

АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНИХ ЗРАЗКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ  
МЕТОДУ ПОРОЖНИННИХ ЗБУРЕНЬ

Ляшенко Г. А., к.т.н., доц., e-mail: [lyashgen@gmail.com](mailto:lyashgen@gmail.com)

Полянова Н. В., e-mail: [nadya.polysnjva@btu.kharkov.ua](mailto:nadya.polysnjva@btu.kharkov.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність досліджень.** Серед різних аналізів крові, які використовувалися в дослідженнях, що вивчають біомаркери в біологічних аналізах, найменш широко застосовуються діелектрична проникність і провідність. Діелектрична проникність є мірою поляризованості матеріалу і, отже, його здатності зберігати заряд [1]. Провідність біологічного зразка виникає в основному як міра здатності зразка проводити заряд, прикладений до нього [1]. Таким чином, з іншого боку, діелектрична проникність і провідність є добре відомими показниками фізіологічної структури зразка, за допомогою яких можна точно оцінити електромагнітні властивості цього біологічного зразка за допомогою методу порожнинних збурень [2].

**Мета досліджень** - показати на прикладі аналізу плазми крові методом порожнинних збурень можливість виявлення патологічних станів біологічних об'єктів.

**Основні матеріали досліджень.** Плазма крові, піддана впливу резонансних частот, налаштованих на максимальне збурення (2000 МГц - 4000 МГц S-діапазону в мікрохвильовому діапазоні), здатна виявити свої складові. Теорія, що лежить в основі цього методу, полягає в тому, що при введенні плазми крові в резонансну порожнину, розподіл поля в порожнині і резонансна частота, як очікується, будуть змінюватися в залежності від біологічних складових зразка. Згідно з теорією порожнинних збурень, комплексний зсув частоти пов'язаний з [3]:

$$-\frac{\Delta\Omega}{\Omega} \approx \frac{\varepsilon_r \int_0^{V_s} E \cdot E_0^* dV}{2 \int_0^{V_c} |E_0|^2 dV'} \quad (1)$$

$$\frac{\Delta\Omega}{\Omega} \approx \frac{d\omega}{\omega} + \frac{j}{2} \left[ \frac{1}{Q_s} - \frac{1}{Q_0} \right]. \quad (2)$$

Прирівнявши (1) і (2) та відокремивши дійсну та уявну частини, отримаємо

$$\varepsilon_r' - 1 = \frac{f_0 - f_s}{2f_s} \left( \frac{V_c}{V_s} \right),$$

$$\varepsilon_r'' = \frac{V_c}{4V_s} \left( \frac{Q_0 - Q_s}{Q_0 \cdot Q_s} \right), \quad (3)$$

де  $\varepsilon_r = \varepsilon_r' - j\varepsilon_r''$  - відносна комплексна діелектрична проникність зразка;

$\varepsilon_r'$  - дійсна частина відносної комплексної діелектричної проникності, яка обумовлена поляризаційною складовою;

$\varepsilon_r''$  - уявна частина відносної комплексної діелектричної проникності, пов'язана з діелектричними втратами матеріалу;

$V_s$  і  $V_c$  - відповідні об'єми зразка і резонатора.

Провідність можна пов'язати з уявною частиною комплексної діелектричної проникності наступним чином:

$$\sigma_e = \omega \varepsilon'' = 2\pi f \varepsilon_0 \varepsilon_r'' \quad (4)$$

Оскільки електромагнітні властивості біологічних зразків, включаючи плазму крові, залежать від їхніх складових, очікується чітка різниця між нормальним і аномальним зразком крові.

Вимірювання електричних властивостей біологічних зразків може бути новим способом оцінки унікальних властивостей досліджуваної речовини. Хоча цей метод високо цінується в інженерії та біофізиці, його застосування в медичних науках загалом залишається недостатньо вивченим. Лише кілька досліджень були зосереджені на властивостях провідності та діелектричної проникності біологічних зразків, але вони дали цікаві та багатообіцяючі результати [2].

Дослідження, проведені за кордоном [2, 3], продемонстрували, що провідність і діелектрична проникність плазми крові ВІЛ-інфікованих пацієнтів, хімічно індукованого зразка  $A\beta_{42}$  навіть інфікованого слизу вірусом H1N1, що викликає людський грип, відрізняється від поведінки нормальної крові. Застосування певних мікрохвильових частот для вимірювання діелектричної проникності та провідності дозволило дослідникам відрізнити нормальне від аномального людське молозиво, людську сперму та кров пацієнтів, інфікованих вірусами ВІЛ/СНІД та H1N1. Крім того, діелектричні властивості плазми крові також використовуються для визначення біомаси, електрокінетичного розділення та характеристики окремих клітин.

Реалізація досліджень у вказаному напрямку можлива тільки при наявності спеціальної мікрохвильової апаратури. В Україні систематизація даних про діелектричні властивості біологічних об'єктів до теперішнього часу не проводилася. Нечисленні дослідження по діелектричній спектроскопії проводилися в обмежених частотних діапазонах і носили обмежений характер. Тому за останній період в Україні були проведені численні дослідження теоретичного характеру, що дало можливість створення широкосмугових по частоті нових засобів вимірювання діелектричних властивостей біологічних об'єктів. На теперішній момент ця задача вирішується на основі спільної праці медиків та технічних фахівців біоінженерних спеціальностей. Обмежені доклінічні та клінічні дослідження, які можуть підтвердити дані, отримані до цього часу, повинні бути розширені, щоб визнати діелектричну проникність і провідність плазми крові надійними біологічними маркерами.

**Висновки.** Викладені теоретичні міркування можуть мати практичне застосування у медико-біологічних дослідженнях, завдяки чому відкривається можливість виявлення певних патологічних змін у крові біологічних об'єктів, наприклад, при лікуванні грипу H1N1, виявленні онкомаркерів, ВІЛ/СНІД-інфекції та інших тяжких захворювань.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка / М. С. Будіщев // Підручник. Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
2. E. Dalle. Dielectric Constant and Conductivity of Blood Plasma: Possible Novel Biomarkers for Alzheimer's Disease / E. Dalle, M. Mabandla, V. Daniels // *Oxidative Medicine Cellular Longevity*, 2020. Feb. 13.
3. A. Lonappan. Dielectric properties of human colostrum at Microwave frequencies / A. Lonappan, C. Rajasekharan, V. Thomas, G. Bindu, K. T. Mathew // *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 2007. – 41(2). – P. 30 – 35.