

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

**БРЮЗГІНОВА НАТАЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА**



УДК 537; 615.83; 615.84; 612.1; 616.8-005

**МЕТОД ТА АПАРАТУРА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ І ЛІКУВАННЯ  
ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНОЇ ПАТОЛОГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ МІЛІМЕТРОВОГО  
ДІАПАЗОНУ**

Спеціальність 05.11.17- біологічні та медичні прилади і системи

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у відділі твердотільної електроніки Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України.

**Науковий керівник**

доктор фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник  
**Іванов Віктор Кузьмич,**  
Інститут Радіофізики та Електроніки ім. О. Я. Усикова  
НАН України,  
завідувач відділом дистанційного зондування Землі.

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, доцент  
**Безуглий Михайло Олександрович,**  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря  
Сікорського» м. Київ,  
професор кафедри виробництва приладів;

кандидат технічних наук, професор  
**Мустецов Микола Петрович,**  
Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна  
м. Харків  
професор кафедри фізичної і біомедичної електроніки та  
комплексних інформаційних технологій.

Захист відбудеться 15 квітня 2021 р. о 14<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.17 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Автореферат розісланий 11 березня 2021 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



Куліченко В.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Значне поширення, висока смертність, інвалідизація населення внаслідок цереброваскулярних захворювань, ставить задачу профілактики і лікування цих захворювань в один ряд з найбільш актуальними медико-соціальними проблемами, які зумовлюють необхідність розробки нових, більш доступних і ефективних методів немедикаментозного лікування.

Широке застосування протягом останніх десятиліть отримала крайньо - високочастотна (КВЧ) терапія (фізіотерапія). КВЧ-терапія - лікувальний метод впливу електромагнітним випромінюванням (ЕМВ) міліметрового діапазону (1-10мм), надвисокої частоти (30-300 ГГц) та низької інтенсивності (менше 10 мВт/см<sup>2</sup>). КВЧ ЕМВ використовується в медицині в якості діагностичного та лікувального засобу.

Проведений аналіз літературних даних показав, що існуючі прилади та супутні їм методи не дозволяють в рамках одного апаратного комплексу проводити індивідуальний підбір КВЧ-терапії, лікування та моніторинг ефективності КВЧ-терапії. Таким чином, можна зробити висновок, що існує потреба в комплексному підході до діагностики, лікування КВЧ-терапією та контролю ефективності лікування цереброваскулярної патології.

Розробка багатофункціонального цитобіофізичного методу, що дозволяє прогнозувати індивідуальну чутливість хворих на цереброваскулярні захворювання до КВЧ-терапії та моніторинг фізіологічного стану пацієнтів, а також проводити лікування в рамках єдиного апаратного комплексу є **актуальним завданням**.

**Зв'язок роботи з науковими програмами та планами.** Тематика дисертації відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки. Дослідження, що становлять основу дисертації, виконувалися відповідно до наукових планів Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України в рамках фундаментальних науково-дослідних тем: «Розробка і впровадження нових методів обчислювальної радіофізики, теоретичне і експериментальне дослідження трансформації електромагнітних полів гіга- і терагерцового діапазонів в об'єктах і середовищах антропогенного і природного походження» (ДР № 0106U011975); «Розробка та впровадження Нових методів обчислювальної радіофізики; теоретичне та експериментальне дослідження трансформації електромагнітних полів гіга-, терагерцового та оптичні діапазонів в об'єктах и середовище антропогенного та природного походження; аналіз та синтез Нових вузлів и пристроїв резонансної квазіоптики, твердотільної електроніки, імпульсної та антенної техніки; розробка и тестування нових вимірювальних схем рефлекто- і діелектрометрії» (ДР № 0112U000210); «Теоретичне та експериментальне дослідження взаємодії електромагнітних хвиля гіга-, терагерцового та оптичні діапазонів у природних та штучних структурах з метою розробки перспективних функціональних пристроїв антенної техніки, квазіоптики, мікрохвильової електроніки та Нових радіофізичних

технологій у біології та медицині» (ДР № 0117U004033), в яких здобувач була виконавцем окремих етапів.

**Мета і задачі дослідження.** *Мета дослідження* – розробка нового багатофункціонального цитобіофізичного методу і нового апаратного комплексу, що дозволяє здійснювати комплексний підхід до діагностики, лікування та моніторингу стану хворих на цереброваскулярну патологію за допомогою електромагнітних хвиль КВЧ діапазону.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати методи, що застосовуються для аналізу індивідуальної чутливості хворих до КВЧ-терапії та оцінки ефективності дії електромагнітних хвиль КВЧ діапазону при патологічних процесах в організмі людини.

- провести літературний огляд існуючих апаратів та приладів для КВЧ-терапії і КВЧ-діагностики, що використовуються у неврології.

- провести математичне моделювання фізичних процесів у пристрої для опромінення біологічних рідин для визначення ефективності проникнення ЕМВ КВЧ діапазону в поглинаючу рідину.

- провести електродинамічне моделювання розподілу поля ЕМВ КВЧ діапазону в великих і малих дозах поглинаючої біологічної рідини.

- удосконалити резонатор для опромінення малих обсягів біологічних рідин електромагнітним випромінюванням КВЧ діапазону.

- розробити новий багатофункціональний цитобіофізичний метод визначення електрокінетичних властивостей ядер клітин буккального епітелію в умовах діагностики, лікування і контролю фізіологічного стану організму людини.

- створити апаратний комплекс для діагностики, лікування і моніторингу стану хворого за допомогою ЕМВ КВЧ діапазону у неврології.

- провести апробацію апаратного комплексу і багатофункціонального цитобіофізичного методу для діагностики, лікування та контролю стану хворих на цереброваскулярну патологію за допомогою електромагнітних хвиль КВЧ діапазону.

*Об'єкт дослідження* - ефекти, зумовлені впливом ЕМВ КВЧ діапазону на біологічні тканини людини.

*Предмет дослідження* - метод і апаратура для діагностики та лікування цереброваскулярної патології в КВЧ діапазоні електромагнітних хвиль.

**Методи дослідження.** Моделювання фізичних процесів у пристрої для опромінення біологічних рідин виконані із застосуванням методів прикладної електродинаміки. Розробку багатофункціонального цитобіофізичного методу здійснювали на основі методу внутрішньоклітинного мікроелектрофорезу та методу визначення фізіологічного стану людини по електрокінетичним властивостями клітинних ядер буккального епітелію. Обробка результатів досліджень виконана з використанням методів математичної статистики з використанням пакету програми «Excel».

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у тому, що:

- вперше проведено електродинамічне моделювання розподілу електромагнітного поля ЕМВ КВЧ діапазону в циліндричному резонаторі з великими

і малими дозами поглинаючої рідини, що свідчить про ефективне проникнення поля в біологічні об'єкти.

- вперше розроблено багатофункціональний цитобіофізичний метод на основі зміни електрокінетичних властивостей ядер клітин буккального епітелію людини під впливом КВЧ випромінювання, що дозволило визначати на клітинному рівні індивідуальну чутливість до КВЧ-терапії хворих з цереброваскулярною патологією.

- вперше виявлено чотири види реакції ядер клітин буккального епітелію людини на дію електромагнітного випромінювання КВЧ діапазону на основі методу внутрішньоклітинного мікроелектрофорезу, що дозволило розробити багатофункціональний цитобіофізичний метод.

- удосконалено метод визначення фізіологічного стану людини, на основі електрокінетичних властивостей клітинних ядер буккального епітелію людини, що дозволяє оцінити ефективність КВЧ-терапії на всіх етапах лікування.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у прикладній спрямованості отриманих результатів, що використовуються для підвищення ефективності і поліпшення КВЧ-діагностики та КВЧ-терапії пацієнтів на цереброваскулярну патологію. На основі проведених в дисертаційній роботі досліджень:

- розроблено апаратний комплекс, що дозволяє проводити аналіз індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії, КВЧ-аутогемотерапію і моніторинг ефективності лікування цереброваскулярних захворювань. Він може бути використаний в навчальному процесі при підготовці студентів за спеціальністю «біомедична інженерія».

- удосконалено конструкцію пристрою для опромінення біологічних рідин в КВЧ діапазоні довжин хвиль, що дозволяє істотно розширити набір досліджуваних зразків тканин людини. Конструкція використовується в розробленому апаратному комплексі.

- показано, що пристрій для опромінення біологічних рідин в КВЧ діапазоні довжин хвиль може бути використано в різних областях біомедицини.

