

УДК 537.868

# СУЧАСНІ ФІЗІОТЕРАПЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ТЕРАПІЇ

<sup>1</sup>Цвір Дмитро Анатолійович  
[tsvir.d@gmail.com](mailto:tsvir.d@gmail.com)

<sup>2</sup>Шейна Ірина Валеріївна  
[i.sheina@karazin.ua](mailto:i.sheina@karazin.ua)

<sup>1</sup>Шликов Владислав Валентинович  
[v.shlykov@kpi.ua](mailto:v.shlykov@kpi.ua)

<sup>1</sup>Кафедра біомедичної інженерії

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Кафедра медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна

**Анотація** – У роботі розглянуто сучасні фізіотерапевтичні технології, які дають можливість комбінувати кілька типів електромагнітного випромінювання, включаючи електростимуляцію та низькоенергетичне електромагнітне поле. Така комбінована дія електромагнітного випромінювання забезпечує ефект синергії, коли різні типи впливу підсилюють один одного, підвищуючи загальний терапевтичний ефект. Завдяки можливості налаштування частот і інтенсивності випромінювання, такі фізіотерапевтичні технології забезпечують індивідуалізований підхід до лікування пацієнтів з різними захворюваннями. Показано, що сучасні фізіотерапевтичні технології для електромагнітної терапії включають автоматизовані системи керування, які постійно контролюють параметри лікування і забезпечують високу ефективність процедур. Зокрема електромагнітне випромінювання в різних частотних діапазонах (УВЧ, НВЧ, НДВЧ) завдяки автоматизованим програмам лікування та інтелектуальним системам контролю, забезпечує зручність, доступність і високу ефективність процедур фізіотерапії. Наприклад, низькоенергетичне випромінювання забезпечує високу безпеку процедур, а відсутність теплового ефекту та мінімізація дискомфорту роблять ці прилади ідеальними для тривалого застосування, навіть у випадках з підвищеною чутливістю або післяопераційних станів. Огляд сучасних фізіотерапевтичних технологій показує, що подальше вдосконалення систем електромагнітної терапії пов'язане з автоматизацією контролю, підвищенням точності налаштувань та розширенням застосування фізіотерапевтичних приладів у медичній практиці.

**Ключові слова:** фізіотерапія, електромагнітне випромінювання, електромагнітна терапія, фізіотерапевтичні технології, мікропроцесорні системи.

## I. ВСТУП

Фізіотерапія є одним із найдавніших напрямків медицини, що динамічно розвивається завдяки впровадженню нових наукових відкриттів та технологій. Її історія бере початок із використання природних факторів, таких як тепло, світло та вода, для лікування різних хвороб. Сучасні методи фізіотерапії базуються на передових технологіях, що включають використання електричних, магнітних і електромагнітних полів для впливу на організм пацієнтів [1, 2].

Новітні дослідження в галузі електрофізіотерапії дозволили значно розширити можливості терапевтичного впливу. Сучасні прилади використовують різні частотні діапазони електромагнітного випромінювання (УВЧ, НВЧ, НДВЧ), лазерні

технології, ультразвук та інші методи для покращення стану пацієнтів. Це забезпечує ефективний терапевтичний вплив без значного теплового ефекту, що дозволяє застосовувати такі прилади навіть у гострих станах [3].

Особливої уваги заслуговує принцип впливу на людину електромагнітних полів ультрависокої та надвисокої частоти низької інтенсивності. Незважаючи на те, що ці хвилі переважно поглинаються на поверхні шкіри, вони здатні викликати серйозні фізіологічні реакції. Стимуляція нервових закінчень, запуск регенеративних процесів та поліпшення кровообігу – все це відбувається завдяки каскаду біохімічних реакцій, які поширюються через нервові та ендокринні системи [4]. Такий підхід забезпечує

комплексний вплив на організм, сприяючи лікуванню захворювань нервової, опорно-рухової та кардіологічної систем, а також зменшенню запальних процесів.

Завдяки автоматизованому керуванню та можливості індивідуалізації процедур, новітні пристрої, що впливають на організм через відтворення електромагнітних частот, забезпечують високу ефективність лікування [5]. Це робить фізіотерапію одним із найперспективніших напрямків сучасної медицини, що продовжує активно розвиватися.

## II. МЕТА РОБОТИ

Мета роботи – дослідити існуючі технології фізіотерапії щодо використання у медичній практиці ефекту синергії, який суттєво підвищує загальний терапевтичний ефект, та визначити шляхи вдосконалення систем електромагнітної терапії.

## III. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ У МЕДИЧНІЙ ПРАКТИЦІ

Наукові дослідження останніх років присвячені комбінованому синергетичному впливу електромагнітного випромінювання в різних частотних діапазонах (УВЧ, НВЧ, НДВЧ) для тривалого застосування у медичній практиці.

### 3.1. Сучасні пристрої для фізіотерапії

У сучасній медицині з'являється дедалі більше інноваційних технологій, які значно підвищують лікувальну ефективність процедур фізіотерапії. Принципи дії сучасних приладів для фізіотерапії базуються на застосуванні різних фізичних факторів: теплової дії, електромагнітного випромінювання (табл. 1), ультразвуку, електростимуляції та ін. [5], які дозволяють впливати на окремі системи організму як точково, так і здійснювати комплексний вплив на весь організм. Такий підхід забезпечує багатогранний ефект, який охоплює як місцеві, так і загальні фізіологічні процеси.

Одним із ключових напрямів у фізіотерапії є лікувальний ефект від застосування електромагнітного

випромінювання ультрависокої та надвисокої частоти [6]. Завдяки можливості налаштування частот та інтенсивності випромінювання, ці технології фізіотерапії забезпечують індивідуалізований підхід до лікування пацієнтів з різними захворюваннями.

