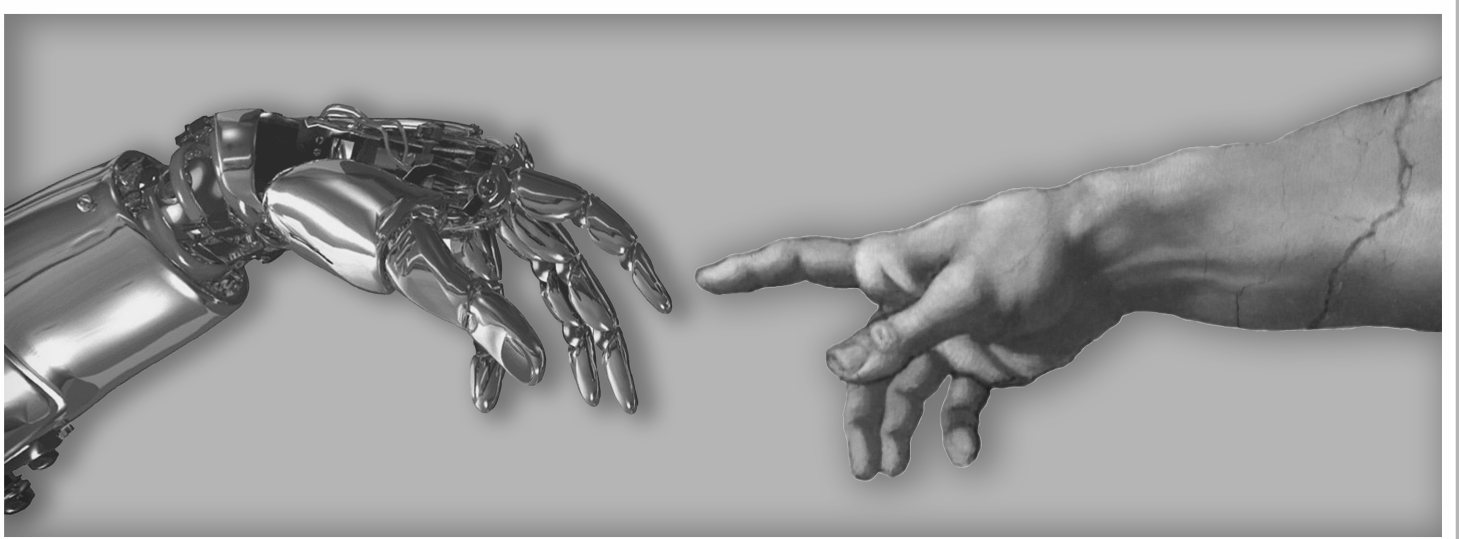


MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ



PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND TECHNICAL CONFERENCE
MAY 25-27, 2022

МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
25-27 ТРАВНЯ 2022 РОКУ

Odesa, Ukraine / Одеса, Україна
2022

**Ministry of Education
and Science of Ukraine
Odessa Polytechnic National University
Institute of Medical Engineering**

**Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Одеська політехніка»
Інститут медичної інженерії**

MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
MAY 25-27, 2022**

**МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
25-27 ТРАВНЯ 2022 РОКУ**

**Odessa, Ukraine / Одеса, Україна
2022**

Under auspice of the
Social Organization “All Ukrainian Society of Biomedical Engineers and Technologists”

За сприяння
Громадської організації «Всеукраїнська асоціація біомедичних інженерів і технологів»

CONFERENCE
ORGANIZING COMMITTEE:

Oborskyi H. (Ukraine) – Organizing Committee Chairman
Prokopovych I. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman
Titova N. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman
Manicheva N. (Ukraine) – Secretary

INTERNATIONAL
PROGRAM COMMITTEE:

Avrunin O. (Ukraine) *Suchkov H.* (Ukraine)
Diadiura K. (Ukraine) *Sukhodub L.* (Ukraine)
Filatova A. (Ukraine) *Sydorenko I.* (Ukraine)
Galkin A. (Ukraine) *Timchik S.* (Ukraine)
Khudetskyi I. (Ukraine) *Vassilenko V.* (Portugal)
Levashenko V. (Slovakia) *Vysotska O.* (Ukraine)
Liashenko A. (Ukraine) *Wójcik W.* (Poland)
Maksymenko V. (Ukraine) *Yavorska E.* (Ukraine)
Pavlov S. (Ukraine) *Yavorskyi B.* (Ukraine)
Shlykov V. (Ukraine) *Zaitseva E.* (Slovakia)
Storchun E. (Ukraine)