Результати дисертаційної роботи, впроваджено у КНП «МКЛ № 7» ХМР і науково-дослідну роботу № III-2-17 ДР № 0117U004033 ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України та у навчальний процес на кафедрі радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій НАКУ ім. М. Є. Жуковського «ХАІ».

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати отримані здобувачем самостійно або при його безпосередній участі. Основні ідеї і розробки, які виносяться на захист, належать авторові. Серед них: обґрунтування планів і програм експериментів, їхня реалізація, особиста участь в обробці результатів. Постановка цілей і задач досліджень, аналіз і обговорення отриманих результатів виконувалися здобувачем разом з науковим керівником. Автором проведено інформаційний пошук, аналіз і узагальнення наукових літературних даних і підготовлений огляд літератури. Особистий внесок здобувача в роботах, написаних у співавторстві, полягає в наступному: [1] - проаналізовано реакцію клітин крові на дію електромагнітного випромінювання, проведено електродинамічне моделювання розподілу електромагнітного поля КВЧ діапазону; [2] - виявлено чотири види реакції ядер клітин буккального епітелію людини на дію електромагнітного випромінювання

КВЧ діапазону; [3] - проведено моделювання дії КВЧ-аутогемотерапії *in vitro* на клітинах буккального епітелію; [4] - розроблено та досліджено багатофункціональний цитобіофізичний метод визначення на клітинному рівні індивідуальної чутливості та ефективності КВЧ-терапії хворих на цереброваскулярну патологію; [5] - запропоновано структурну схему та алгоритм роботи апаратного комплексу для КВЧ-діагностики та КВЧ-терапії цереброваскулярних захворювань; [6] - проведено дослідження електрокінетичних показників клітин буккального епітелію хворих на дисциркуляторну енцефалопатію; [7] - отримано експериментальні дані що до ефективності КВЧ-аутогемотерапії на клітинах буккального епітелію хворих на цереброваскулярну патологію; [8] - проаналізовано реакцію клітин на дію електромагнітного випромінювання.

Внесок здобувача в роботах, написаних у співавторстві, полягає у реалізації досліджень, безпосередній участі в аналізі та інтерпретації даних, підготовці публікацій.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дослідження доповідалися та обговорювалися на: наукових семінарах «Радіофізика та електроніка міліметрових та субміліметрових хвиль» Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України (м. Харків 2015р., 2017р., 2018р.), «Силова і біомедична електроніка» Наукової Ради НАН України при кафедрі промислової і біомедичної електроніки НТУ «ХП» (м. Харків, 2020 р.) та міжнародних наукових конференціях IX International Kharkov Symposium on Physics and Engineering of MSMW (Kharkiv, 2016); III Міжнародна науково-технічна конференція «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування» (м. Харків, 2020 р.).

**Публікації.** Основний зміст дисертації відображено у 8 наукових публікаціях, з них: 2 статті у наукових фахових виданнях України, 3 - у закордонних періодичних фахових виданнях включених до міжнародних наукометричних баз, 2 - у виданнях України, 1 - у матеріалах конференцій.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 139 сторінок друкованого тексту, дисертація містить 35 рисунків по тексту, 5 таблиць по тексту, 3 додатка на 12 сторінках, списку використаних джерел зі 160 найменувань на 19 сторінках.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** коротко представлений стан проблеми і актуальність дослідження, сформульована мета і задачі дисертації, наукова новизна, практична цінність роботи, приведені дані про апробацію роботи, публікації, структурі та об'єму дисертації.

У **першому розділі проаналізовано** можливості та досягнення застосування електромагнітних полів (ЕМП) при вирішенні задач медицини.

Встановлено, що КВЧ-терапія застосовується для широкого спектру захворювань, але методи застосування в основному емпіричні або ґрунтуються на натурних дослідженнях. Відсутня систематика у КВЧ-діагностиці та моніторингу процесу лікування. Для визначення ефективності лікування використовуються традиційні для медицини методи дослідження: лабораторні методи дослідження крові, слини та ін., апаратні методи дослідження (електроенцефалограма,

електрокардіограма та ін.), об'єктивна і суб'єктивна оцінка стану на основі огляду та розпитування хворого.

Визначено основні нетеплові ефекти дії неіонізуючого ЕМВ КВЧ (довжина хвилі 7,1 мм та 5,6 мм) на біологічні системи, при цьому особливу увагу було приділено кровоносній та нервовій системам людини. Показано, що вплив електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону проявляється у всіх системах організму.

Виявлено, що дія ЕМВ КВЧ діапазону на клітини крові сприяє підвищенню біологічної активності крові і, як наслідок зростанню коагуляційного потенціалу крові. При цьому відбувається поліпшення здатності еритроцитів транспортувати кисень, змінюється здатність тромбоцитів та еритроцитів до агрегації.

Показана перспективність застосування КВЧ випромінювання у медицині для діагностики та лікування цереброваскулярних захворювань та великої кількості патологій. Розглянуто практичні напрямки застосування існуючих апаратів та приладів для КВЧ-терапії і КВЧ-діагностики в клінічній практиці.

Проаналізовано сучасний стан діагностики дії КВЧ-терапії при цереброваскулярних захворюваннях. На теперішній час, існуючі методи і апарати не дозволяють в межах одного апаратного комплексу визначати індивідуальну чутливість, проводити лікування та моніторинг ефективності КВЧ-терапії на всіх етапах лікування.

Тому актуальним є саме розробка методу визначення індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії та моніторингу стану хворого до, під час та після лікування.

Показана перспективність методу визначення електрофоретичної рухливості ядер буккального епітелію (БЕ) як одного з простих і в той же час надійних методів оцінки патологічного стану організму людини, який може бути використаний в якості базису для аналізу фізіологічного стану організму пацієнтів, визначення індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії, а також моніторингу процесу лікування.

Огляд теоретичних та експериментальних робіт указує на наявність можливостей реалізації комплексного підходу до визначення індивідуальної чутливості, лікування та контролю ефективності терапії цереброваскулярної патології з використанням електромагнітного випромінювання КВЧ діапазону.

На цій підставі була сформульована мета дисертаційної роботи і задачі, що вирішуються.

У **другому розділі** розглянуто методи які використовують ЕМВ КВЧ діапазону для діагностики на клітинному рівні патологічних станів організму людини та лікування за допомогою активування крові хворого, представлено математичну модель для аналізу фізичних процесів у пристрої для опромінення біологічних рідин, розглянуто метод КВЧ-аутогемотерапії, як окремий випадок КВЧ-терапії, описано біофізичні основи методу внутрішньоклітинного мікроелектрофорезу, запропоновано новий багатofункціональний цитобіофізичний метод (БЦБФ) метод.

Для вивчення фізичних процесів у використаних електродинамічних структурах розроблено математичну модель проникнення ЕМВ КВЧ діапазону в поглинаючу рідину, на основі двовимірних скалярних електродинамічних рівнянь для об'єктів циліндричної конфігурації:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[ -\varepsilon(g) \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \sigma(g) \eta_0 \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right] E_x(g, t) = 0; \\ t > 0, \quad g = \{y, z\} \in \Omega_{\text{int}} \\ E_x(g, t)|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial}{\partial t} E_x(g, t)|_{t=0} = 0; \quad g \in \bar{\Omega}_{\text{int}} \\ \left\{ \begin{array}{l} \vec{E}_{\text{tg}}(p, t), \quad \vec{H}_{\text{tg}}(p, t) \quad \text{безперервні при перетини } \Sigma^{\varepsilon, \sigma}, \\ \vec{E}_{\text{tg}}(p, t)|_{p=\{x, y, z\} \in \Sigma} = 0, \quad D_1 [E_x(g, t) - E_x^i(g, t)]|_{g \in \Gamma_1} = 0, \quad ; t \geq 0 \\ D_2 [E_x(g, t)]|_{g \in \Gamma_2} = 0 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

де  $\eta_0 = (\mu_0/\varepsilon_0)^{1/2}$  – імпеданс вільного простору;  $\varepsilon_0$  та  $\mu_0$  – електрична та магнітна постійні вакууму; кусочно-постійні функції  $\varepsilon(g) \geq 1$  та  $\sigma(g) \geq 0$  визначають матеріальні параметри локально неоднорідного немагнітного та ізотропного середовища поширення хвиль - його відносну діелектричну проникність і питому провідність;  $\Sigma$  та  $\Sigma^{\varepsilon, \sigma}$  – поверхні ідеальних провідників і поверхні, на яких функції  $\varepsilon(g)$  та  $\sigma(g)$  терплять розрив;  $p = \{x, y, z\}$  та  $g = \{y, z\}$  – точки просторів  $\mathbb{R}^3$  та  $\mathbb{R}^2$ ;  $x, y, z$  – прямокутні декартові координати;  $\bar{\Omega}_{\text{int}}$  – замикання області  $\Omega_{\text{int}}$ ;  $E_x(g, t) \neq 0$ .

