

МОДЕЛЮВАННЯ НЕІНВАЗИВНОЇ ТЕРАПІЇ

Л. А. Косоголова, Д. А. Коломійчук,
П. П. Лошицький¹, Д. Ю. Минзьяк¹

Національний авіаційний університет

¹*Національний технічний університет України*

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Проведено експериментальні дослідження безконтактних (неінвазивних) методів терапії. Показано можливість безконтактного регулювання функціонування одноклітинних об'єктів. Проведено оцінку мінімальної потужності електромагнітного випромінювання, яке впливає на одноклітинні організми, що знаходяться у водному середовищі.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, дріжджові клітини, неінвазивні методи, модуляція і демодуляція випромінювання.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИНВАЗИВНОЙ ТЕРАПИИ

Л. А. Косоголова, Д. А. Коломійчук,
П. П. Лошицький¹, Д. Ю. Минзьяк¹

Национальный авиационный университет

¹*Национальный технический университет Украины*

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Проведены экспериментальные исследования бесконтактных (неинвазивных) методов терапии. Показана возможность бесконтактного регулирования функционирования одноклеточных объектов. Проведена оценка минимальной мощности электромагнитного излучения, которое влияет на одноклеточные организмы, находящиеся в водной среде.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, дрожжевые клетки, неинвазивные методы, модуляция и демодуляция излучения.

MODELING OF NONINVASIVE THERAPY

L. O. Kosoholova, D. A. Kolomiichuk,
P. P. Loshytskyi¹, D. Yu. Mynzyak¹

National Aviation University

¹*National Technical University of Ukraine*

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

The article is concerned with investigations of contactless methods of therapy. It gives detailed experiments of possibility of contactless control on unicellular objects. It has estimated a minimal electromagnetic radiation that affects on unicellular objects in water.

Keywords: electromagnetic radiation, yeast cells, non-invasive methods, modulation and demodulation of radiation.

Вступ. Сьогодні необхідність розвитку неінвазивних методів діагностики і терапії не викликає сумніву. Цілком очевидно, що і в подальшому актуальність застосування цих методів буде тільки зростати в зв'язку з поширенням захворювань, що передаються через кров, таких як СНІД, гепатити В і С тощо.

В області діагностики розробляють медичні прилади і методи, спрямовані на безконтактне визначення тих чи інших параметрів функціонування організму, що можуть бути використані як діагностичні. Наприклад, в роботах [1, 3] показана можливість визначення концентрації цукру в крові людини новим безконтактним методом, використовуючи релаксаційні властивості води.

У терапії досить обмежено використовують неінвазивні методи, які здебільшого не пов'язані із застосуванням лікарських препаратів. У роботах [4, 5] розглянуто деякі варіанти неінвазивної терапії, пов'язані саме із застосуванням лікарських препаратів, призначених для пригнічення біологічної активності одноклітинних організмів. Зокрема, електромагнітне випромінювання виступає як матеріальний переносник властивостей цих речовин, але не як надвисокочастотна (НВЧ) терапія, для досягнення певного ефекту в зміні функціонального стану найпростіших організмів.

Мета роботи: модельні дослідження безконтактних методів терапії, тобто дослідження закономірностей безконтактного впливу хімічних і біохімічних речовин на найпростіші живі організми.

Матеріали та методи дослідження. Експериментальні дослідження проводились із дріжджовою культурою (*Saccharomyces cerevisiae*) у дистильованій воді [7]. Приготовлені суспензії розливали по 10 мл в однакові пробірки об'ємом 25 мл кожна. Дослідження проводили в трьох повтореннях, за наявності двох контрольних зразків, на які не впливали зовнішнім фактором, а отримані результати оброблялися стандартними статистичними методами. Кількість живих і мертвих клітин визначали підрахунком за допомогою камери Горяєва - Тома, а загальну кількість клітин визначали за допомогою денситометра DEN-1 (детектор каламутності суспензії). Вплив на біологічні об'єкти здійснювали спеціально розробленими генераторами електромагнітних випромінювань:

- 1) широкодіапазонним генератором шуму «Ораторія-4» з параметрами:
 - смуга робочих частот - 57... 68 ГГц;

