

**УДК 615.84: 615.032**

*В.В. Копицик, студентка гр. ПБ-82мп, М.Ф. Терещенко к.т.н., доцент  
КПП імені Ігоря Сікорського*

## **ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ НА ГЛИБИНУ ПРОНИКНЕННЯ ЛІКАРСЬКИХ РЕЧОВИН**

**Анотація:** приведені результати дослідження впливу параметрів ультразвукових коливань на проникність лікарських речовин трансдермальним шляхом. Отриманні дані дозволять контролювати та передбачати результати використання ультрафонофорезу при лікуванні тих чи інших захворювань. Неінвазивне лікування є оптимальним методом лікування так як при використанні має найменшу кількість побічних ефектів, що викликає інтерес до фізіотерапії.

**Ключові слова:** ультразвук, ультрафонофорез, трансдермальний метод, проникність, фізіотерапія

### **ВСТУП**

Ультразвукові коливання покращують обмін речовин, проявляють нормалізуючий вплив на всі системи організму, наділені знеболюючим, спазмолітичним, протизапальним і десенсибілізуючу властивостями [1].

Прискорення та посилення процесів на клітинному та тканинному рівні збільшує проникність шкіри та активізує фізіологічні процеси в організмі, що дозволяє використовувати природу ультразвукових коливань для трансдермального методу введення лікарських речовин [2].

Лікарські речовини в залежності від свого хімічного складу та властивостей мають різну проникність при різних частотах та часі впливу. Тому важливо дослідити фізичні фактори, що впливають на проведення процедури, щоб збільшити ефективність проведення фізіотерапії [3].

### **ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ**

Ультрафонофорез лікарських речовин - поєднання впливу на організм ультразвуку і нанесенням на шкіру або слизові оболонки лікарських речовин.

При ультразвуковій терапії на біологічний об'єкт діють три фактори: механічний, що підвищує проникність клітинної мембрани, розриває слабкі міжмолекулярні зв'язки, підвищує функціональну активність клітин крові та інше; тепловий, що змінює швидкість біохімічних реакцій і дифузних процесів, підвищує мікроциркуляцію; фізико-хімічний, що проявляється в зміні фізико-хімічних, біохімічних та біофізичних процесів [4].

В порівнянні з високочастотним ультразвуком, що знайшов своє застосування в медичній практиці набагато раніше, низькочастотний ультразвук відносно новий напрямок в терапії та поки маловивчений його лікувальний ефект.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

В ході дослідження низькочастотного ультразвуку було встановлено, що він має набагато більшу проникність в тканини, має виражений бактерицидний та протизапальний ефект, проти набряковий ефект, ефективно впливає на судинну і епітеліальну проникність, при певних умовах може викликати кавітацію.

Здатність речовини проникати через шкіру характеризується проникністю. Зміна значення проникності обчислюється за формулою Фіка [6]:

$$J_s = K_p \Delta C_s, \quad (1)$$

де,  $J_s$  - потік надходження речовини,  $K_p$  – значення константи проникності,  $\Delta C_s$  – значення різниці концентрації сторін мембрани.

В нормальних умовах, без стороннього впливу, рахуючи роговий шар, як порівняно товсту мембрану, проникність речовини можна описати рівнянням[7]:

$$J_s = \frac{K_m \cdot D_m}{\delta} \cdot \Delta C_s, \quad (2)$$

де,  $J_s$  – значення потоку надходження речовини,  $K_m$  – величина коефіцієнту розподілу речовини між мембраною і розчинником,  $D_m$  - значення константи дифузії для розчиненої речовини в мембрані;  $\delta$  - товщина мембрани,  $\Delta C_s$  - значення різниці концентрації по різних сторонах мембрани.

Значення швидкості дифузії описується рівнянням:

$$\frac{dm}{dt} = -D \cdot s \cdot \lim_{l \rightarrow 0} \frac{C_1 - C_2}{L}, \quad (3)$$

де,  $\frac{dm}{dt}$  - швидкість дифузії,  $D$  - коефіцієнт дифузії,  $s$  - площа мембрани,  $L$  - товщина мембрани,  $C_1$  і  $C_2$  концентрація речовини по різні сторони мембрани.

Протікання процесу дифузії залежить від температури, природи розчинених речовин і її стану ліпідної розчинності.

Дана робота спрямована на дослідження природи впливу ультразвукових коливань різної інтенсивності та частоти на глибину проникнення лікарських препаратів протягом певного інтервалу часу.