**Таблиця 1** Діапазони електромагнітного випромінювання

Назва діапазону	Довжини хвиль, $\lambda$	Частота, $f$	
Радіохвилі	Наддовгі	понад 10 км	до 30 кГц
	Довгі	10 км – 1 км	30 кГц – 300 кГц
	Середні	1 км – 100 м	300 кГц – 3 МГц
	Короткі	100 м – 10 м	3 МГц – 30 МГц
	Ультра-короткі	10 м – 1 мм	30 МГц – 300 ГГц
Інфрачервоне випромінювання	1 мм – 780 нм	300 ГГц – 429 ТГц	
Видиме випромінювання	780 нм – 380 нм	429 ТГц – 750 ТГц	
Ультрафіолетові	380 – 10 нм	$3 \times 10^{14}$ Гц – $3 \times 10^{16}$ Гц	
Рентгенівські	10 нм – 5 пм	$3 \times 10^{16}$ Гц – $6 \times 10^{19}$ Гц	
Гамма	до 5 пм	понад $6 \times 10^{19}$ Гц	

Сучасні пристрої здатні генерувати хвилі в різних діапазонах, що дозволяє вибірково впливати на певні тканини або органи. Наприклад, випромінювання в ультрависокочастотному діапазоні сприяє поліпшенню провідності нервових імпульсів та активації метаболічних процесів, тоді як хвилі надвисокої частоти можуть використовуватись для стимуляції тканин на клітинному рівні, забезпечуючи їхнє швидке відновлення [7].

Інноваційні прилади для фізіотерапії дозволяють здійснювати комплексний вплив на організм завдяки одночасному використанню кількох режимів роботи. Це можуть бути різні частотні діапазони, що дозволяє проводити терапію, орієнтовану на декілька систем організму одночасно,

наприклад нервову, м'язову та судинну системи. Крім того, фізіотерапевтичні технології дають можливість комбінувати кілька типів випромінювання, включаючи електростимуляцію та низькоенергетичне електромагнітне поле. Це забезпечує ефект синергії [8, 9], коли різні типи впливу підсилюють один одного, підвищуючи загальний терапевтичний ефект (рис. 1).

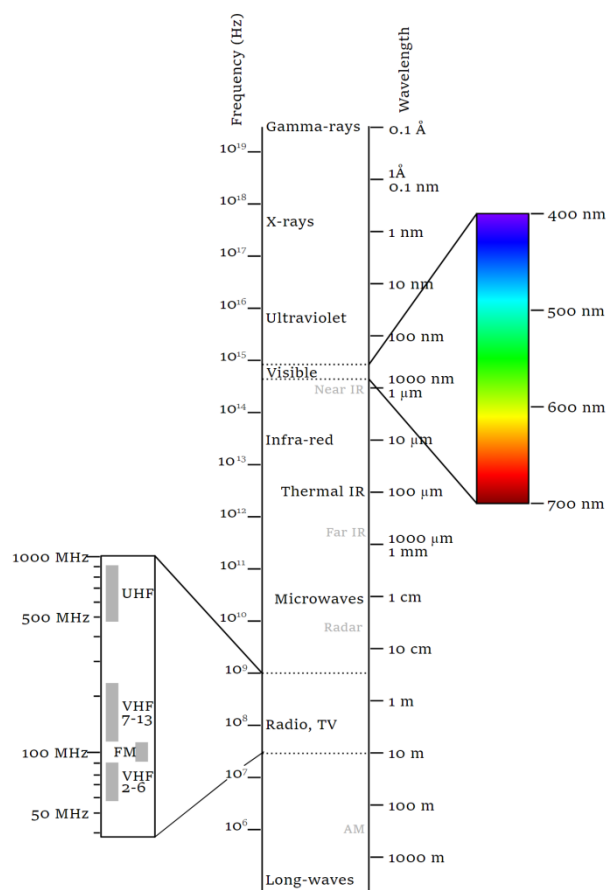


Рисунок 1 – Спектр електромагнітного та оптичного (Visible) випромінювання.

Сучасні фізіотерапевтичні пристрої оснащені автоматизованими системами контролю, що забезпечують високу точність та безпеку проведення процедур. Завдяки можливості програмування режимів роботи, прилади можуть адаптуватися під індивідуальні потреби пацієнта, дозволяючи налаштувати параметри лікування, такі як тривалість процедури, частота і інтенсивність випромінювання.

Інтелектуальні системи контролю можуть автоматично підлаштовувати параметри терапії на основі зворотного

зв'язку з організмом пацієнта, що забезпечує точність і безпечність процедур [10]. Це особливо важливо для пацієнтів із чутливими або пошкодженими тканинами, для яких важливо мінімізувати або уникати надмірного впливу.

Останні досягнення у фізіотерапії спрямовані на створення пристроїв, які дозволяють максимально персоналізувати лікування [8, 9]. Завдяки можливості точно налаштувати параметри випромінювання, сучасні прилади здатні враховувати індивідуальні фізіологічні особливості пацієнтів, такі як стан тканин, ступінь ураження або рівень запалення. Це дозволяє уникнути універсальних схем лікування та зосередитися на індивідуальному підході, що значно підвищує ефективність терапії.

Оскільки сучасні пристрої використовують випромінювання низької інтенсивності, вони є безпечними для тривалого застосування [8, 9]. Крім того, відсутність значного теплового ефекту дозволяє використовувати ці прилади для лікування не лише хронічних захворювань, але й у гострих станах та післяопераційній реабілітації пацієнтів.

Завдяки своїй універсальності, сучасні фізіотерапевтичні прилади можуть застосовуватися як у медичних закладах, так і в домашніх умовах. Це відкриває нові можливості для реабілітації пацієнтів, забезпечуючи доступність ефективного лікування без необхідності регулярних візитів до лікарів.

### 3.2. Наукові дослідження та доведені ефекти електромагнітної терапії

Електромагнітна терапія вже давно є предметом активних досліджень у різних наукових і медичних галузях. У результаті численних досліджень були виявлені не лише загальні терапевтичні ефекти електромагнітних полів [11-15], але й точні механізми їхнього впливу на організм. Завдяки цим дослідженням електромагнітна терапія стала одним із найбільш перспективних методів лікування та реабілітації, особливо у фізіотерапії.