ОРГКОМІТЕТ
КОНФЕРЕНЦІЇ:

Оборський Г.О. (Україна) – голова оргкомітету
Прокопович І.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету
Тітова Н.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету
Манічева Н.В. (Україна) – секретар

МІЖНАРОДНИЙ
ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:

Аврунін О.Г. (Україна) *Сучков Г.М.* (Україна)
Дядюра К.О. (Україна) *Суходуб Л.Ф.* (Україна)
Філатова Г.Є. (Україна) *Сідоренко І.І.* (Україна)
Галкін О.Ю. (Україна) *Тимчик С.В.* (Україна)
Худецький І.Ю. (Україна) *Васіленко В.* (Португалія)
Леващенко В. (Словаччина) *Висоцька О.В.* (Україна)
Ляшенко А.В. (Україна) *Вуйцік В.* (Польща)
Максименко В.Б. (Україна) *Яворська Є.Б.* (Україна)
Павлов С.В. (Україна) *Яворський Б.І.* (Україна)
Шликов В.В. (Україна) *Зайцева О.* (Словаччина)
Сторчун Є.В. (Україна)

Recommended for publication by Scientific Council Institute
of Medical Engineering of the
Odessa Polytechnic National University,
minutes No. 9, May 16, 2022

*The authors are responsible for the uniqueness of the text
of the materials and compliance with the requirements
of academic integrity*

Free online access to printed materials at:
<http://dspace.opu.ua/jspui/handle/123456789/12567>

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту медичної
інженерії Національного університету
«Одеська політехніка»,
протокол № 9 від 16 травня 2022 р.

*Автори несуть відповідальність за унікальність тексту
матеріалів та відповідність вимогам академічної
добросовісності*

Комп'ютерна версія опублікованих матеріалів за адресою:
<http://dspace.opu.ua/jspui/handle/123456789/12567>

С 91 Сучасні технології біомедичної інженерії : матеріали міжнародної науково-технічної конференції
25–27 травня 2022 р. / за заг. ред. І. В. Прокоповича, Н. В. Манічевої ; Нац. ун-т «Одеська політехніка». —
Вінниця : ТОВ «Торговий дім «Альфа і Омега», 2022. — 235 с.
ISBN 978-617-7237-96-8

The collected volume of scientific reports presented at the international scientific and technical conference is a scientific and practical publication that contains scientific articles by students, graduate students, candidates and doctors of sciences, teachers, researchers, scientists and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries, and beyond. The topics of reports are very diverse and cover many topical problems of modern fundamental sciences related to biomedical engineering. Based on the relevance of the topics and the high level of the presented reports, the conference materials should be recommended to the relevant organizations of the countries for use and implementation of research results in the field of biomedical engineering and informatics.

Збірник наукових доповідей міжнародної науково-технічної конференції є науково-практичним виданням, яке містить наукові статті студентів, аспірантів, кандидатів та докторів наук, викладачів, науковців та практиків з різних країн та регіонів України. Тематика доповідей дуже різноманітна та охоплює багато актуальних проблем сучасних фундаментальних наук, пов'язаних з біомедичною інженерією. Виходячи з актуальності тематик і високий рівень представлених доповідей, матеріали конференції доцільно рекомендувати відповідним організаціям для використання та впровадження результатів досліджень в практичну та наукову діяльність.