Данні отримані шляхом експериментальних досліджень, допоможуть розробити терапевтичний метод лікування, що дозволить створювати високу концентрацію препарату в зоні патології, прискорювати процес впливу та продовжувати термін дії. Крім того, рівень шкідливого впливу на організм людини при використанні даної методики мінімальний.

Даний метод зарекомендував себе для тривалого та постійного застосування пацієнтом при хронічних захворюваннях.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В якості генератора ультразвукових коливань використовувався апарат для комбінованої фізіотерапії МИТ-11, що назначений для комплексного фізіотерапевтичного впливу. Дана модель дозволяє проводити процедури з використанням низькочастотного ультразвуку частотою в 44 кГц.

Фармакологічні речовини при використанні ультразвуку поступають в організм за рахунок різних механізмів, на сам перед, дифузії та форетичної здатності ультразвуку.

Для проведення досліджень в якості біологічного зразку використовувалася жирова тканина свині.

Для проведення експериментів використовувалося чотири частоти, що впливають на визначенні біологічні процеси в організмі. Були використанні:

1. 1,2 Гц (впливає на кардіоритм в організмі);

2. 9,4 Гц (стимулює роботу капілярів, впливаючи на серцево-судинну систему);
3. 37 Гц (блокування калієвих каналів);
4. 77 Гц (знеболювальна дія);