- рівень спектральної щільності потужності шуму - 10^{-18} Вт/Гц;
 - нерівномірність рівня спектральної щільності потужності шуму в смузі робочих частот - $\pm 1,5$ дБ;
 - інтегральна потужність випромінювання - 10^{-10} Вт/см².
- 2) широкодіапазонним генератором шуму «Ораторія-7» з параметрами:
 - смуга робочих частот - 93... 138 ГГц;
 - рівень спектральної щільності потужності шуму - 2×10^{-15} Вт/Гц;
 - нерівномірність рівня спектральної щільності потужності шуму в смузі робочих частот - $\pm 3,5$ дБ;
 - інтегральна потужність випромінювання - 10^{-6} Вт/см².
 - 3) низькочастотним імпульсним генератором Г5-54 в режимі:
 - частота повторення імпульсів - 12 кГц;
 - форма імпульсу - меандр;
 - амплітуда імпульсу - 6 В.

Випромінювання електромагнітної енергії здійснювалося для генераторів надвисоких частот рупорними антенами зі спеціальними насадками для розміщення рідких речовин, які повинні впливати на живі біологічні об'єкти, а для низькочастотного імпульсного генератора - крайовим полем батареї конденсаторів.

На підготовчій стадії досліджень визначали залежність зміни функціонального стану живих організмів від часу впливу кожного з фізичних факторів (дія кожного з генераторів електромагнітного випромінювання) і знаходили оптимальні часи впливу відповідного пристрою, як на зростання, так і на пригнічення біологічних об'єктів. Час впливу було визначено експериментальним шляхом.

Результати та їх обговорення. Електромагнітне випромінювання нетеплової інтенсивності (тобто яке не підвищує температуру середовища і живого об'єкта понад 0,1 °С) різних діапазонів саме по собі впливає на живі організми та використовується в медичній практиці, наприклад, для НВЧ-терапії. Однак такий вплив, будучи стресовим, активує або гальмує функціональний стан всього організму. Однаковий фізичний фактор залежно від дози (часу) впливу стимулює або пригнічує організм, тобто відсутня спрямованість дії на той чи інший орган. У попередній роботі [2] було показано, що для отримання односпрямованої дії необхідно

використовувати відповідні біохімічні речовини, які змінюють (модулюють) властивості електромагнітного випромінювання, викликаючи спрямовану дію. Тому, перш за все, була перевірена конструкція насадки на антені, в яку поміщають модулюючу рідину. Рідина являє собою розчин відповідної концентрації заданої речовини в дистильованій воді. Оскільки водний розчин сильно поглинає високочастотне випромінювання, його повинно бути, з одного боку, досить мало, а з іншого - достатньо для ефектної модуляції випромінювання. Спочатку використовували шар розчину між двома предметними скельцями, який утримував ці скельця за рахунок сил поверхневого натягу. Однак розмір предметних скелець і їхня товщина незручні для роботи з ними. Використана насадка на антені у вигляді ємності для розчину містила багато розчину, що різко погіршувало ефективність всієї насадки, тому замість скелець запропонували використовувати полімідні лінзи, між якими поміщали розчин (рис. 1).

У табл. 1 наведено усереднені результати експериментів з впливу установки «Ораторія-4» з насадками на пригнічення перекисом водню дріжджових культур. Похибка вимірювань становить 20 %.

З табл. 1 випливає, що хоча в кожному з дослідів загальна кількість клітин (живих і мертвих) різниться, максимальна кількість мертвих клітин спостерігається при використанні тонких лінз, між якими знаходиться шар перекису водню. Якщо ж між лінзами помістити воду, то ефекту пригнічення не спостерігається.

Подальші експерименти проводилися тільки з лінзами. На наступному етапі досліджень визначали залежність ефективності впливу на біологічні об'єкти надвисоких частот від дистанції

Усереднені результати експериментів по впливу установки «Ораторія-4» з насадками на пригнічення перекисом водню дріжджових культур

Насадка	Кількість клітин	
	Живі	Мертві
Контроль	340×10^3	40×10^3
Лінза з H_2O_2	120×10^3	300×10^3
Ємність з H_2O_2	260×10^3	120×10^3
Лінза з H_2O	160×10^3	80×10^3

впливу і від конкретної установки. Схема досліджень наступна: ширококутовий генератор розміщувався нерухомо, а досліджувана пробірка з дріжджами в живильному середовищі розташовувалася на заданій відстані від генератора. У цій серії дослідів лінза з перекисом водню перебувала на відстані 13 мм від стінки пробірок і переміщалася разом з ними (рис. 2). Контрольні зразки знаходилися на відстані 20 мм від генераторів, а лінзи з перекисом водню були відсутні.