Це дозволяє знаходити розподіл електромагнітного поля в пристрої, який використовується для проведення КВЧ-діагностики та КВЧ-терапії цереброваскулярних захворювань.

Область аналізу  $\Omega_{\text{int}}$  у задачі (рис. 1) – це частина площини  $yOz$ , обмежена

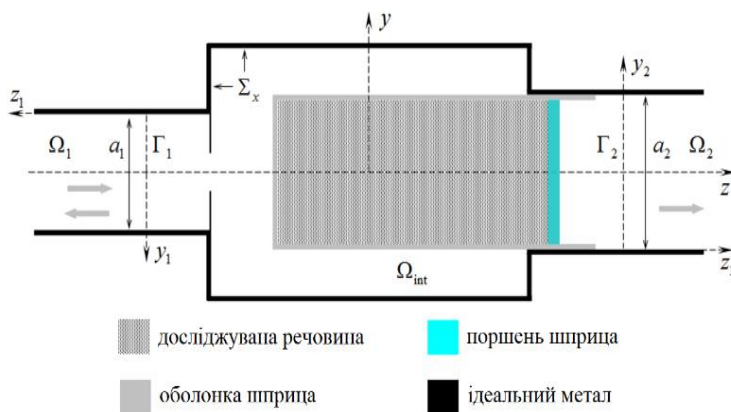


Рисунок 1 - Геометрія модельної задачі в еквівалентну закрити задачу, чисельне рішення якої будується в рамках стандартної обчислювальної схеми методу скінчених різниць.

контурами  $\Sigma_x$  та віртуальними межами  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$ , в поперечному перерізі напівнескінчених фідерних хвилеводів  $\Omega_1$  та  $\Omega_2$ . На кордонах  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$  поставлені так звані «точні поглинаючі умови»

$$D_1 [U(g, t) - U^i(g, t)]|_{g \in \Gamma_1} = 0 \quad \text{та} \\ D_2 [U(g, t)]|_{g \in \Gamma_2} = 0, \quad \text{здатні}$$

перетворювати оригінальну відкрити електродинамічну задачу,



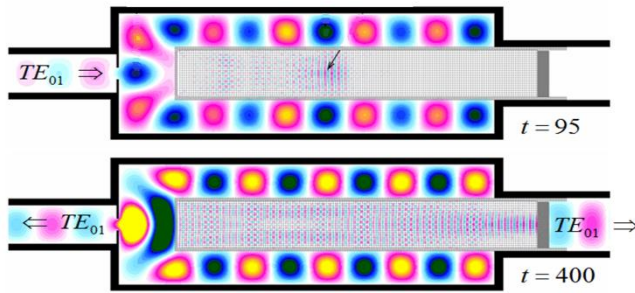


Рисунок 2 - Поле  $U(g, t)$  в резонаторі в режимі вимушених ( $t = 95$ ) і вільних ( $t = 450$ ) коливань

ЕМВ у біологічну рідину при проведення КВЧ-гемотерапії.

Представлено метод КВЧ-аутогемотерапії (поєднання двох методів: КВЧ-гемотерапії і аутогемотерапії) для лікування цереброваскулярних захворювань. Переваги даного методу полягають в мінімізації контактів дози крові з зовнішнім середовищем, в цьому випадку зберігається висока ймовірність стерильності.

Показано, що електричний потенціал клітинних ядер відіграє важливу роль в транспорті речовин між ядром та цитоплазмою, і підтримка його на певному рівні необхідна для нормального функціонування клітини.

Метод внутрішньоклітинного мікроелектрофорезу дозволяє досліджувати електрокінетичні показники клітин буккального епітелію людини для визначення патологічних процесів.

У якості базового методу визначення фізіологічного стану організму пацієнтів для розробки БЦБФ методу було використано метод кількісної оцінки

електронегативності ядер (ЕНЯ %) клітин буккального БЕ людини.

Клітини БЕ широко використовують в медицині та біології як зручний експериментальний матеріал для біологічних та медичних досліджень *in vivo* та *in vitro*.

Розроблено БЦБФ метод, представлений у вигляді послідовної схеми дій (рис. 3), що дозволяє на клітинному рівні, в рамках одного апаратного комплексу, проводити аналіз індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії, і визначати ефективність дії КВЧ-аутогемотерапії на всіх етапах лікування.

Після отримання клітинного матеріалу, водну суспензію клітин поділяють на 2 частини:



Рисунок 3 - Схема БЦБФ методу

- клітини першої частини служать для визначення значень ЕНЯ% неопромінених клітин БЕ хворого - показник  $C$ .

- клітини другої частини опромінюють на довжині хвилі 7,1 (5,6) мм та визначають значення ЕНЯ% - показник  $I$ .

Далі порівнюють отримані значення показників  $C$  та  $I$  зі стандартними показниками ЕНЯ% вікової норми ( $C_N$ ) відповідно до віку пацієнта (рис. 4).

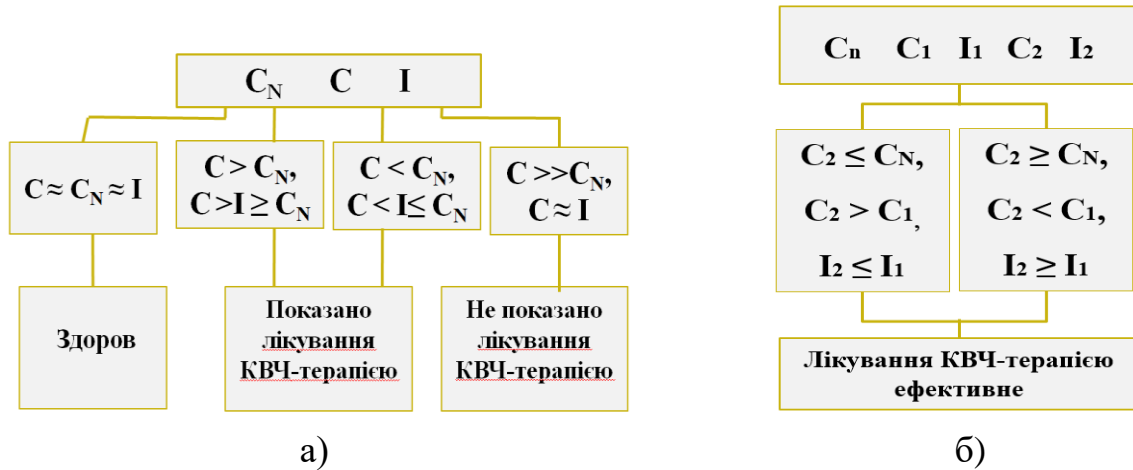


Рисунок - 4 Схема порівняння показників БЦБФ методу: а) при діагностиці чутливості хворого до КВЧ-терапії; б) при оцінці ефективності лікування КВЧ-терапією

Для визначення наявності індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії у хворих необхідно взяти пробу клітин БЕ, визначити і порівняти показники  $C_N$ ,  $C$  та  $I$ . Якщо показник  $I$  за величиною достовірно відрізняється від показника  $C$  і його можна порівняти з показником  $C_N$ , то лікування КВЧ-терапією буде сприятливим. У іншому випадку монолікування КВЧ-терапією не призведе до позитивних результатів (рис. 4 а).

Традиційно ефективність лікування за допомогою дослідження БЕ проводиться до та після лікування, але оскільки показник вікової норми ( $C_N$ ) являє собою усереднене значення, то не завжди можливо зробити правильний висновок про ефективність лікування. Тому існує можливість використовувати БЦБФ метод для більш точного визначення ефективності лікування (рис. 4 б). У разі, коли лікування ефективне для пацієнта, показники  $C_2$  та  $I_2$  після лікування будуть наближатися до величини  $C_N$ , і достовірно відрізнятися від показників  $C_1$  та  $I_1$ , отриманих перед курсом лікування.

У **третьому розділі** наведено опис розробленого апаратного комплексу для діагностики, лікування і визначення ефективності КВЧ-терапії. Запропоновано модифіковану конструкцію резонатора, що дозволяє опромінювати клітини БЕ у водному середовищі. Проведено електродинамічне моделювання розподілу електромагнітного поля ЕМВ КВЧ діапазону в циліндричному резонаторі з великими і малими дозами поглинаючої рідини.