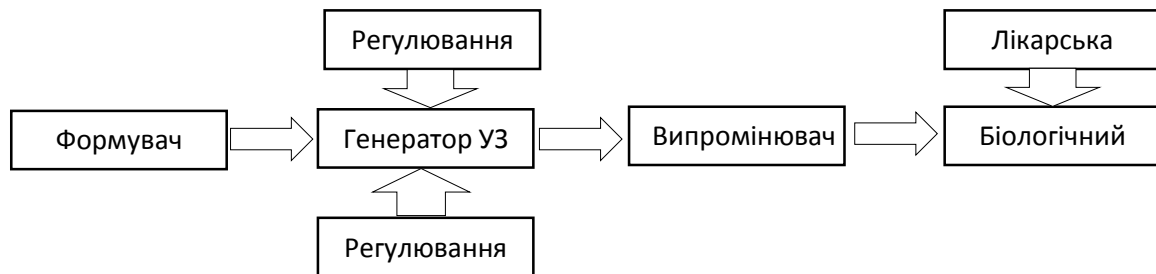


Рис.1. Структурна схема експерименту

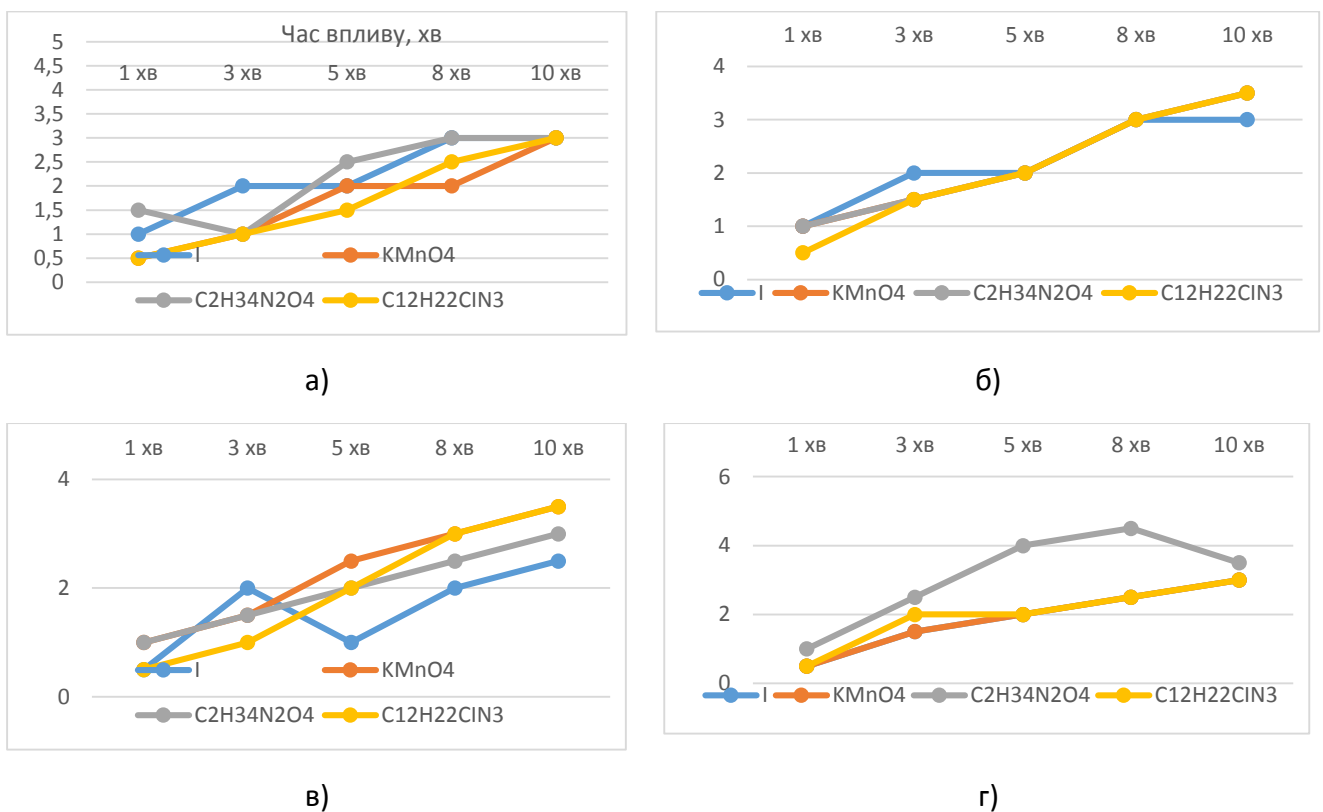


Рис.2. Залежність глибини проникнення від тривалості впливу на частоті:

а) 1,2 Гц; б) 9,4 Гц в) 37 Гц; г) 77 Гц

При збільшенні частоти та часу глибина проникнення збільшується по різному для розчинів йоду, марганцевокислого калію, оксамитового зеленого.

При низьких частотах та невеликому часі впливу підвищується форетична активність введення лікувального препарату.

## ВИСНОВКИ

Використання низькочастотного ультразвуку при ультрафонофорезі має ефективну лікувальну дію.

Порівнявши отриманні результати ми можемо зробити висновок, що глибина проникнення для різних лікувальних препаратів залежить від частоти ультразвуку.

Результати глибини проникнення речовин відповідних частот, що були використані в ході дослідження, характеризують дану методику, як ефективний метод в фізіотерапії для лікування та профілактики захворювання.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] В. С. Улащик Трансдермальное введение лекарственных веществ и физические факторы: традиции и инновации , Минск: Беларуская наука, 2017. - 266 с. - ISBN 978-985-08-2082-2.
- [2] М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, М.В. Чухраєв, А.Ю. Кравченко, Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія . Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. ISBN 978-966-622-874-4, <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25501>.В.С.
- [3] В.С. Улащик Общая физиотерапия: Учебник / В.С. Улащик, И.В. Лукомский. - 3-е изд., стереотип.-Мн.: Книжный Дом, 2008. - 512 с.:ил. ISBN 978-985-489-850-6.
- [4] С.Б. Паньков, М.Ф. Терещенко, «Залежність параметрів проникнення фармакологічних препаратів у біологічну тканину від дії ультразвукових коливань різної інтенсивності». Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 29(68), №4 ч.1, 2018. с.61-66.
- [5] С.Б.Паньков, Н.Ф.Терещенко. «Эффективность применения ультразвука при транскутанному методе введения лекарственных препаратов», Новые направления развития приборостроения. Материалы 11-й Международ. научно-технич. конф. молодых учёных и студентов. 18-20 апреля 2018г. Минск: БНТУ, 2018. с.77
- [6] В.В. Цапенко, Н.Ф.Терещенко, Н.В. Чухраєв, «Комплексный излучатель ультратонотерапии», Приборостроение-2015: материалы 8-й международной научно-технической конференции, Минск, 25-27 ноября 2015 г.: в 2 т. Белорусский национальный технический университет; редкол.: ОК Гусев [и др.].Минск, 2015.Т. 1.С. 158-159.
- [7] М.Ф.Терещенко, Г.С.Тимчик, С.Б.Паньков, М.В. Чухраєв «Визначення глибини проникнення фармакологічних препаратів у біологічний об'єкт при ультрафонофорезу», Вісник НТУУ «КПІ». Серія: Приладобудування, №56(2), с. 97-103, 2018
- [8] В.В. Цапенко, Н.Ф. Терещенко «Исследование параметров влияния электрических сигналов на эффективность введения фармакологических препаратов в биологическую ткань» Новые направления развития приборостроения. Материалы 9-й Международ. научно-технической конференции молодых учёных и студентов в 2 томах, 20 –22 апреля 2016 г., г. Минск, БНТУ. – 2016. – Том 1. – С.135.

*Наук. керівник – к.т.н., доцент. Терещенко М.Ф.*