На рис. 3 представлено залежність кількості живих і мертвих клітин від відстані між антеною генератора «Ораторія-4» і досліджуваними зразками, а на рис. 4 така ж залежність, але для генератора «Ораторія-7».

З наведених графіків видно, що для 5 мм-діапазону довжин хвиль (установка «Ораторія-4») кількість мертвих клітин плавно зростає з відстанню, досягаючи максимуму 680×10^3 клітин на 1 мл препарату, що майже в два рази більше, ніж в контролі, на відстані 70 мм. У той же час кількість

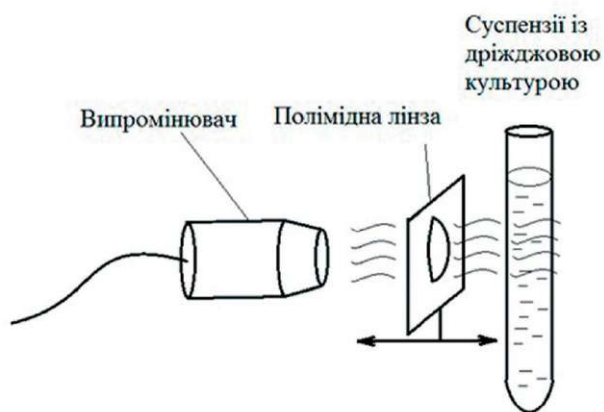


Рис. 1. Схема досліджень безконтактного впливу на найпростіші живі організми хімічних і біохімічних речовин

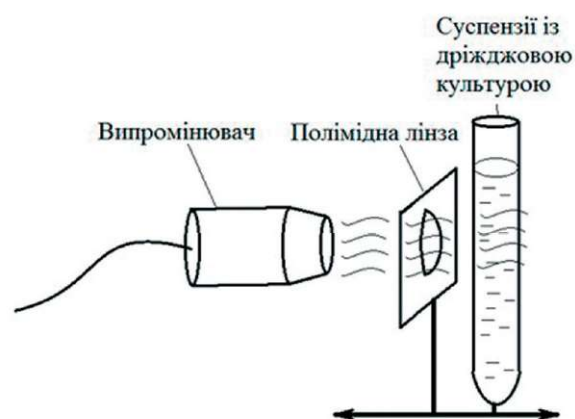


Рис. 2. Схема досліджень залежності ефективності впливу надвисоких частот на біологічні об'єкти від дистанції впливу

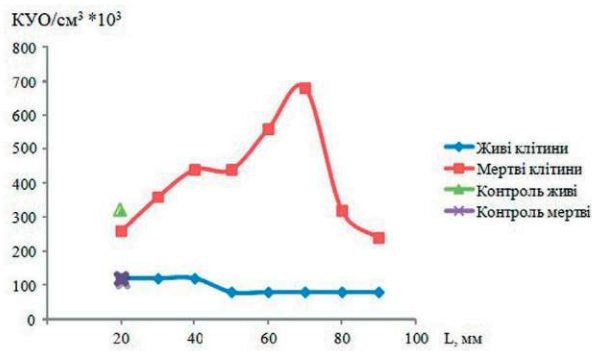


Рис. 3. Залежність кількості живих і мертвих клітин від відстані між установкою «Ораторія-4» і досліджуваними зразками

живих клітин практично не змінюється з відстанню, залишаючись на рівні $80...120 \times 10^3$ клітин на 1 мл препарату (контроль — 120×10^3 на 1 мл).

Для 3 мм-діапазону довжин хвиль (установка «Ораторія-7») кількість мертвих клітин слабо залежить від відстані між антеною та досліджуваними зразками, але навіть на відстані 80 мм спостерігається різкий (резонансний) викид до значень 360×10^3 клітин на 1 мл препарату (контроль — 80×10^3 клітин на 1 мл препарату). Кількість живих клітин більше, ніж для 5 мм-діапазону. Тобто для пригнічення дріжджових клітин слід застосовувати широкосмугове шумове випромінювання в 5 мм-діапазоні довжин хвиль, яке має рівень інтегральної інтенсивності випромінювання шуму в 104 разів менший, ніж випромінювання широкосмугового шумового генератора 3 мм-діапазону довжин хвиль.