### *1. Вплив електромагнітного поля на регенерацію тканин.*

Одним із ключових напрямків досліджень є вивчення впливу електромагнітних полів на процеси регенерації тканин. Відомо, що електромагнітні поля, зокрема в діапазонах УВЧ та НВЧ, здатні прискорювати процеси відновлення пошкоджених клітин [13-16]. Дослідження показали, що під впливом електромагнітної терапії відбувається активація клітинних процесів, зокрема синтезу ДНК і білків, що відповідають за регенерацію. Крім того, було виявлено, що електромагнітне випромінювання стимулює активність фібробластів, які відіграють ключову роль у відновленні сполучної тканини.

Одне з досліджень, проведених у США, показало, що пацієнти з ушкодженнями м'язової тканини, які отримували лікування електромагнітною терапією низької інтенсивності, демонстрували швидше загоєння ран у порівнянні з тими, хто не отримував такої терапії [17]. Ці результати підтвердили, що електромагнітні поля стимулюють клітинну активність та прискорюють процеси регенерації тканин.

### *2. Електромагнітна терапія при запальних захворюваннях.*

Ще одним важливим напрямком досліджень є вплив електромагнітних полів на запальні процеси. Наукові дослідження підтвердили, що електромагнітне випромінювання низької інтенсивності може ефективно зменшувати запальні реакції, особливо при хронічних захворюваннях.

Зокрема, у клінічних випробуваннях було встановлено, що електромагнітна терапія знижує рівень прозапальних цитокінів, що відіграють центральну роль у розвитку запалення [18, 19]. Дослідження, проведене в Італії [20], показало, що пацієнти з хронічним артритом, які проходили курси терапії електромагнітними полями, демонстрували зниження запалення і покращення рухливості суглобів у порівнянні з контрольною групою, яка отримувала традиційне лікування.

### *3. Вплив на нервову систему.*

Електромагнітна терапія також показала свою ефективність у лікуванні захворювань нервової системи. Дослідження показали, що електромагнітні поля здатні стимулювати відновлення пошкоджених нервових волокон, а також покращувати провідність нервових імпульсів.

Один із важливих експериментів, проведений у Ірані, показав, що пацієнти з травмами периферичних нервів, які проходили терапію електромагнітними полями, демонстрували значне покращення функції руху і чутливості у порівнянні з тими, хто не отримував такої терапії [21, 22]. Вплив електромагнітних хвиль сприяв відновленню нервових волокон і покращенню регенерації нервових клітин.

Крім того, електромагнітні поля використовуються для лікування нейродегенеративних захворювань, таких як хвороба Паркінсона і розсіяний склероз [23, 24]. Наукові дослідження показали, що пацієнти, які отримували електромагнітну терапію, демонстрували зменшення симптомів і поліпшення загального стану, що свідчить про позитивний вплив цієї терапії на нервову систему.

### *4. Використання електромагнітних полів у лікуванні серцево-судинних захворювань.*

Електромагнітна терапія також знаходить своє застосування у лікуванні серцево-судинних захворювань. Наукові дослідження показали, що вплив електромагнітних полів може покращувати мікроциркуляцію та сприяти регенерації кровоносних судин. У дослідженнях було встановлено, що пацієнти з ішемічною хворобою серця та порушенням кровообігу, які проходили курси електромагнітної терапії, демонстрували покращення показників кровообігу та зменшення симптомів захворювання [25].

Дослідження також показали, що електромагнітні поля можуть позитивно впливати на тонус судин та сприяти зниженню артеріального тиску, що робить цей метод терапії перспективним для лікування артеріальної гіпертензії та інших судинних розладів.

5. *Перспективні дослідження та розвиток електромагнітної терапії.*

Хоча наукові дослідження вже підтвердили ефективність електромагнітної терапії у багатьох сферах, розвиток цієї технології продовжується. Є дослідження спрямовані на вивчення впливу електромагнітних полів на імунну систему, а також на можливість застосування цієї технології у боротьбі з онкологічними захворюваннями [11, 26, 27]. Наприклад, деякі дослідження показали, що електромагнітні поля можуть впливати на ріст пухлин і підвищувати ефективність хіміотерапії та радіотерапії.

Розвиток електромагнітної терапії відкриває нові можливості для її застосування, і науковці продовжують досліджувати її потенціал для лікування широкого спектру захворювань.

### 3.3. Переваги інноваційних технологій

Завдяки швидкому розвитку науки і техніки, сучасні фізіотерапевтичні технології постійно вдосконалюються, пропонуючи нові можливості для лікування і реабілітації пацієнтів. Інноваційні підходи у фізіотерапії дають змогу досягати результатів, які раніше здавалися неможливими, забезпечуючи як локальну, так і системну дію на організм.

#### 1. Точність та індивідуалізація впливу.

Однією з основних переваг інноваційних фізіотерапевтичних приладів є можливість точного налаштування параметрів лікування відповідно до індивідуальних потреб пацієнта. Сучасні пристрої дозволяють підлаштовувати інтенсивність, частоту та тривалість впливу, що дає змогу досягти максимальної ефективності терапії [8, 9]. Індивідуальний підхід враховує фізіологічні особливості кожного пацієнта, забезпечуючи не тільки лікування хвороб, але й загальне зміцнення здоров'я.

#### 2. Багатофункціональність пристроїв.

Інноваційні пристрої для фізіотерапії поєднують у собі кілька функцій одночасно [8, 9]. Завдяки можливості комбінувати різні частотні діапазони електромагнітного випромінювання, а також використовувати інші фізичні фактори, такі як

електростимуляція або ультразвук, сучасні прилади здатні впливати на різні системи організму одночасно. Це дозволяє досягати комплексного терапевтичного ефекту, який включає стимуляцію регенерації, зменшення запалень і покращення кровообігу.