Апаратний комплекс для діагностики, лікування і контролю ефективності лікування КВЧ-терапією складається з трьох основних блоків: блоку опромінення біологічних рідин, блоку для визначення параметрів, аналізуючого блоку (рис. 5).



Рисунок 5 - Комплекс для діагностики, лікування та визначення ефективності лікування КВЧ-аутогемотерапії

Блок опромінення біологічних рідин призначений для впливу ЕМВ КВЧ діапазону на клітини БЕ з діагностичною метою та на цільну кров пацієнта при проведенні КВЧ-аутогемотерапії. Блок складається з генератора міліметрового випромінювання (застосовується промисловий генератор Г4-141) та пристрою для опромінення біологічних рідин (являє собою циліндричний об'ємний резонатор та ємність для розміщення біологічної рідини).

Запропоновано модифіковану конструкцію резонатора (рис. 6), що дозволяє опромінювати клітини БЕ у пристрої для опромінення біологічних рідин.

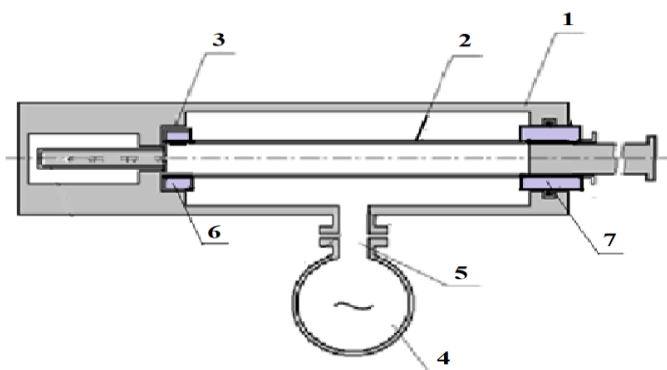


Рисунок 6 - Пристрій для опромінення клітин БЕ

1 - циліндричний об'ємний резонатор; 2 - ємність для розміщення біологічної рідини; 3 - проточка для фіксації ємності; 4 - джерело випромінювання; 5 – хвилевід; 6,7 - кільцеві вкладки для фіксації ємності 2

виконана з діелектричного матеріалу. Циліндричний наконечник розміщується в

Пристрій для опромінення клітин БЕ складається з циліндричного об'ємного резонатора 1 з отвором зв'язку в бічній циліндричній стінці резонатора. Щілинний отвір зв'язку пов'язаний з прямокутним хвилеводом стандартного перерізу плавним переходом. Для розміщення клітин БЕ, що опромінюються, використовується циліндрична ємність 2. У проточці 3 фіксується кінець ємності 2 з водною суспензією клітин БЕ. Ємність має тонкі стінки та

спеціальному об'ємі. Джерело випромінювання **4** через хвилевід **5** приєднаний до резонатора. Конструкція резонатора доповнена кільцевими вкладками **6** та **7**, виконаними з фторопласту. Вкладки утримують ємність **2** в необхідному положенні. Необхідна і достатня доза водної суспензії клітин БЕ для проведення дослідження становить близько 1 мл. Модифікований резонатор, дозволяє розширити перелік біологічних рідин для опромінення в пристрої.

Проведено електродинамічне моделювання розподілу електромагнітного поля ЕМВ КВЧ діапазону в циліндричному резонаторі (пристрій для опромінення біологічних рідин) з великими і малими дозами поглинаючої рідини.

Для досягнення максимальної рівномірності опромінення поглинаюче середовище поміщується у резонатор, що збуджується на вищому типі коливань, та частково його заповнює. Повне заповнення резонатора поглиначем не дозволяє порушити його ні на одному з можливих вимушених типів коливань. Висловлене припущення ілюструється розподілом поля, що моделює збудження коливань зовнішнім джерелом в резонаторі з поглиначем (рис. 7).

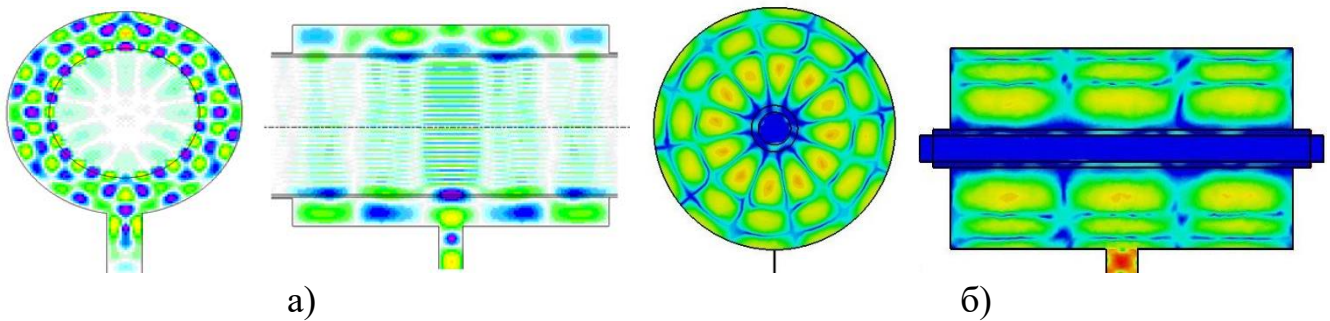


Рисунок 7 розподіл поля у поперечному та поздовжньому перетину резонатору а) відносно великій об'єм поглинаючої рідини; б) відносно малий об'єм поглинаючої рідини

Аналіз отриманих чисельних значень амплітуди електричної компоненти ЕМП показує, що поле при проникненні у рідину від поверхні ємності до центру зменшується, тобто, весь об'єм рідини знаходиться під впливом ЕМП різної інтенсивності.

Таким чином, дані з розподілу поля у ємності з рідиною, що розташована по осі резонатора, та значна доля втрат потужності у цій рідині вказує на можливість опромінення ЕМП КВЧ діапазону біологічних об'єктів відносно великого та малого об'єму в пристрої для опромінення біологічних рідин.

Показано, що в пристрої для опромінення біологічних рідин можливо опромінювати кров пацієнта (великий об'єм) при проведенні КВЧ-аутогемотерапії та клітини БЕ (малий об'єм) з діагностичною метою.

Блок визначення параметрів призначений для визначення індивідуальних параметрів обстежуваного пацієнта та включає в себе: оптичний мікроскоп; пристрій для аналізу електрофоретичної рухливості ядер клітин БЕ «Біотест»; камеру для мікроелектрофорезу (для зменшення часу дослідження та підвищення точності вимірюваних показників запропонована вдосконалена конструкція камери для мікроелектрофорезу); лічильник клітин БЕ (рис. 5).

Аналізуючий блок являє собою персональний комп'ютер, оснащений відповідними інтерфейсами та спеціальною програмою для обробки даних. Він служить для збереження отриманих параметрів пацієнта і порівняння цих параметрів для визначення індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії та ефективності лікування.

В якості основних методів використовуються: метод КВЧ-аутогемотерапії для проведення лікування та БЦБФ метод для визначення фізіологічного стану організму та індивідуальної чутливості пацієнтів до КВЧ-терапії, з можливістю моніторингу процесу лікування.

Представлено алгоритм роботи апаратного комплексу (рис.8).