Визначившись з ефективністю дистанційного пригнічення дріжджових клітин НВЧ-випромінюванням, модульованим перекисом водню, перейшли до по-

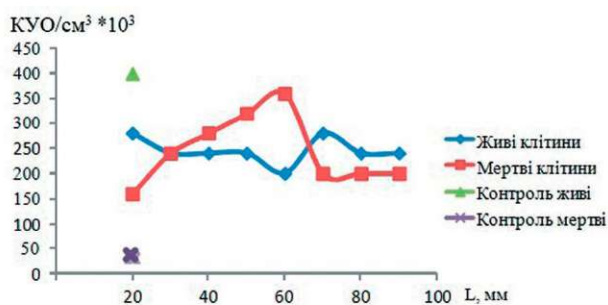


Рис. 5. Залежність кількості живих і мертвих клітин від відстані між випромінювачем «Ораторія-4» і лінзою з перекисом водню

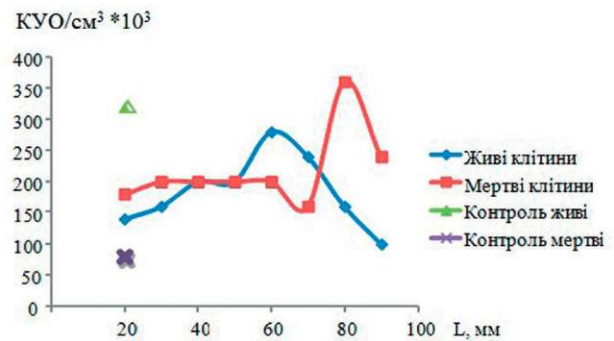


Рис. 4. Залежність кількості живих і мертвих клітин від відстані між установкою «Ораторія-7» і досліджуваними зразками

рівняння 5 мм-шумового випромінювання і низькочастотного імпульсного впливу. Схему дослідів змінили наступним чином: відстань між джерелом випромінювання і досліджуваним зразком залишалася постійною і дорівнювала 103 мм, а лінзу з перекисом водню переміщали між ними.

Відлік відстані вели від джерела випромінювання. На рис. 5 та рис. 6 представлено залежності кількості живих і мертвих клітин від відстані між джерелом випромінювання та лінзою з перекисом водню для установки «Ораторія-4» і низькочастотного імпульсного генератора відповідно.

Вплив випромінювання широкосмугового генератора шуму «Ораторія-4», модульований перекисом водню, призводить до того, що кількість живих клітин, у межах похибок вимірювань, практично мало змінюється, але всюди менше контролю. Кількість мертвих клітин монотонно збільшується до величини 360×10^3 клітин на 1 мл препарату на відстані між джерелом випромінювання та лінзою, що дорівнює 60 мм (контроль - 40×10^3 клітин).

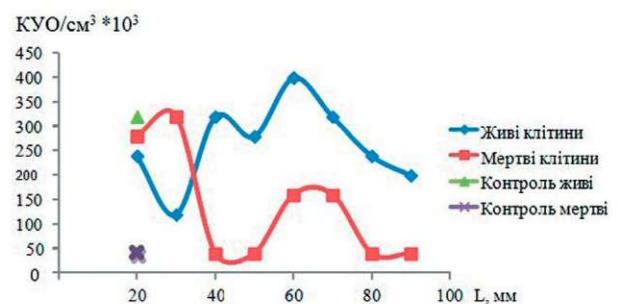


Рис. 6. Залежність кількості живих і мертвих клітин від відстані між низькочастотним імпульсним випромінювачем і лінзою з перекисом водню

Таблиця 2

Результати досліджень впливу розчину глюкози різної концентрації на дріжджові культури

Концентрація глюкози, %	Кількість клітин	
	Живі	Мертві
Контроль	360×10^3	200×10^3
1,25	280×10^3	80×10^3
2,5	240×10^3	120×10^3
5	240×10^3	120×10^3
10	440×10^3	40×10^3
20	360×10^3	80×10^3

За цієї відстані кількість живих клітин найменша та становить 200×10^3 клітин на 1 мл препарату.