УДК 615.47:616-89

УДК 53.083.91

Наталія ХМІЛЬ¹, к.б.н., доцент,

Володимир КОЛЕСНИКОВ², к.ф.-м.н., старший науковий співробітник,

Ганна КОНДАКОВА³, к.б.н., старший науковий співробітник

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна, email: nataliia.khmlil@nure.ua

² Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України, м. Харків, Україна,
email: kolesnik@ire.kharkov.ua

³ ДУ «Інститут дерматології та венерології НАМН України», м. Харків, Україна, e-mail: idvnamnu@ukr.net

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО СИГНАЛУ ВІД ПЛАЗМИ КРОВІ ХВОРИХ НА АЛЕРГОДЕРМАТОЗИ, АСОЦІЙОВАНИМИ З COVID-19

Анотація. Проведено експериментальне дослідження діелектричної проникності та динамічного поверхневого натягу плазми крові практично здорових донорів та хворих з ураженнями шкіри, асоційованими з Covid-19. Оцінка відносної кількості вільної та зв'язаної води біологічної системи плазми крові донорів і хворих пацієнтів реєструвалась за параметром діелектричної проникності та була реалізована за допомогою апаратурно-реєструючого комплексу на базі мікрохвильової діелектрометрії на частоті генерації діода Гана 37,7 ГГц. Візуалізація електромагнітного сигналу від плазми крові пацієнтів з прогнозованим та підтвердженим діагнозом Covid-19 показала збільшення кількості зв'язаної води по відношенню до групи здорових донорів. Висока кореляційна залежність діелектричних параметрів плазми крові з показниками швидкості осадження еритроцитів ($r_s = +0,89$) та реакції агломерації лейкоцитів ($r_s = +0,91$) дозволяє рекомендувати мікрохвильову діелектрометрію для біомедичної діагностики як додатковий засіб експрес візуалізації вірусної інвазії, яка супроводжує патологічні зміни шкіри.

Ключові слова: мікрохвильова діелектрометрія, діелектрична проникність, динамічний поверхневий натяг, плазма крові, Covid-19, дерматози, візуалізація електромагнітного сигналу.

Наразі в умовах пандемії Covid-19, викликаній вірусом SARS-CoV-2, провідне місце в діагностичному алгоритмі моніторингу вірусної інвазії відводиться традиційним методам молекулярної біології, за допомогою яких визначають:

- присутність генетичного матеріалу вірусу (вірусна РНК) – ПЛР-тестування (NAAT-тест),
- ідентифікують один із зовнішніх білків вірусної оболонки – тестування на антиген,
- виявляють антитіла специфічні до вірусу, присутність яких характеризує імунітет людини.

Гарантуючи високу точність результатів, ці методи є «золотим стандартом» визначення Covid-19 [1, с. 729, с. 730, с. 731, с. 734]. Проте пролонгованість тестування в часі – від доби до декількох днів, а також людський фактор, пов'язаний зі зволіканням та несвоєчасним реагуванням на швидкоплинну симптоматику, є ризиком розвитку прогресуючих ускладнень небезпечних для життя.

Технічні розробки біомедичної інженерії покликані підвищувати якість надання медичної допомоги при вірусних захворюваннях, в тому числі на етапах експрес-діагностики. Серед інших, перевагою мікрохвильової діелектрометрії області γ -дисперсії вільної води ($f = 37,7$ ГГц) є оцінка відносної кількості вільної та зв'язаної води за параметром реальної частини комплексної діелектричної проникності з мінімальними часовими затратами ($t = 2 \dots 3$ хв) та з використанням незначного об'єму біологічного матеріалу ($V = 200$ мкл) [2, с. 92, с. 93, с. 94]. Доцільність використання апаратурно-реєструючого комплексу (рис. 1) для оцінки діелектричних параметрів (ϵ') та динамічного поверхневого натягу (σ) плазми крові хворих на atopічний та алергічний дерматози, асоційованими з Covid-19, продиктована можливістю аналізу гідратації білкової складової плазми, а також конформаційних змін макромолекул в присутності патологічного агенту.

