими методиками, дає мало інформації, оскільки в цьому випадку вимірювали низькочастотні складові (до 0,1 Гц), існує необхідність розроблення методики вимірювання високочастотних складових сигналу, котра дасть можливість збільшити інформацію про антиоксидантні властивості біопроби.

Показано необхідність пошуку оптимальних значень амплітуди A, часу реєстрації T, площі краплі активатора S, баз їх розрізнень ΔA, ΔT, ΔS, що є важливим завданням для подальшого розв'язання. Знайдені значення будуть складати основу нової методики проведення хемілюмінесцентних досліджень.

1. Барабой *В. А., Орел В. Э., Карнаух И. М.* Перекисное окисление и радиация. – К.: Наук. думка, 1991. – 256 с.

2. *Карпінський М.П., Ляпандра А.С.* Особливості побудови комп'ютерної системи для біохемілюмінометричних досліджень // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 6. Т.2. – С. 167–171.

3. *Беленький Я.Е.* Измерение параметров пространственых полей. – Киев: Наукова думка, 1985 – 285 с.

4. *Абакумов В.Г.* Фотоэлектрические сканирующие устройства. – Киев, Вища школа, 1979. – 168 с.

Поступила 16.02.2009р.