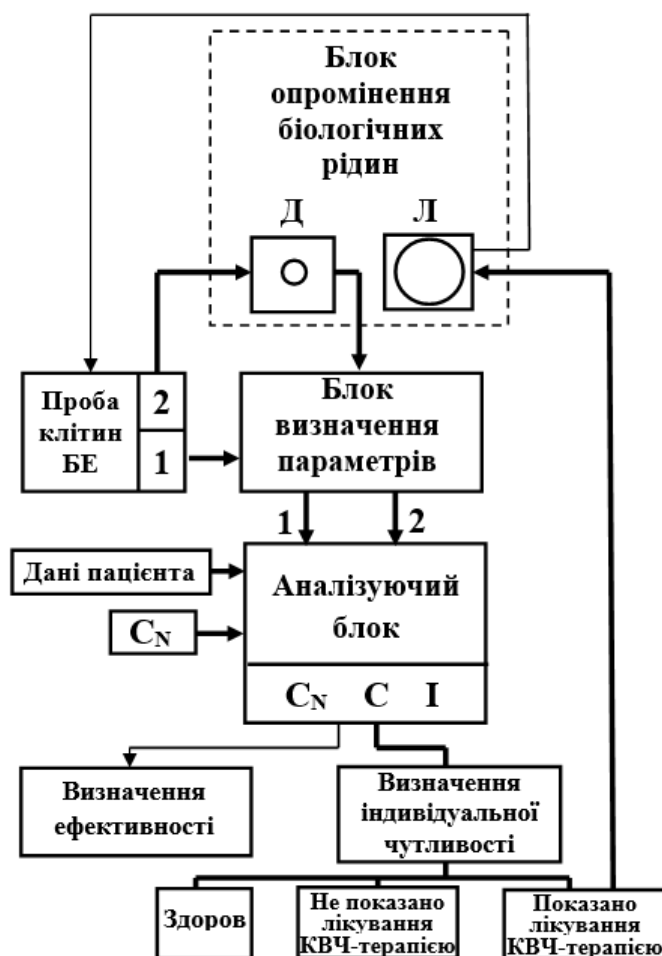


Рисунок 8 - Алгоритм роботи апаратного комплексу (Д - пристрій для опромінення клітин БЕ, Л - пристрій для опромінення крові)

опромінення крові (Л), де піддається опроміненню ( $\lambda = 7,1$  мм, щільність потоку потужності  $10$  мВт/см<sup>2</sup> з експозицією  $1$  хв), після вводиться пацієнту внутрішньом'язово. Кількість процедур визначається лікарем індивідуально.

На проміжному або завершальному етапі лікування проводиться визначення ефективності терапії. Для цього параметрам С і І, отриманим при визначенні

Для визначення чутливості пацієнта до КВЧ-терапії у аналізуючий блок в ручному режимі вводяться ПБ, вік пацієнта, а також індивідуальне значення вікової норми  $C_N$ . Далі отриманий клітинний матеріал пацієнта ділять на дві частини: клітини першої частини надходять в блок визначення параметрів, і значення параметр С зберігається в аналізуючому блоці; клітини другої частині піддаються опроміненню ( $\lambda = 7,1$  мм, щільність потоку потужності  $10$  мВт/см<sup>2</sup>, з експозицією  $5$  хв.) в пристрої для опромінення клітин БЕ (Д), потім надходять до блоку визначення параметрів, і значення параметра І пацієнта також зберігається в аналізуючому блоці. Далі здійснюється порівняння параметрів ( $C_N$ , С, І) і формується результат дослідження.

У разі, коли пацієнту показана КВЧ-терапія проводиться курс КВЧ-аутогемотерапії. Для цього шприц зі стерильною венозною кров'ю пацієнта міститься в пристрої для

чутливості до КВЧ-терапії, присвоюється індекс «1» ( $C_1, I_1$ ). Потім проводиться повторний забор клітин БЕ у пацієнта і відповідно до БЦБФ методу в аналізуючий блок надходять параметри  $C$  і  $I$ , отримані на проміжному або завершальному етапі лікування. Цим параметрам присвоюється індекс «2». Далі здійснюється порівняння параметрів ( $N, C_1, I_1$  і  $C_2, I_2$ ) і формується результат дослідження.

У рамках створеного апаратного комплексу реалізується можливість визначати індивідуальну чутливість пацієнтів до КВЧ-терапії, проводити процедуру КВЧ-аутогемотерапії, а також здійснювати контроль ефективності лікування при цереброваскулярних захворюваннях.

**Четвертий розділ** присвячений результатам застосування апаратного комплексу та БЦБФ методу для діагностики, лікування і контролю ефективності лікування методом КВЧ-аутогемотерапії хворих на цереброваскулярну патологію.

Проведені експериментальні дослідження БЦБФ методу, показали можливість діагностики патологічних станів організму при цереброваскулярних захворюваннях шляхом реєстрації зміни функціональної активності клітин БЕ. Основним об'єктом дослідження був клітинний матеріал 127 хворих на дисциркуляторну енцефалопатію (ДЕ) I та II ступеня і гострим порушенням мозкового кровообігу до та після лікування в період 2011-2019 рр. Всі обстежувані особи перебували на стаціонарному лікуванні в КНП «МКЛ № 7» ХМР м Харків.

Для визначення результату «здоровий» та апробації БЦБФ методу з використанням пристрою для опромінення клітин БЕ проведено дослідження клітинного матеріалу умовно здорових донорів (рис. 9).

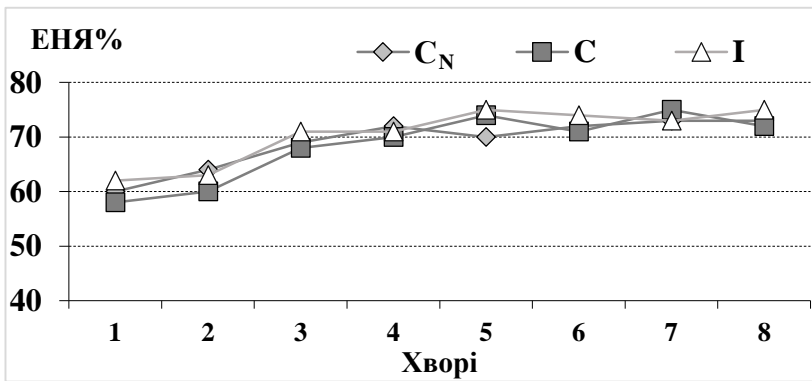


Рисунок 9 - Зміна показників  $C$  та  $I$  здорових донорів

Дослідження клітин БЕ здорових донорів відповідно до БЦБФ методу показало, що значення показників  $C, I$  та  $C_N$  здорової людини рівні в межах похибки. Таким чином вплив опромінення міліметрового діапазону практично не діє на клітини БЕ здорових донорів

Досліджено можливість застосування БЦБФ методу для визначення реакції клітин БЕ хворих на цереброваскулярну патологію *in vitro* на дію КВЧ-випромінювання (рис. 10).

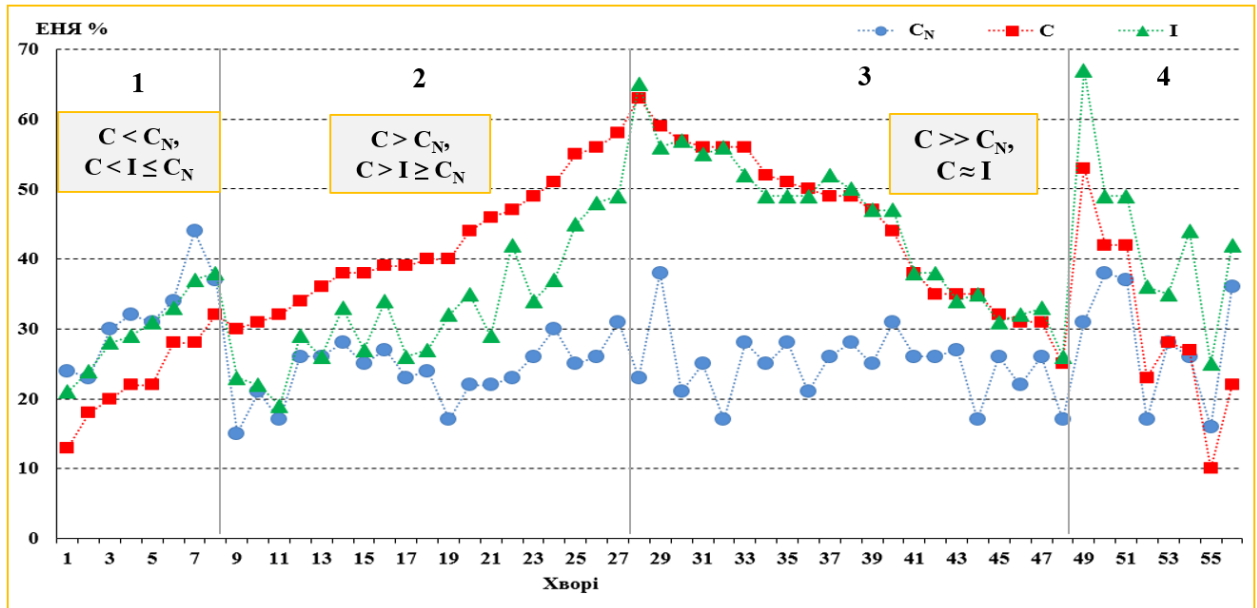


Рисунок 10 - Чотири види реакції клітин БЕ на КВЧ випромінювання ( $\lambda = 7,1$  мм)

Встановлено, що при впливі КВЧ-випромінювання присутній ефект зміни значень електронегативності клітин БЕ хворих на цереброваскулярну патологію. За характером і величиною відгуку клітин БЕ загальне число хворих розділилося на чотири групи з характерними для кожної групи особливостями зміни величини і спрямованості показників.