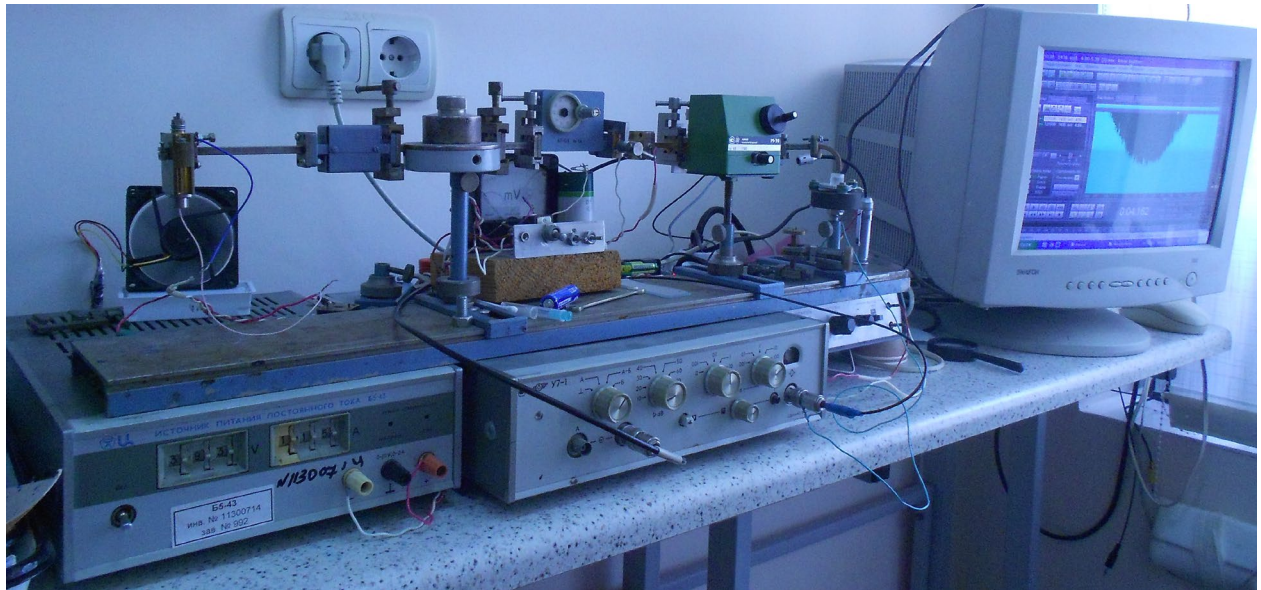


Рис. 1. Апаратурно-реєструючий комплекс на базі мікрохвильової діелектрометрії модифікований для отримання та візуалізації електромагнітного сигналу від біологічної системи

Досліджувався відображений від поверхневого шару плазми крові електромагнітний сигнал міліметрового діапазону; за допомогою програми накопичення сигналу з під шумів було реалізовано графічне виведення електромагнітного сигналу та його спектру в режимі реального часу на монітор ПК. Для контролю динамічного поверхневого натягу плазми крові на виході 8-мм хвилевіду була розміщена вимірювальна п'єзокувета. У sweep-режимі п'єзокувета піддавалася впливу частот акустичного діапазону $f=20\dots25000$ Г), які викликають хвилеві коливання різних мод на робочій поверхні біологічної рідини. Оцінка динамічного поверхневого натягу плазми крові проводилася на першій моді акустичних частот $f=5\dots60$ Гц. Одночасно зі sweep-режимом у вимірювальну п'єзокувету з досліджуваною плазмою крові об'ємом $V=200 \pm 5$ мкл вводилося міліметрове випромінювання. Відносна похибка визначення ϵ' склала $\pm 0,7\%$. Абсолютна похибка визначення ϵ' , після відповідної обробки з застосуванням програм накопичення і фільтрації, склала $\pm 1,73 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Відносна похибка визначення σ склала $\pm 0,1$ мН/м.

Паралельно аналізували показники швидкості осадження еритроцитів (ШОЕ) та реакції агломерації лейкоцитів (РАЛ), які являються неспецифічними і відразу не показують чутливості до присутності вірусу у пацієнтів хворих на алергодерматози. Проте, інтегральна оцінка системного запалення за цими показниками дозволяє лікарю визначити тактику лікування, та не допустити розвиток тяжких ускладнень.

Отримані результати були опрацьовані статистично. Проведено розрахунки середнього арифметичного (M) та стандартного відхилення (m). Перевірка нормальності розподілу ознак проводили з використанням критерію Колмогорова-Смірнова. Дослідження взаємозв'язку між кількісними ознаками проводили за допомогою коефіцієнта кореляції Спірмена (r_s). За допомогою непараметричного U -критерію Манна-Уїтні визначали достовірність отриманих результатів. Відмінності вважали статистично значущими при $p < 0,05$.