Низькочастотний імпульсний вплив збільшує кількість мертвих клітин на фіксованих відстанях (25 мм, 65 мм), але при цих відстанях кількість живих клітин може навіть збільшуватися (65 мм).

У проведених дослідженнях застосовували такі хімічні речовини (H_2O_2), які спільно з електромагнітним випромінюванням викликають гальмування, пригнічення функціональних можливостей організму.

Відомо, що дріжджові культури розвиваються швидше за наявності в живильному середовищі глюкози, причому абсолютно певної її кількості (10 % концентрація).

Тому наступна серія експериментів була спрямована на збільшення функціональних можливостей живих об'єктів (активацію дріжджових клітин). Досліди проводилися в такий спосіб: ширококутний генератор шуму «Ораторія-4» залишався нерухомим, а досліджувані зразки препарату дріжджів із заповненою 10 % розчином глюкози лінзою, яка перебувала на відстані 13 мм від про-

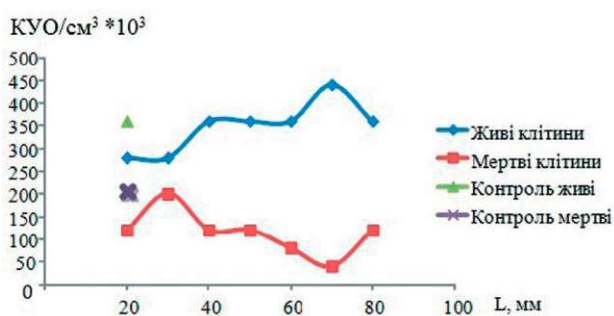


Рис. 7. Залежність кількості живих і мертвих клітин від відстані між установкою «Ораторія-4» і досліджуваними зразками (лінза заповнена 10 % розчином глюкози)

бірки з культурою дріжджів, переміщалися як ціле від джерела випромінювання.

На рис. 7 наведено залежність кількості живих і мертвих клітин від відстані до джерела випромінювання для лінзи, заповненої 10 % розчином глюкози.

Помітно, що модуляція електромагнітного випромінювання глюкозою на відстані 70 мм від випромінювача приводить до збільшення кількості живих клітин до 440×10^3 , одночасно зменшуючи кількість мертвих клітин до 40×10^3 (контроль - 360×10^3 живих клітин і 200×10^3 мертвих клітин). Результати цих же дослідів, виміряні за допомогою денситометра, що визначає загальну кількість клітин, наведені на рис. 8.

Із гістограми рис. 8 випливає, що на відстані 60 і 70 мм від джерела випромінювання загальна кількість клітин більше, ніж при інших відстанях, але різниці між живими і мертвими клітинами і їх перерозподіл не видно.

З огляду на те, що для установки «Ораторія-4» і лінзи, заповненої 10 % розчином глюкози, на відстані 70 мм кількість живих клітин є максимальною, то при тих же умовах визначали кількість живих і мертвих клітин для випадку, коли лінза заповнювалася розчинами глюкози різної концентрації. У табл. 2 наведені ці залежності.

Із даних табл. 2 випливає, що дійсно концентрація глюкози 10 % є оптимальною для розвитку дріжджових клітин.

За аналогічних умов була проведена серія дослідів, в яких у лінзу поміщали 10 % розчини різних моно- і дисахаридів. На рис. 9 представлено залежність кількості живих і мертвих дріжджових клітин від різних речовин, поміщених в лінзу, що опромінюються ширококутним шумовим випромінюванням.

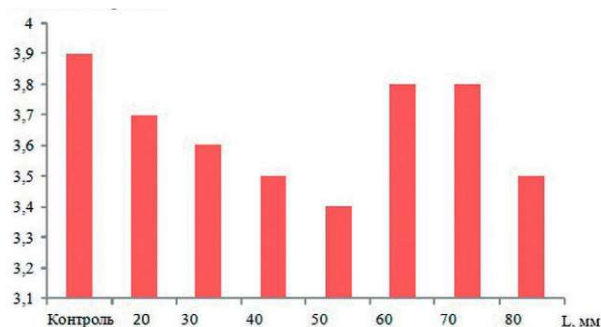


Рис. 8. Залежність загальної кількості клітин від відстані до джерела опромінювання досліджуваних зразків (лінза наповнена 10 % розчином глюкози)