Проведено порівняння реакції клітин БЕ на дію ЕМВ КВЧ діапазону ( $\lambda = 7,1$  мм і  $\lambda = 5,6$  мм), за результатами якого фіксується ідентична реакція хворих на використовуваних частотах.

Як показано на рис. 10 у третій групі показники  $C$  та  $I$  мають однакові значення в межах похибки, що свідчить про відсутність реакції на даний тип фізіотерапевтичного впливу. Тоді як в першій та другій групі показник  $I$  за величиною достовірно відрізняється від показника  $C$  та порівняний з показником  $C_N$ . Цей факт свідчить про реакцію клітин буккального епітелію людини на дію ЕМВ КВЧ-діапазону.

Відмінною рисою четвертої групи є високі значення показника  $I$  щодо  $C_N$  незалежно від співвідношення показників  $C$  та  $C_N$ . Відповідно до протипоказань проведення КВЧ-аутогемотерапії не входило в протокол лікування даної групи хворих, тому аналіз індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії БЦБФ методом не проводилися.

Дослідження показників клітин БЕ хворих на ДЕ виявило, що у 35 % хворих не простежується реакція на КВЧ-випромінювання, тому визначення індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії має велике значення, так як значно збільшує ефективність даного виду терапії.

Для визначення індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії БЦБФ методом було вибрано 23 хворих на ДЕ, відбір здійснювали з урахуванням протипоказань до проведення КВЧ-аутогемотерапії. Порівнюючи результати вимірювання, отримані до

та після курсу лікування КВЧ-аутогемотерапії відповідно до БЦБФ методу, можна зробити висновок про їх взаємозв'язок.

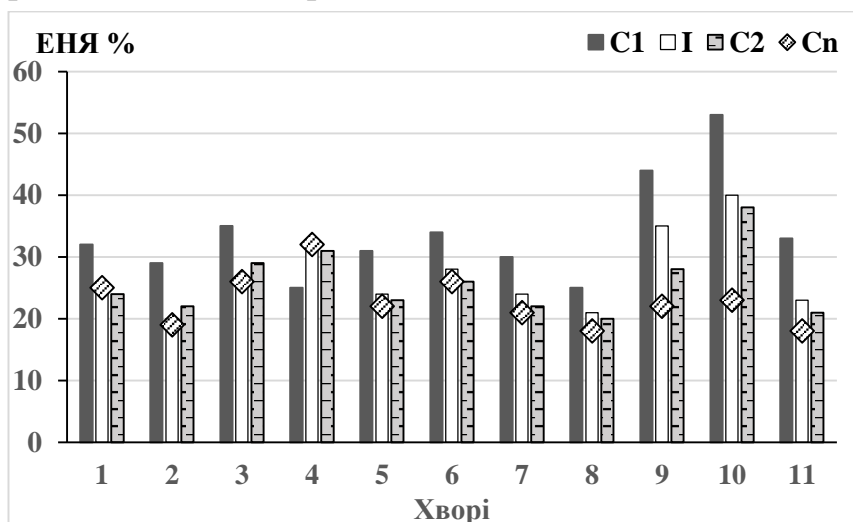


Рисунок 11 - Динаміка показників хворих на ДЕ чутливих до КВЧ-терапії ( $C_1$ - до терапії,  $C_2$  - після)

проведення курсу КВЧ-аутогемотерапії, то можливо в даний період застосування КВЧ-терапії буде неефективно, що і демонструє відміну значення  $C_N$  від  $C_2$ , отриманого після курсу лікувальних заходів (рис. 12).

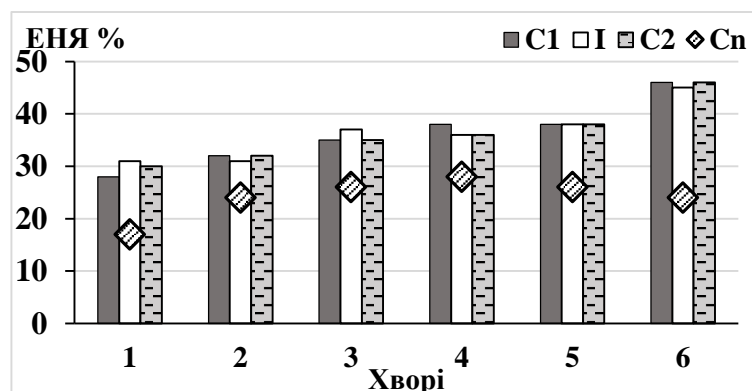


Рисунок 12 - Динаміка показників хворих на ДЕ не чутливих до КВЧ-терапії ( $C_1$ - до терапії,  $C_2$  - після)

показників клітин БЕ в динаміці до та після лікування у хворих, що отримували КВЧ-аутогемотерапію, як монотерапію. Значення показників досліджуваних зразків визначали до початку курсу КВЧ-аутогемотерапії та після 10 процедур. Дослідження показало, що у разі, коли лікування ефективно для пацієнта показники  $C_2$  та  $I_2$  після лікування можна порівняти з величиною  $C_N$ , які також відрізняються від показника  $C_1$  отриманого перед курсом лікування (рис. 13).

Так якщо показник  $I$  достовірно відрізняється від показника  $C_1$  (отриманого до курсу лікування), то можна говорити про чутливість хворого до КВЧ-терапії. Це підтверджують дані показника  $C_2$  (отриманого після курсу лікування) які можна порівняти з показником  $C_N$  (рис. 11).

В іншому випадку, якщо показник  $I$  не відрізняється за величиною від  $C_1$ , отриманого до

Реакція клітин БЕ хворого на опромінення його крові методом КВЧ-аутогемотерапії та безпосередній вплив даного опромінення на клітини БЕ даного хворого показали ідентичні результати, що підтверджує ефективність БЦБФ методу у разі визначення чутливості хворого до КВЧ-терапії.

Наступним етапом дослідження БЦБФ метода був аналіз повторних вимірювань



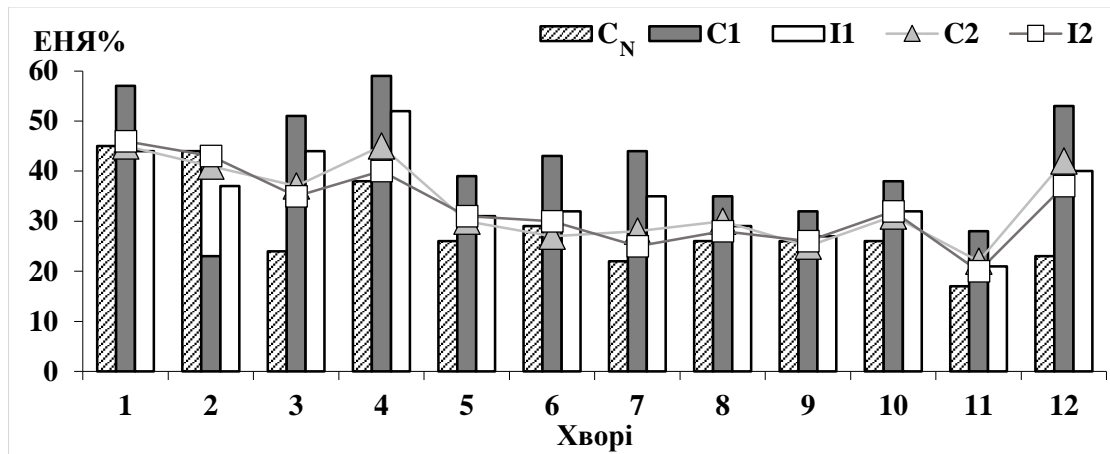


Рисунок 13 - Визначення ефективності терапії БЦБФ методом (C<sub>1</sub>, I<sub>1</sub>- до терапії, C<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>- після)

Дані, отримані БЦБФ методом корелюють з клінічними дослідженнями, динамікою показників шкали неврологічних симптомів Total Symptoms Score (TSS).