#### 3. Безпечність та відсутність побічних ефектів.

Застосування електромагнітних хвиль низької інтенсивності гарантує високу безпеку для пацієнтів [28]. Відсутність значного теплового ефекту дозволяє використовувати прилади навіть для пацієнтів із підвищеною чутливістю або в умовах післяопераційної реабілітації. Сучасні технології дозволяють точно контролювати параметри впливу, що зводить до мінімуму ризику побічних ефектів.

#### 4. Комплексний вплив на організм.

Сучасні технології забезпечують можливість впливати як на окремі органи і системи, так і на організм у цілому. Завдяки здатності електромагнітних полів запускати каскадні фізіологічні реакції, терапевтичний ефект може поширюватися далеко за межі зони безпосереднього впливу [8, 9]. Це сприяє загальному покращенню стану пацієнта, активізації регенеративних процесів та покращенню роботи імунної системи.

#### 5. Доступність для пацієнтів.

Інноваційні пристрої для фізіотерапії стають дедалі доступнішими не тільки в медичних установах, але й для домашнього використання. Це дозволяє пацієнтам проходити лікування та реабілітацію без необхідності постійних візитів до лікарів. Автоматизовані програми та можливість самостійного налаштування режимів терапії роблять процес лікування зручним і ефективним у будь-яких умовах.

## IV. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФІЗИОТЕРАПЕВТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сучасні інноваційні технології у фізіотерапії відкривають широкі можливості для лікування різних захворювань і станів. Їхнє застосування постійно розширюється завдяки вдосконаленню пристроїв та методик, а також збільшенню доступності

таких технологій для різних категорій пацієнтів.

#### 4.1. Напрямки перспективного використання технологій фізіотерапії

Розглянемо ключові напрямки перспективного використання технологій фізіотерапії.

##### 1. Розширення медичних показань.

Сучасні фізіотерапевтичні прилади, що працюють на основі електромагнітного випромінювання, активно застосовуються для лікування захворювань нервової, м'язової та судинної систем [17, 28-32]. У перспективі такі технології можуть бути ще більш широко використані для терапії хронічних запальних станів, а також для лікування рідкісних або важковиліковних захворювань, зокрема аутоімунних або нейродегенеративних хвороб.

Окрім цього, розвиток технологій дозволить застосовувати фізіотерапевтичні прилади для більш точної корекції метаболічних порушень, лікування ендокринних захворювань та стимуляції регенеративних процесів після важких травм і хірургічних втручань.

##### 2. Профілактика та реабілітація.

Фізіотерапевтичні технології відіграють все більшу роль у профілактиці захворювань і загальному зміцненні здоров'я. Їх застосування у рамках регулярних профілактичних процедур дозволяє знизити ризики розвитку серцево-судинних захворювань, порушень опорно-рухового апарату, нервових розладів та інших хронічних станів.

Крім того, перспективи застосування фізіотерапії у сфері реабілітації після травм або операцій постійно зростають. Нові пристрої [8, 9] дозволяють скоротити терміни відновлення і підвищити якість реабілітації, сприяючи швидкому поверненню пацієнтів до активного життя.

##### 3. Домашнє використання.

Одним із важливих перспективних напрямків є поширення фізіотерапевтичних приладів для домашнього використання. Завдяки компактності, автоматизованим програмам і простоті налаштувань такі

пристрої стають доступними для широкого кола пацієнтів. Це дозволяє людям проходити реабілітацію або профілактичні процедури без необхідності постійного перебування у медичних закладах, що робить процес лікування більш гнучким і зручним.

##### 4. Інтеграція з іншими технологіями.

Майбутнє фізіотерапії також полягає у її інтеграції з іншими напрямками медицини. Поєднання фізіотерапевтичних методів з фармакологічними засобами, а також з новими досягненнями біомедичної інженерії, такими як тканинна інженерія та наномедицина, може суттєво підвищити ефективність лікування та прискорити процеси відновлення організму.

Завдяки цьому можливості фізіотерапії будуть зростати, і вона зможе вирішувати ще більше проблем, забезпечуючи глибокий вплив на організм і підвищуючи загальну якість життя пацієнтів.

#### 4.2. Порівняння старих та сучасних фізіотерапевтичних технологій

Розвиток фізіотерапевтичних технологій пройшов довгий шлях від простих методів, таких як масаж або застосування тепла, до сучасних високотехнологічних пристроїв, що використовують електромагнітні поля та інші фізичні фактори для лікування та реабілітації пацієнтів. Варто розглянути ключові відмінності між приладами, які використовувалися раніше у медичній практиці, та інноваційними пристроями, представленими сьогодні.

##### 1. Технологічна база.

Раніше: Традиційні фізіотерапевтичні пристрої, які використовувалися у ХХ столітті, здебільшого були обмежені за можливостями та базувалися на простих принципах механічного або теплового впливу на організм. Це були ультразвукові апарати, апарати для електрофорезу та інші, що використовували постійний або змінний струм для стимуляції м'язів чи нагрівання тканин. Зазвичай ці прилади мали обмежену ефективність через недостатню можливість налаштування індивідуальних параметрів для кожного пацієнта.

Сьогодні: Сучасні пристрої для фізіотерапії використовують передові технології, зокрема електромагнітне випромінювання в різних частотних діапазонах (УВЧ, НВЧ, НДВЧ). Вони дають змогу точно налаштувати параметри генерації випромінювання, що дозволяє забезпечувати індивідуальний підхід до кожного пацієнта [8, 9]. Сучасні технології фізіотерапії включають системи керування, що постійно працюють і забезпечують високу ефективність процедур.

### *2. Спектр дії.*

Раніше: Фізіотерапевтичні пристрої попередніх поколінь часто діяли локально і могли впливати лише на окремі частини тіла. Вони забезпечували переважно точковий вплив на певні зони, що обмежувало їхню ефективність при лікуванні складних системних захворювань.