Рис. 9. Залежність кількості живих і мертвих клітин від 10 % розчину речовини, залитої в лінзу

Аналіз даних дозволяє зробити висновок, що краще за інші речовини активує дріжджові клітини 10 % розчин мальтози, це видно за кількістю живих і мертвих клітин (живих клітин 480×10^3 на 1 мл препарату, мертвих 40×10^3 на 1 мл препарату, тоді як в контролі 240×10^3 клітин і 160×10^3 клітин відповідно). Досить добре активує також і сахароза.

У проведених дослідженнях показано, що чим менше інтенсивність (амплітуда) електромагнітного випромінювання, тим ефективніше воно модулюється розчинами, з цієї причини були проведені дослідження для визначення часу релаксації води і водних розчинів.

Дослідження проводилися в такий спосіб: в циліндричну металеву ємність об'ємом 300 мл з відсутньою кришкою набирали 200 мл дистильованої води, після чого відсутню кришку замінювали алюмінієвою фольгою товщиною 9 мкм, яка не тільки закривала верхній отвір, а й охоплювала циліндричні стінки металеві ємності на висоту 20 мм

Таблиця 3

Результати дослідження визначення часу релаксації води і водних розчинів під впливом ширококуткового шумового випромінювання

Час перебування в опроміненій воді, хв.	Кількість клітин	
	Живі	Мертві
Контроль	200×10^3	280×10^3
10	200×10^3	360×10^3
15	280×10^3	200×10^3
20	480×10^3	320×10^3

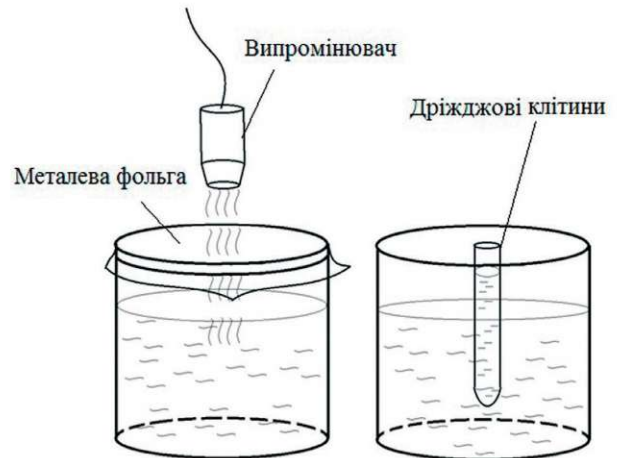


Рис. 10. Схема дослідження для визначення часу релаксації води і водних розчинів

(рис. 10). При цьому фольга щільно прилягала до стінок ємності і притискалася натягом гумки. Закрити ємність з водою опромінювали через фольгу електромагнітним ширококутним шумовим випромінюванням пристрою «Ораторія-4» протягом 15 хв. Через 5 хв після обробки електромагнітним випромінюванням в ємність з водою поміщали три пробірки з дріжджовими клітинами, які перебували у воді 10, 15 і 20 хв. Аналогічні досліди проводилися і для низькочастотного імпульсного впливу на закриту воду. Отримані результати наведено в табл. 3 та 4.

Наведені результати показують, що якщо для низькочастотного імпульсного впливу товщина фольги значно менше скін-шару ($D \sim 2,1$ мм [6]), то для НВЧ-випромінювання товщина скін-шару менше товщини фольги, та як у першому, так і в другому випадку зміна функціонального стану дріжджових клітин відбувається, незважаючи на

Таблиця 4

Результати дослідження визначення часу релаксації води і водних розчинів за умов низькочастотного імпульсного впливу

Час перебування в опроміненій воді, хв.	Кількість клітин	
	Живі	Мертві
Контроль	200×10^3	280×10^3
10	320×10^3	160×10^3
15	280×10^3	240×10^3
20	200×10^3	280×10^3

те, що препарати з клітинами безпосередньо не опромінювалися.

Висновки.

1. На клітинному рівні показано безконтактний вплив хімічних препаратів на організм, причому як в бік зменшення, так і збільшення його функціональних можливостей.