Таким чином експериментально доведено ефективність застосування БЦБФ методу для визначення індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії, оцінки динаміки перебігу хвороби та продуктивності терапії хворих на ДЕ. Отримані результати свідчать про можливість використовувати БЦБФ метод для: визначення індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії; розширення переліку існуючих методів визначення ефективності лікування; можливості коригувати схему лікування методом КВЧ-терапії (при визначенні показників БЦБФ метода протягом терапії); прогнозування рівня максимальної ефективності методу КВЧ-терапії для пацієнта (при визначенні показників БЦБФ метода після курсу лікування); прогнозування ефективності повторного курсу КВЧ-терапії. До переваг досліджуваного методу можна віднести: неінвазивність; порівняно короткий час дослідження (20 - 30 хв.); визначення стану хворого на всіх етапах лікування.

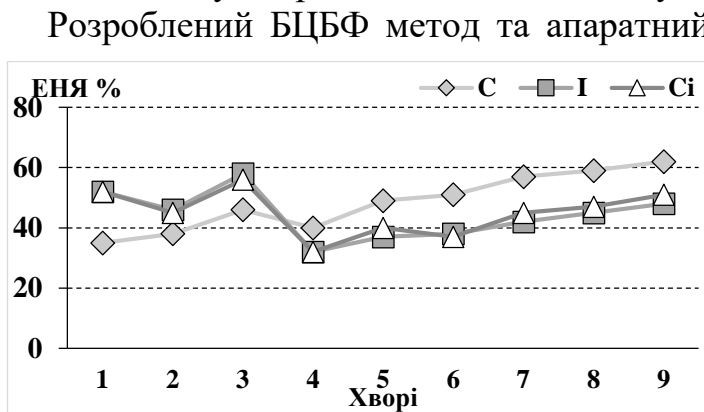


Рисунок - 14 Моделювання дії КВЧ-аутогемотерапії *in vitro* на клітинах БЕ

0,05 мл опромінених дають практично однакові результати, у всіх донорів, що брали участь у експерименті. Таким чином, значення показника С клітин БЕ при прямому впливі випромінювання відповідає значенню С<sub>i</sub>, отриманого при моделюванні

також у біомедичних дослідженнях (рис. 14). Так на клітинах буккального епітелію людини проведено експериментальне дослідження біологічної ефективності дії КВЧ-аутогемотерапії. Як видно з рисунку 14, показник С визначений у безпосередньо опромінених клітин в шприці і показник С<sub>i</sub> неопромінених клітин з додаванням до них

КВЧ-аутогемотерапія. Моделювання *in vitro* дії КВЧ-аутогемотерапії підтверджує ефективність даного методу лікування та інформативність БЦБФ методу.

У **додатках** наведено акти впровадження результатів дисертаційного дослідження та список публікацій здобувача.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі запропоновано новий багатофункціональний цитобіофізичний метод і новий апаратний комплекс для діагностики та лікування цереброваскулярної патології з використанням електромагнітного випромінювання КВЧ діапазону. При цьому отримано такі наукові і практичні результати:

1. За результатами проведеного аналізу методів, що застосовуються для визначення індивідуальної чутливості та ефективності дії КВЧ-терапії, встановлено, що в даний час не існує загальноприйнятих методів і способів визначення на клітинному рівні індивідуальної чутливості організму людини до КВЧ-терапії. Крім того, існуючі методи визначення ефективності КВЧ-терапії є складними, вимагають значних витрат часу, отже, не дозволяють проводити моніторинг стану пацієнта на всіх етапах лікування.

2. Аналіз існуючих апаратів та приладів для КВЧ-терапії і КВЧ-діагностики показав, що терапевтичні і діагностичні апарати не дозволяють в рамках одного апаратного комплексу проводити індивідуальний підбір КВЧ-терапії, лікування та моніторинг фізіологічного стану пацієнта на всіх етапах терапії.

3. Проведено математичне моделювання проникнення ЕМВ КВЧ діапазону у поглинаючу рідину. Показано, що в установці для проведення КВЧ-терапії, у резонансному режимі збудження підтримується напруженість поля у сильно поглинаючому зразку на досить високому рівні.

4. У результаті проведеного електродинамічного моделювання взаємодії ЕМВ КВЧ діапазону з великими і малими дозами поглинаючої рідини в циліндричному резонаторі показано, що електромагнітне поле ефективно проникає вглиб досліджуваної рідини. На резонансній частоті частка енергії електромагнітного поля, що поглинається, становить значну частину від загальних втрат. Це свідчить про можливість ефективного опромінення ЕМВ КВЧ діапазону біологічних об'єктів в циліндричному резонаторі.

5. Удосконалено циліндричний резонатор, що дозволяє істотно розширити перелік біологічних рідин для опромінення електромагнітними хвилями КВЧ діапазону. Удосконалений резонатор дає можливість опромінювати клітини буккального епітелію людини у водному середовищі для визначення індивідуальної чутливості хворих до КВЧ-терапії.

6. Запропоновано новий багатофункціональний цитобіофізичний метод, що дозволяє на клітинному рівні визначати індивідуальну чутливість пацієнтів до КВЧ-терапії та проводити моніторинг ефективності лікування за допомогою електромагнітних хвиль КВЧ діапазону.

7. Запропоновано комплексний підхід до застосування ЕМВ КВЧ діапазону для лікування цереброваскулярних захворювань людини за допомогою апаратного

комплексу, що дозволяє здійснювати аналіз індивідуальної чутливості до КВЧ опромінення, лікування і контроль ефективності КВЧ-терапії.

8. Удосконалено конструкцію камери для проведення мікроелектрофорезу, що дозволяє підвищити точність вимірювання параметрів і значно зменшити час проведення дослідження багатофункціональним цитобіофізичним методом.

9. Проведено апробацію багатофункціонального цитобіофізичного методу в клінічних умовах. Встановлено, що загальну кількість обстежених хворих можна розділити на чотири групи, що відрізняються характерними для кожної групи особливостями зміни електрокінетичних показників ядер клітин буккального епітелію людини на опромінення електромагнітними хвилями КВЧ діапазону.

10. Показано, що в рамках одного апаратного комплексу можливо ефективно визначати індивідуальну чутливість пацієнтів до КВЧ-терапії, проводити процедуру КВЧ-аутогемотерапії, а також здійснювати контроль ефективності лікування при цереброваскулярних захворюваннях.

#### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Arkhypova K. A., Bilous O. I., Bryuzginova N. V. et al. Role of microwave radiation in self-blood therapy. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2015. Vol. 74. No 14. P. 1305–1315. (Scopus, SCImagj Jornal and Country Rank, Q3)

*Здобувачем проаналізовано реакцію клітин крові на дію електромагнітного випромінювання, проведено електродинамічне моделювання розподілу електромагнітного поля КВЧ діапазону.*

2. Белоус О. И., Брюзгинова Н. В., Сиренко С. П., Фисун А. И. Изменение электрокинетических показателей ядер клеток буккального эпителия под действием электромагнитных полей миллиметрового диапазона *Радиофизика и электроника: сб. научн. тр. Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. Харьков. 2017. Т. 22. № 4. С 78-81. (Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2017 № 996)*

*Здобувачем виявлено чотири види реакції ядер клітин буккального епітелію людини на дію електромагнітного випромінювання КВЧ діапазону.*

3. Bryuzginova N. V., Bilous O. I., Fisun A. I., Sirenko S. P. Effect of millimeter-wave electromagnetic fields on various types of human body cells. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2018. Vol. 77(12). - P. 1087-1095. (Scopus, SCImagj Jornal and Country Rank, Q3)

*Здобувачем проведено моделювання дії КВЧ-аутогемотерапії in vitro на клітинах буккального епітелію.*

4. Брюзгінова Н. В., Іванов В. К., Малахов В. О. та ін. Цитобіофізична методика визначення індивідуальної чутливості до КВЧ-терапії. *Медицина сьогодні і завтра, Харків. 2019. № 2 (83). С. 4 – 13. (Наказ Міністерства освіти і науки України від 12.05.*

*Здобувачем розроблено та досліджено багатофункціональний цитобіофізичний метод визначення на клітинному рівні індивідуальної чутливості та ефективності КВЧ-терапії хворих на цереброваскулярну патологію.*

5. Bryuzginova N. V., Ivanov V. K., Sirenko S. P. et al. Apparatus for diagnosis, treatment and therapy efficacy monitoring. *Telecommunications and Radio Engineering*" 2020. Vol 79 (8). - P. 723-730. (Scopus, SCImagj Jornal and Country Rank, Q3)

*Здобувачем запропоновано структурну схему та алгоритм роботи апаратного комплексу для КВЧ-діагностики та КВЧ-терапії цереброваскулярних захворювань.*

6. Белоус О. И., Брюзгинова, Н. В., Малахов В. А. и др. КВЧ-физиогемотерапия: аппаратура, методика проведения лечения и первые результаты. *Актуальные проблемы неврологии и нейрореабилит.*: сб. науч. работ. Харьков: Апостроф. 2012. С. 97–105.