Сьогодні: Сучасні пристрої забезпечують не тільки локальний, але й комплексний вплив на весь організм. Наприклад, новітні прилади здатні одночасно працювати в кількох частотних діапазонах [8, 9], що дозволяє охоплювати різні системи організму, стимулюючи не тільки окремі тканини, але й регулюючи загальні процеси обміну речовин та імунну відповідь.

### *3. Безпека та побічні ефекти.*

Раніше: Старіші фізіотерапевтичні прилади часто викликали побічні ефекти через використання значних енергетичних потоків або механічних методів впливу. Наприклад, застосування ультразвуку або електростимуляції часто супроводжувалося неприємними відчуттями або навіть болем у пацієнтів.

Сьогодні: Сучасні пристрої фізіотерапії використовують низькоенергетичне випромінювання (до 20 мВт), що забезпечує високу безпеку процедур [8, 9]. Відсутність теплового ефекту та мінімізація дискомфорту роблять сучасні прилади ідеальними для тривалого застосування, навіть у випадках з підвищеною чутливістю або післяопераційних станів.

### *4. Можливість персоналізації дії.*

Раніше: Технології, що використовувалися у фізіотерапії раніше, зазвичай мали обмежені можливості для налаштування параметрів під кожного пацієнта. Лікарям доводилося вручну регулювати параметри приладу, що не завжди дозволяло досягти оптимальних результатів лікування.

Сьогодні: Сучасні прилади фізіотерапії забезпечують повну автоматизацію процесу лікування [8, 9]. Вони можуть бути налаштовані на різні частоти, інтенсивність та тривалість процедур, що дозволяє адаптувати терапію до конкретних потреб пацієнта. Це підвищує ефективність лікування і мінімізує ризики побічних ефектів.

### *5. Ефективність та доступність.*

Раніше: Ефективність старих фізіотерапевтичних приладів була обмеженою через відсутність належного контролю за параметрами впливу і відсутність сучасних механізмів зворотного зв'язку. Більшість таких приладів також були доступні лише в спеціалізованих медичних закладах, що обмежувало їхнє широке застосування.

Сьогодні: Новітні фізіотерапевтичні прилади використовують мікропроцесорні системи налаштування режимів дії та поєднують високу ефективність із можливістю їх застосування в домашніх умовах. Завдяки автоматизованим програмам лікування та інтелектуальним системам контролю, такі пристрої можуть використовуватися пацієнтами самостійно, що забезпечує зручність і доступність фізіотерапії.

## **V. ВИСНОВКИ**

Сучасні фізіотерапевтичні технології, засновані на застосуванні електромагнітних полів, ультрависоких та надвисоких частот, відкривають нові горизонти в лікуванні та реабілітації. Завдяки високій точності, безпечності та можливості індивідуального налаштування, такі прилади забезпечують комплексний вплив на організм, що охоплює нервову, м'язову, серцево-судинну та інші системи.

Інноваційні фізіотерапевтичні прилади, які працюють з низькоенергетичним електромагнітним випромінюванням, демонструють високу ефективність без побічних ефектів. Вони дозволяють впливати на окремі ділянки тіла, а також на організм у цілому, стимулюючи процеси регенерації, зменшуючи запалення та поліпшуючи загальний стан здоров'я пацієнтів. Завдяки розширенню функціональних можливостей приладів і використанню автоматизованих систем контролю, сучасні технології забезпечують надійні та доведені результати, що підкріплюються численними науковими дослідженнями.

Застосування електромагнітної терапії дозволяє досягти не лише лікувального ефекту, але й ефективно використовувати її у профілактиці, реабілітації та зміцненні загального здоров'я пацієнтів. Технічні параметри цих пристроїв, такі як контроль частоти та інтенсивності, а також адаптація до індивідуальних потреб пацієнтів, роблять їх універсальним інструментом у медичній практиці.

Перспективи розвитку та використання фізіотерапевтичних технологій включають подальше вдосконалення систем автоматичного контролю, підвищення точності налаштувань та розширення їхнього застосування у медичній практиці. Завдяки цьому методи та засоби електромагнітної терапії продовжують займати важливе місце у лікуванні та відновленні пацієнтів, сприяючи покращенню якості життя та здоров'я.

**Фінансування.** Дане дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**Згода на публікацію.** Усі автори, які мають відношення до рукопису, дали згоду на публікацію цієї праці.

#### **ORCID ID та внесок авторів.**

0000-0001-8836-4658 (C, E, F) Vladyslav Shlykov

0000-0002-7927-4586 (A, B, D) Dmytro Tsvir

0000-0002-0293-4849 (B, C, D) Iryna Sheina

A – концепція та дизайн роботи, B – пошук матеріалів, C – аналіз існуючих досліджень, D – написання статті, E – критичний огляд статті, F – остаточне затвердження статті.

#### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. R. Tiktinsky, L. Chen, P. Narayan. Electrotherapy: yesterday, today and tomorrow. Wiley Online Library, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2516.2010.02310.x>
2. Tim Watson, David Baxter. Electrotherapy: Evidence-Based Practice. Elsevier, 2008, pp. 45–78.
3. Mark Johnson. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS): Research to Clinical Practice. Oxford Academic, 2014, pp. 123–145. <https://doi.org/10.1093/med/9780199673278.001.0001>
4. Jonas Flatscher, Elizabeth Pavez Loriè, Rainer Mittermayr, Paul Meznik, Paul Slezak, Heinz Redl, Cyrill Slezak. Pulsed Electromagnetic Fields (PEMF)—Physiological and Molecular Mechanisms. MDPI, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms241411239>
5. Putowski M., Piróg M., Podgórnjak M., et al. The use of electromagnetic radiation in the physiotherapy. Eur. J. Med. Technol. 2016; 11(2): 53-58.
6. Черепок О. О., Волох Н. Г. Лікувальне застосування електричного струму, електричного та магнітного полів, електромагнітного випромінювання: навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗДМУ, 2016. – 141 с.
7. Думанський О. В. Лікування електромагнітним випромінюванням // Збірник наукових праць. – Кам'янець-Подільський: Подільський державний аграрно-технічний університет, 2014. – Вип. 22. – С. 474-477.
8. Цвір О. М., Цвір Д. А., Шеїна І. В., Шубний О. І., Нагаров М. П., Кравченко М. В. Пристрій для фізіотерапії, фізіореабілітації та фізіопрфілактики пацієнтів. Патент на винахід № 126887, 2023. <https://iprop-ua.com/inv/c4se47eb/>
9. Цвір О. М., Цвір Д. А., Шеїна І. В., Шубний О. І., Нагаров М. П., Кравченко М. В. Пристрій для фізіотерапії, фізіореабілітації та фізіопрфілактики пацієнтів "Мікровіт Аура". Патент на корисну модель № 151868. 2022. <https://iprop-ua.com/inv/4tlj9jj/>
10. M. J. Khodaei, N. Candelino, A. Mehrvarz, N. Jalili. Physiological Closed-Loop Control (PCLC) Systems: Review of a Modern Frontier in Automation. IEEE Access, vol. 8, pp. 23965-24005, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2968440
11. Valerii E. Orel, et al. Effects induced by a 50 Hz electromagnetic field and doxorubicin on Walker-256 carcinosarcoma growth and hepatic redox state in rats. Taylor & Francis: Electromagnetic Biology and Medicine, 2021. <https://doi.org/10.1080/15368378.2021.1958342>
12. О. А. Прудка, М. П. Кунденко "Вплив магнітних полів на біологічні об'єкти". Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів. - 2016. - Вип. 10(1). - С. 186-189. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna\\_mekh\\_2016\\_10\(1\)\\_39](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_mekh_2016_10(1)_39)
13. Hongqi Zhao, et al. Harnessing electromagnetic fields to assist bone tissue engineering. Stem Cell Research & Therapy, 2023. <https://doi.org/10.1186/s13287-022-03217-z>



14. Erica Costantini, Bruna Sinjari, et al. Human Gingival Fibroblasts Exposed to Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields: In Vitro Model of Wound-Healing Improvement. *International Journal of Molecular Sciences*, 2019.  
<https://doi.org/10.3390/ijms20092108>
15. Косуліна Н. Г., Шигимага В. О., Чорна М. О., та ін. «Використання апаратів для НВЧ, КВЧ, дециметрової та сантиметрової терапії та аналіз впливу ЕМП радіочастотного діапазону на організм людини». Для студентів першого рівня вищої освіти «БАКАЛАВР», спеціальності 163 «Біомедична інженерія», освітньо-професійної програми «Біомедична інженерія» денної або заочної форми навчання. – Харків: ДБТУ, 2024. – 59 с.
16. Marija Stojanovic, Vikrant Rai, et al. Effect of Electromagnetic Field on Proliferation and Migration of Fibroblasts and Keratinocytes: Implications in Wound Healing and Regeneration. *Journal of Biotechnology and Biomedicine*, 2024.  
DOI:10.26502/jbb.2642-91280162
17. Resmi Rajalekshmi, Devendra K. Agrawal. Energizing Healing with Electromagnetic Field Therapy in Musculoskeletal Disorders. *Journal of Orthopaedics and Sports Medicine*, 2024.  
DOI:10.26502/josm.511500147
18. Sandeep Silawa, Markus Gesslein, et al. Investigation of Pulsed Electromagnetic Field Stimulation (PEMF) on Synovial Fibroblasts. *Journal of Personalized Medicine*, 2024.  
<https://doi.org/10.3390/jpm14070701>
19. Giulio Gualdi, Erica Costantini, et al. Wound Repair and Extremely Low Frequency-Electromagnetic Field. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021.  
<https://doi.org/10.3390/ijms22095037>
20. Luigi Cianni, et al. Current Evidence Using Pulsed Electromagnetic Fields in Osteoarthritis. *Journal of Clinical Medicine*, 2024.  
<https://doi.org/10.3390/jcm13071959>
21. Mino Shaddel, et al. Effects of Pulsed Electromagnetic Fields on Peripheral Nerve Regeneration Using Allografts. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 2017.  
DOI: 10.26717/BJSTR.2017.01.000509
22. Цимбалюк Ю.В. Відновне нейрохірургічне лікування ушкоджень периферичних нервів із застосуванням довготривалої електростимуляції. Автореф. дис. д-ра мед. наук. - Київ, 2014. - 40 с.
23. Maria Vadalà, Annamaria Vallelunga, et al. Mechanisms and therapeutic applications of electromagnetic therapy in Parkinson's disease. *National Library of Medicine*, 2015.  
<https://doi.org/10.1186/s12993-015-0070-z>
24. Michele A. Morse. The Effects of Electromagnetism for the Treatment of Multiple Sclerosis. *University of North Dakota Scholarly Commons*, 2000, pp. 23–38.  
<https://commons.und.edu/pt-grad/321>
25. Yan Wang, Zhen-Gang Zhao, et al. Electromagnetic field and cardiovascular diseases: A state-of-the-art review of diagnostic, therapeutic, and predictive values. *The FASEB Journal*, 2023.  
DOI: 10.1096/fj.202300201RR
26. Ivan Tatarov, Aruna Panda, Daniel Petkov, Krishnan Kolappaswamy, Keyata Thompson, Anoop Kavirayani, Michael M. Lipsky, Edward Elson, Christopher C. Davis, Stuart S. Martin, Louis J. DeTolla. Effect of Magnetic Fields on Tumor Growth and Viability. *National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information*, 2011.  
PMCID: PMC3155400, PMID: 22330249
27. Hong Lei, Yi Pan, et al. Innate Immune Regulation Under Magnetic Fields With Possible Mechanisms and Therapeutic Applications. *National Library of Medicine*, 2020.  
PMID: 33193393, PMCID: PMC7649827,  
DOI: 10.3389/fimmu.2020.582772
28. Yunxiao Duan, Xiaowen Wu, et al. Pathological impact and medical applications of electromagnetic field on melanoma: A focused review. *National Library of Medicine*, 2022.  
PMID: 35936711, PMCID: PMC9355252,  
DOI: 10.3389/fonc.2022.857068
29. Rui Jing, Zhenqi Jiang, et al. Advances in Millimeter-Wave Treatment and Its Biological Effects Development. *International Journal of Molecular Sciences*, 2024.  
<https://doi.org/10.3390/ijms25168638>
30. Cuicui Hu, Hongyan Zuo, Yang Li. Effects of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Neurotransmitters in the Brain. *National Library of Medicine*, 2021.  
PMID: 34485223, PMCID: PMC8415840,  
DOI: 10.3389/fpubh.2021.691880
31. Viorela Mihaela Ciortea, et al. Effects of High-Intensity Electromagnetic Stimulation on Reducing Upper Limb Spasticity in Post-Stroke Patients. *Applied Sciences*, 2022.  
<https://doi.org/10.3390/app12042125>
32. Danesh Soltani, Sahar Samimi, et al. Electromagnetic field therapy in cardiovascular diseases: A review of patents, clinically effective devices, and mechanism of therapeutic effects. *National Library of Medicine*, 2021.  
PMID: 34678423, DOI: 10.1016/j.tcm.2021.10.006