В таблиці 1 представлені результати вимірювання ϵ' та σ контингенту хворих на алергодерматози (І група – хворі на atopічний дерматоз, ІІ група – хворі на алергічний дерматоз). В обох групах алергодерматози були асоційованими з Covid-19.

Не виключається, що зміна динамічного поверхневого натягу плазми крові хворих на алергодерматози, асоційованими з Covid-19, пов'язана зі збільшенням вмісту патологічних пептидів, продуктів катаболізму білків і пуринів, а також з дисбалансом складу ліпідів плазми [3, с. 126, с. 127]. Очевидно, що ці біохімічні зміни приводять до зменшення вільної води

в плазмі крові та відповідно до зменшення ϵ' . За неспецифічними показниками ШОЕ та РАЛ також реєстрували відмінності в групі хворих по відношенню до групи донорів, при цьому більш чутливим показником виявився РАЛ, зменшення якого вказувало на присутність вірусних агентів в плазмі крові хворих на алергодерматози – при фізіологічній нормі показник РАЛ склав в середньому $1,73 \pm 0,093$ од., при алергодерматозах, асоційованими з Covid-19 – в середньому $1,69 \pm 0,091$ од. Показник ШОЕ в нормі склав $8,2 \pm 0,891$ мм, при патологічному стані був дещо більшим – $9,1 \pm 0,885$ мм, що також є доказом розвитку вірусної інфекції на початковій стадії проникнення SARS-CoV-2, що виключає бактеріальну етіологію.

Таблиця 1

Діелектрична проникність та динамічний поверхневий натяг плазми крові практично здорових донорів та хворих на алергодерматози, асоційованими з Covid-19 ($M \pm m$)

Зразки плазми крові	$\epsilon' \cdot 10^{-10}$, Ф/м	σ , мН/м
Практично здорові донори $n = 15$	$1,965 \pm 0,017$	$40,8 \pm 0,3$
I – Хворі на atopічний дерматоз, асоційований з Covid-19 $n = 15$	$1,943 \pm 0,012^*$	$42,9 \pm 0,4^*$
II – Хворі на алергічний дерматоз, асоційований з Covid-19 $n = 20$	$1,937 \pm 0,014^*$	$43,2 \pm 0,4^*$

* – різниця по відношенню до показників контрольних зразків достовірна ($p < 0,05$)

Отримані експериментальні дані потребують подальшого дослідження молекулярних основ розвитку алергодерматозів, асоційованих з Covid-19 та більшого набору даних для статистичної обробки. Хоча на даному етапі можна стверджувати, що параметри діелектричної проникності та динамічного поверхневого натягу є інформаційними фізичними показниками, які з високим ступенем надійності характеризують біологічну систему плазми крові та показують відмінності при фізіологічній нормі та при розвитку вірусної інфекції. За допомогою мікрохвильової діелектрометрії є можливість візуалізувати електромагнітний сигнал від плазми крові та оперативно, за досить короткий проміжок часу виконати скринінг-тести на Covid-19.

Література

1. Qasem A., Shaw A. M. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Diagnostic Tools: A Focus on Detection Technologies and Limitations / A. Qasem, A. M. Shaw, E. Elkamel, S. A. Naser // Current Issues in Molecular Biology.– 2021.– Vol. 43.– P. 728 – 748. doi:10.3390/cimb43020053.
2. Хмель Н. В., Алтухов А. Л. Визуализация трансдукции клеточного сигнала методом микроволновой диелектрометрии при дилатационной кардиомиопатии / Н. В. Хмель, А. Л. Алтухов, В. Г. Колесников, А. А. Алтухов // Бионика интеллекта.–2020.– №1(94).– С. 91 – 99. doi: 10.30837/bi.2020.1(94).14.
3. Bieber T. Atopic dermatitis / T. Bieber // Annals of Dermatology.– 2010.– Vol. 22(2). – P. 125 – 137. doi:10.5021/ad.2010.22.2.125.