*Здобувачем проведено дослідження електрокінетичних показників клітин буккального епітелію хворих на дисциркуляторну енцефалопатію.*

7. Брюзгинова Н. В., Белоус О. И., Сиренко С. П., Фисун А. И. Контроль биологической эффективности действия электромагнитных полей миллиметрового диапазона. *Радиофизика и электроника*: сб. научн. тр. Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. Харьков. 2015. Т. 6(20), № 4. С 98-102.

*Здобувачем отримано експериментальні дані що до ефективності КВЧ-аутогемотерапії на клітинах буккального епітелію хворих на цереброваскулярну патологію.*

8. Briuzginova N. V. Sirenko S.P., Kamenev Yu. Ye., Fisun A. I., Bilous I. I. Stimulating Effect of Terahertz Band the Electromagnetic Radiation. Proc. of the IX International Kharkov Symposium on Physics and Engineering of MSMW. – 2016.

*Здобувачем проаналізовано реакцію клітин буккального епітелію на дію електромагнітного випромінювання.*

#### АНОТАЦІЇ

**Брюзгінова Н.В. Метод та апаратура для діагностики і лікування цереброваскулярної патології з використанням електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону.** На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 - «Біологічні та медичні прилади і системи» - Інститут Радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України, Харків, 2021.

Дисертація присвячена розробки нового багатофункціонального цитобіофізичного методу і нового апаратного комплексу для діагностики, лікування та моніторингу стану хворих на цереброваскулярну патологію за допомогою електромагнітних хвиль КВЧ діапазону.

Розглянуто методи які використовують ЕМВ КВЧ діапазону для діагностики на клітинному рівні патологічних станів організму людини та лікування методом КВЧ-гемотерапії, представлено математичну модель фізичних процесів у пристрої для опромінення біологічних рідин. Запропоновано новий багатофункціональний цитобіофізичний метод визначення індивідуальної чутливості та ефективності КВЧ-гемотерапії.

Створено апаратний комплекс для лікування, прогнозування та контролю ефективності лікування КВЧ-гемотерапією цереброваскулярних захворювань. Запропоновано модифіковану конструкцію резонатора, що дозволяє опромінювати клітини БЕ у водному середовищі. Проведено електродинамічне моделювання розподілу електромагнітного поля ЕМВ КВЧ діапазону в циліндричному резонаторі з великими та малими дозами поглинаючої рідини.

Виявлено чотири види реакції клітин БЕ хворих на цереброваскулярну патологію під дією опромінення КВЧ діапазону.

Показано, що в рамках одного апаратного комплексу можливо ефективно визначати індивідуальну чутливість пацієнтів до КВЧ-терапії, проводити процедуру КВЧ-аутогемотерапії, а також здійснювати контроль ефективності лікування при цереброваскулярних захворюваннях.

*Ключові слова:* електромагнітні хвилі, КВЧ, електронегативність ядра, клітини буккального епітелію, КВЧ-аутогемотерапія, багатофункціональний цитобіофізичний метод, цереброваскулярна патологія

**Брюзгинова Н.В. Метод и аппаратура для диагностики и лечения цереброваскулярной патологии с использованием электромагнитного излучения миллиметрового диапазона.** На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – «Биологические и медицинские аппараты и системы» - Институт радиопизики и електроніки ім. А. Я. Усикова НАН України, Харків, 2021.

Диссертация посвящена разработке нового многофункционального цитобіофізического метода и нового апаратного комплексу, позволяющих осуществлять комплексный подход к диагностике, лечению и мониторингу состояния больных цереброваскулярной патологией с помощью электромагнитных волн КВЧ диапазона. Материалы, изложенные в работе, относятся к двум аспектам использования электромагнитного излучения миллиметрового (КВЧ) диапазона в медико-биологическом приложении: исследование электрофизических свойств ядер клеток буккального эпителия человека и выявления корреляции между электрокинетическими параметрами ядер клеток и физиологическим состоянием организма человека в норме и при патологии; активирование электромагнитными волнами миллиметрового диапазона обменных и регуляторных процессов, в частности, активации крови больных с целью коррекции патологических процессов в организме человека.

Для определения эффективности проникновения КВЧ ЭМИ в биологическую жидкость проведено математическое моделирование физических процессов в устройстве для облучения биологических жидкостей. Рассмотрен метод КВЧ-аутогемотерапии, как частный случай КВЧ-терапии, описаны биофизические основы метода внутриклеточного микроэлектрофореза.

На основе изменения электрокинетических показателей ядер клеток под действием КВЧ излучения выявлено четыре вида реакции клеток буккального эпителия больных цереброваскулярной патологией, что позволило разработать новый многофункциональный цитобіофізический (БЦБФ) метод.

Создан аппаратный комплекс для диагностики, лечения и определения эффективности КВЧ-гемотерапии. Предложена модифицированная конструкция резонатора, позволяющая облучать клетки БЭ в устройстве для облучения биологических жидкостей.

Проведено электродинамическое моделирование распределения электромагнитного поля ЭМИ КВЧ диапазона в цилиндрическом резонаторе с относительно большими и малыми дозами поглощающей жидкости.

Выявлено изменение электрокинетических показателей ядер клеток БЕ больных после курса КВЧ-аутогемотерапии. Проведено моделирование эффекта действия КВЧ-аутогемотерапии *in vitro* на клетках БЕ.

Представлены результаты исследования эффективности БФЦБ метода в определении чувствительности больного к КВЧ-гемотерапии, а также контроля эффективности лечения цереброваскулярных заболеваний.

Экспериментально показано, что в рамках одного аппаратного комплекса возможно эффективно определять на клеточном уровне индивидуальную чувствительность и эффективность КВЧ-гемотерапии МЦБФ методом. А также проводить курс лечения методом КВЧ-аутогемотерапии при цереброваскулярных заболеваниях.

*Ключевые слова:* электромагнитные волны, КВЧ, электроотрицательность ядра, клетки буккального эпителия, КВЧ-аутогемотерапия, многофункциональный цитобиофизический метод, цереброваскулярная патология.

**N.V. Bryuzginova Method and equipment for diagnostics and treatment of cerebrovascular pathology of using electromagnetic radiation in the millimeter range.**  
Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.11.17 - "Biological and medical devices and systems" - O.Ya. Usikov Institute of Radiophysics and Electronics National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, 2021.

The dissertation is devoted to development of a new multipurpose cytobiophysical method and a new hardware complex for diagnostics, treatment and monitoring of a condition of patients of cerebrovascular pathology by means of electromagnetic waves of the EHF range.

Methods that use EHF band EMI for the diagnosis at the cellular level of pathological conditions of the human body and treatment by EHF chemotherapy are considered. A mathematical model of physical processes in a device for irradiating biological fluids is presented. A new multifunctional cytobiophysical method for determining the individual sensitivity and effectiveness of EHF chemotherapy has been proposed.

A hardware complex for the treatment, prognosis and control of the effectiveness of treatment of EHF chemotherapy of cerebrovascular diseases has been created. A modified design of the resonator is proposed, which allows to irradiate BE cells in an aqueous medium. Electrodynamics modeling of the distribution of the EHF EMF electromagnetic field in a cylindrical resonator with large and small doses of absorbing liquid was performed.

Four types of reaction of BE cells of patients with cerebrovascular pathology under the influence of irradiation of the EHF range are revealed.

It is shown that within one hardware complex it is possible to effectively determine the individual sensitivity of patients to EHF therapy, to perform the procedure of EHF autohemotherapy, as well as to monitor the effectiveness of treatment for cerebrovascular diseases.

*Key words:* electromagnetic waves, EHF, electronegativity of the nucleus, buccal epithelial cells, EHF - autohemotherapy, multifunctional cytobiophysical technique, cerebrovascular pathology.

Відповідальний за випуск  
Вчений секретар НТУ «ХП»  
д.т.н., проф. Заковоротний О.Ю.

Підписано до друку 10.03.2021 р. Формат 60x84/16.

Папір офсетн. Друк – різнографічний. Умовн. друк. арк. 0,9

Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Замовлення № 25

---

**Видавець і виготовлювач ФОП Лисенко І.Б.**

**61070, м. Харків, вул. Чкалова, 17, моторний корпус, к. 147**

**Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи в державний реєстр видавців,  
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 2607 від 11.09.06 р.**

---