## REFERENCES

- [1] R. Tiktinsky, L. Chen, P. Narayan. *Electrotherapy: yesterday, today and tomorrow*. Wiley Online Library, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2516.2010.02310.x>
- [2] Tim Watson, David Baxter. *Electrotherapy: Evidence-Based Practice*. Elsevier, 2008, pp. 45–78.
- [3] Mark Johnson. *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS): Research to Clinical Practice*. Oxford Academic, 2014, pp. 123–145. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1093/med/9780199673278.001.0001>
- [4] Jonas Flatscher, Elizabeth Pavez Loriè, Rainer Mittermayr, Paul Meznik, Paul Slezak, Heinz Redl, Cyrill Slezak. *Pulsed Electromagnetic Fields (PEMF)—Physiological and Molecular Mechanisms*. MDPI, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/ijms241411239>
- [5] M. Putowski, M. Piróg, M. Podgórnjak, et al., "The use of electromagnetic radiation in physiotherapy," *Eur. J. Med. Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 53-58, 2016.
- [6] O. O. Cherepok and N. H. Volokh, *Therapeutic application of electric current, electric and magnetic fields, electromagnetic radiation: A textbook*. Zaporizhzhia State Medical University, 2016, 140 pp.
- [7] O. V. Dumansky, "Treatment with electromagnetic radiation," *Proc. Sci. Pap. Vol. 22, Podilskyi State Agrarian and Technical University*, edited by V. V. Ivanyshyn, Kamianets-Podilskyi, Ukraine, 2014, pp. 474-477.
- [8] O. M. Tsvir, D. A. Tsvir, I. V. Sheina, O. I. Shubnyi, M. P. Natarov, and M. V. Kravchenko, "Device for physiotherapy, physical rehabilitation, and physioprophyllaxis of patients," *Patent No. 126887*, 2023. [Online]. Available: <https://ipro-pua.com/inv/c4se47eb/>
- [9] O. M. Tsvyr, D. A. Tsvyr, I. V. Sheina, O. I. Shubnyi, M. P. Natarov, and M. V. Kravchenko, "Device for physiotherapy, physio-rehabilitation, and physioprophyllaxis of patients 'Microvit Aura,'" *Patent No. 151868*, 2022. [Online]. Available: <https://ipro-pua.com/inv/4tljf9jj/>
- [10] M. J. Khodaei, N. Candelino, A. Mehrvarz, and N. Jalili, "Physiological Closed-Loop Control (PCLC) Systems: Review of a Modern Frontier in Automation," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 23965-24005, 2020. [Online]. Available:

DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2968440

- [11] A. Orel et al., "Impact of electromagnetic field 50 Hz and doxorubicin on the growth of Walker-256 carcinoma in rats," *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/15368378.2021.1958342>
- [12] O. A. Prudka and M. P. Kundenko, "Influence of magnetic fields on biological objects," *Visnyk of Sumy National Agrarian University. Series: Mechanization and Automation of Production Processes*, vol. 10, no. 1, pp. 186-189, 2016. [Online]. Available: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna\\_mekh\\_2016\\_10\(1\)\\_39](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_mekh_2016_10(1)_39)
- [13] H. Zhao et al., "Harnessing electromagnetic fields to assist bone tissue engineering," *Stem Cell Research & Therapy*, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s13287-022-03217-z>
- [14] E. Costantini, B. Sinjari, et al., "Human Gingival Fibroblasts Exposed to Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields: In Vitro Model of Wound-Healing Improvement," *International Journal of Molecular Sciences*, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/ijms20092108>
- [15] N. H. Kosulina, V. O. Shygyrnaga, M. O. Chorna, et al., Use of devices for microwave, decimeter, centimeter therapy, and analysis of the effects of electromagnetic radiation in the radio frequency range on the human body. For students of the first level of higher education, Bachelor's program, specialty 163 "Biomedical Engineering," educational and professional program "Biomedical Engineering," full-time or part-time study mode, Kharkiv: DBTU, 2024, 59 pp.
- [16] M. Stojanovic, V. Rai, et al., "Effect of Electromagnetic Field on Proliferation and Migration of Fibroblasts and Keratinocytes: Implications in Wound Healing and Regeneration," *Journal of Biotechnology and Biomedicine*, 2024. [Online]. Available: DOI: 10.26502/jbb.2642-91280162
- [17] R. Rajalekshmi and D. K. Agrawal, "Energizing healing with electromagnetic field therapy in musculoskeletal disorders," *Journal of Orthopaedics and Sports Medicine*, 2024. [Online]. Available: DOI:10.26502/josm.511500147
- [18] S. Silawa, M. Gesslein, et al., "Investigation of pulsed electromagnetic field stimulation (PEMF) on synovial fibroblasts," *Journal of Personalized Medicine*, 2024. [Online]. Available: DOI: <https://doi.org/10.3390/jpm14070701>
- [19] G. Gualdi, E. Costantini, et al., "Wound repair and extremely low frequency-electromagnetic field," *International Journal of Molecular Sciences*, 2021. [Online]. Available: DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22095037>
- [20] L. Cianni, et al., "Current evidence using pulsed electromagnetic fields in osteoarthritis," *Journal of Clinical Medicine*, 2024. [Online]. Available: DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm13071959>
- [21] M. Shaddel, et al., "Effects of pulsed electromagnetic fields on peripheral nerve regeneration using allografts," *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 2017. [Online]. Available: DOI: 10.26717/BJSTR.2017.01.000509.
- [22] Y. V. Tsybaliuk, "Restorative neurosurgical treatment of peripheral nerve injuries using long-term electrical stimulation". PhD thesis, Kyiv, Ukraine, 2014, 40 pp.
- [23] M. Vadalà, A. Vallelunga, et al., "Mechanisms and therapeutic applications of electromagnetic therapy in Parkinson's disease," *National Library of Medicine*, 2015. [Online]. Available: DOI: <https://doi.org/10.1186/s12993-015-0070-z>.
- [24] M. A. Morse, "The effects of electromagnetism for the treatment of multiple sclerosis," *University of North Dakota Scholarly Commons*, 2000, pp. 23-38. [Online]. Available: <https://commons.und.edu/pt-grad/321>
- [25] Y. Wang, Z.-G. Zhao, et al., "Electromagnetic field and cardiovascular diseases: A state-of-the-art review of diagnostic, therapeutic, and predictive values," *The FASEB Journal*, 2023. [Online]. Available: DOI: 10.1096/fj.202300201RR
- [26] I. Tatarov, A. Panda, D. Petkov, et al., "Effect of magnetic fields on tumor growth and viability," *National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information*, 2011. [Online]. Available: PMID: PMC3155400, PMID: 22330249
- [27] H. Lei, Y. Pan, et al., "Innate immune regulation under magnetic fields with possible mechanisms and therapeutic applications," *National Library of Medicine*, 2020. [Online]. Available: PMID: 33193393, PMID: PMC7649827, DOI: 10.3389/fimmu.2020.582772
- [28] Y. Duan, X. Wu, et al., "Pathological impact and medical applications of electromagnetic field on melanoma: A focused review," *National Library of Medicine*, 2022. [Online]. Available: PMID: 35936711, PMID: PMC9355252, DOI: 10.3389/fonc.2022.857068
- [29] R. Jing, Z. Jiang, et al., "Advances in millimeter-wave treatment and its biological effects development," *International Journal of Molecular Sciences*, 2024. [Online]. Available: DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25168638>
- [30] C. Hu, H. Zuo, and Y. Li, "Effects of radiofrequency electromagnetic radiation on neurotransmitters in the brain," *National Library of Medicine*, 2021. [Online]. Available: PMID: 34485223, PMID: PMC8415840, DOI: 10.3389/fpubh.2021.691880
- [31] V. M. Ciortea, et al., "Effects of high-intensity electromagnetic stimulation on reducing upper limb spasticity in post-stroke patients," *Applied Sciences*, 2022. [Online]. Available: DOI: <https://doi.org/10.3390/app12042125>
- [32] D. Soltani, S. Samimi, et al., "Electromagnetic field therapy in cardiovascular diseases: A review of patents, clinically effective devices, and mechanism of therapeutic effects," *National Library of Medicine*, 2021. [Online]. Available: PMID: 34678423, DOI: 10.1016/j.tem.2021.10.006

UDC 537.868

# MODERN PHYSIOTHERAPEUTIC TECHNOLOGIES FOR ELECTROMAGNETIC THERAPY

*Dmytro Tsvir*<sup>1</sup>

*[tsvir.d@gmail.com](mailto:tsvir.d@gmail.com)*

*Iryna Sheina*<sup>2</sup>

*[i.sheina@karazin.ua](mailto:i.sheina@karazin.ua)*

*Vladyslav Shlykov*<sup>1</sup>

*[v.shlykov@kpi.ua](mailto:v.shlykov@kpi.ua)*

<sup>1</sup>*Department of Biomedical Engineering  
National Technical University of Ukraine*

*“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Department of Medical Physics and Biomedical Nanotechnologies  
V.N. Karazin Kharkiv National University  
Kharkiv, Ukraine*

**Abstract** – The work examines modern physiotherapeutic technologies that make it possible to combine several types of electromagnetic radiation, including electrical stimulation and a low-energy electromagnetic field. Such a combined effect of electromagnetic radiation provides a synergy effect, when different types of influence reinforce each other; increasing the overall therapeutic effect. Thanks to the ability to adjust the frequencies and intensity of radiation, such physiotherapeutic technologies provide an individualized approach to the treatment of patients with various diseases. It is shown that modern physiotherapy technologies for electromagnetic therapy include automated control systems that constantly monitor treatment parameters and ensure high efficiency of the procedures. In particular, electromagnetic radiation in various frequency ranges (UHF, NHF, HF) thanks to automated treatment programs and intelligent control systems, provides convenience, accessibility and high efficiency of physiotherapy procedures. For example, low-energy radiation ensures high safety of procedures, and the absence of thermal effect and minimization of discomfort make these devices ideal for long-term use, even in cases of increased sensitivity or post-operative conditions. A review of modern physiotherapy technologies shows that the further improvement of electromagnetic therapy systems is connected with the automation of control, increasing the accuracy of settings and expanding the use of physiotherapy devices in medical practice.

**Keywords** – physiotherapy, electromagnetic radiation, electromagnetic therapy, physiotherapy technologies, microprocessor systems.