2. Електромагнітне випромінювання, що «переносить» дію розчинів хімічних речовин на живі клітини, підпорядковується всім законам взаємодії випромінювання та речовини, законам поширення електромагнітних хвиль.

Література.

1. Лошицький П. П. Дослідження концентраційних залежностей водних розчинів / П. П. Лошицький, Д. Ю. Минзьяк // Медична інформатика та інженерія. - 2011. - № 2. - С. 29-34.
2. Лошицький П. П. Дослідження неінвазивних методів діагностики та терапії / П. П. Лошицький, Д. Ю. Минзьяк // Медична інформатика та інженерія. - 2012. - № 2. - С. 56-59.
3. Лошицький П. П. Дослідження неінвазивного методу визначення цукру крові людини / П. П. Лошицький, Д. Ю. Минзьяк // Медична інформатика та інженерія. - 2013. - № 4. - С. 41-46.
4. Лошицкий П. П. Регулирование свойств водных растворов электромагнитным излучением / П. П. Лошицкий, Д. Ю. Минзьяк // Электроника и связь. - 2012. - № 4. - С. 14-17.
5. Лошицкий П. П. Исследование возможностей использования ЭМИ миллиметрового диапазона длин волн для дистанционного регулирования свойств водных растворов / П. П. Лошицкий, Д. Ю. Минзьяк // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - 2012. - Вып. 158. - С. 72-77.
6. Страттон Дж. А. Теория электромагнетизма / Дж. А. Страттон; пер. с англ. М. С. Рабинович, В. М. Харитонов; ред. проф. С. М. Рытов. - М.-Л. : ГИТТЛ, 1948. - 541 с.
7. Шлегель Г. Общая микробиология / Г. Шлегель; пер. с нем. - [6-е изд.]. - М. : Мир, 1987. - 567 с.

3. Водні розчини та живі клітини здатні реагувати на електромагнітні сигнали, рівні яких на порядки нижче рівня теплових коливань (кТО), що пов'язано з їхньою складною структурою та високою організацією.

References.

1. Loshic'kij, P. P. & Minzjak, D. Ju. (2011) Doslidzhennja koncentracijnih zalezhnostej vodnih rozchiniv [Research of concentration dependences of aqueous solutions]. Medichna informatika ta inzhenerija (Medical Informatics and Engineering), 2, 29-34 [In Ukrainian].
2. Loshic'kij, P. P. & Minzjak, D. Ju. (2012) Doslidzhennja neinvazivnih metodiv diagnostiki ta terapii [Study of non-invasive diagnosis and therapy methods]. Medichna informatika ta inzhenerija (Medical Informatics and Engineering), 2, 56-59 [In Ukrainian].
3. Loshic'kij, P. P. & Minzjak, D. Ju. (2013) Doslidzhennja neinvazivnogo metodu viznachennja cukru krovi ljudini [Study of non-invasive method of determining a human blood sugar]. Medichna informatika ta inzhenerija (Medical Informatics and Engineering), 4, 41-46 [In Ukrainian].
4. Loshickij, P. P. & Minzjak, D. Ju. (2012) Regulirovanie svojstv vodnyh rastvorov jelektromagnitnym izlucheniem [Regulation of the properties of aqueous solutions of electromagnetic radiation]. Jelektronika i svijaz' (Electronics & Communications), 4, 14-17 [In Russian].
5. Loshickij, P. P. & Minzjak, D. Ju. (2012) Issledovanie vozmozhnostej ispol'zovanija JeMI millimetrovogo diapazona dlin voln dlja distancionnogo regulirovanija svojstv vodnyh rastvorov [Study the possibilities of using EMR millimeter waves for remote control of properties of aqueous solutions]. Avtomatizirovannye sistemy upravlenija i pribory avtomatiki (Automated control systems and automation equipment), 158, 72-77 [In Russian].
6. Stratton, J. A. (1948) Teorija jelektromagnetizma [Electromagnetic Theory]. Moscow - Leningrad: Gosudarstvennoe izdatel'stvo tehniko-teoreticheskoj literatury (State Publishing House of Technical And Theoretical Literature) [In Russian].
7. Schlegel, H. (1987) Obshhaja mikrobiologija [General Microbiology]. Moscow: Mir [In Russian].