

## ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ І МЕХАНІЗМИ ЇХ ВПЛИВУ

Червінський Л. С., Книжка Т. С., Романенко О. І.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

*Обґрунтовано види дії електромагнітних полів на живі організми, викладено сучасне розуміння механізмів його впливу і доцільність застосування.*

**Постановка проблеми.** Систематичний вплив різних факторів зовнішнього середовища на живі організми сприяло створенню у них тонких механізмів адаптації, що дозволяють пристосовуватися до мінливих умов. Найбільш ефективно процес формування цих механізмів запускається збуджуючими впливами, в тому числі і мають електромагнітну природу, наприклад, розподіленими по всьому електромагнітному спектрі, включаючи інфранизькі частоти, геомагнітні і геоелектричні поля.

Оскільки незалежно від природи чинника, що сприяв їх виникнення, адаптаційні механізми відіграють важливу роль у життєдіяльності організму, тому можливість усвідомленого управління процесами їх формування постійно привертає увагу дослідників. Саме з цих позицій природні та штучні магнітні й електромагнітні поля представляють собою область підвищеного інтересу в сучасних наукових дослідженнях.

**Мета дослідження.** Систематизувати види електромагнітних полів і визначити їх основні параметри при впливі на живі організми з метою підвищення їх продуктивності або лікування.

**Основні матеріали дослідження.** В експериментальній біології та медичній практиці накопичений величезний ЕМПіричний досвід ефекту дії електромагнітних полів (ЕЕМП), що вимагає систематизації і теоретичного осмислення для розшифровки механізмів їх дії на живі об'єкти. Велика кількість гіпотез з цієї проблеми свідчить швидше про її невирішеність, ніж про достатній рівень розуміння механізмів взаємодії живого з природними і штучними магнітними полями.

У спробах домогтися вирішення цієї проблеми слід виходити з того, що організм являє собою багаторівневу ієрархічну організацію. Особливості структури кожного з цих рівнів зумовлюють характерну вибірковість взаємодії за різними параметрами ЕМП. У зв'язку з цим для осмислення механізмів дії ЕМП на живі системи пропонується виділити такі рівні, на яких ця взаємодія простежується досить явно.

1. Ядерно-молекулярний рівень, до складу підрівні:

- Електронно-ядерний;
- Іонно-молекулярний.

2. Цитохімічний рівень, в якому слід виділити:

- Субклітинні структури;
- Структурні утворення, що забезпечують іонну рівновагу в клітинах і тканинної рідини;
- Клітинні мембрани;

- Біополімери, що визначають в'язкість і здатність змінювати агрегатний стан рідких середовищ організму.

3. Тканинний рівень, на якому вплив ЕМП буде зумовлюватися:

- Особливостями морфології даної тканини;
- Функціональне призначення тканин;
- Переважаючим характером метаболізму.

4. Органний рівень (вплив на окремі органи).

5. Системний рівень, що включає:

- Центральну, периферичну і вегетативну нервові системи;

- Сенсорні системи;
- Серцево-судинну систему;
- Ендокринну систему;
- Дихальну, травну і видільну системи;
- Систему крові;
- Опорно-руховий апарат і ін.

6. Міжсистемний рівень, що описує взаємодію між окремими системами організму.

7. Загальносистемний рівень, що формується при інтегруванні взаємодій між усіма системами.

8. Міжособистісний рівень, що включає:

- Вплив одного організму на інший через власне випромінювання ЕМП;
- Взаємодія живих організмів у зовнішньому ЕМП.

**Ядерно-молекулярний рівень.** Вивчення організму на квантовому рівні показує, що хімічні реакції, що протікають в умовах *in vivo*, мають багато спільного з «пробіроочними» реакціями, а механізми дії ЕМП на живий організм засновані на адекватній зміні енергії хімічних зв'язків у біологічних процесах. Результатом хімічних реакцій, як правило, є перетворення молекул одних речовин в інші за рахунок перебудови електронних оболонок ядер.

Фізичні впливи ЕМП пов'язані з імовірністю протікання елементарних хімічних актів, коли в результаті хімічних перетворень внаслідок розпаровування електронів, при цьому з'являються вільні радикали. Радикальні пари можуть існувати в стані із загальним спіном  $8 = 0$  (синглетний стан) і в стані з загальним спіном  $5 = 1$  (триплетний стан). Перехід між різними спіновими станами пари електронів можливий у випадку впливу зовнішнього електромагнітного поля, тим самим змінюється ймовірність перебігу хімічних реакцій і, як наслідок, має місце прояв тих чи інших електромагнітобіологічних ефектів.

**Результати досліджень.** У деяких системах, що дозволяють здійснювати загальний вплив на весь живий організм, представляється можливим на тлі просторової рівномірної структури поля формувати лока-

льно посилені (ослаблені) поля, а також неоднорідності заданої форми. Зауважимо, що поля, характеристики яких не змінюються в просторі, називають статичними, а поля, що змінюються і переміщуються в просторі, називають динамічними. Можливе безліч різновидів просторово-організованих штучних ЕМП представлено на рис. 1.

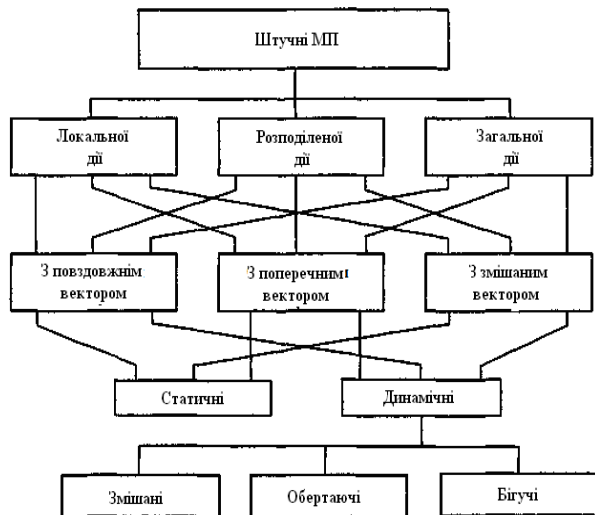


Рисунок 1 – Систематизація штучних електромагнітних полів для впливу на живі об'єкти

Наприклад, встановлено що біологічно активним є будь-яке магнітне поле, величина якого відрізняється як у бік збільшення, так і зменшення від геомагнітного поля, що становить десятки мкТл. Порогові значення індукції для різних видів магнітного поля (МП) коливаються від 3 мТл для постійного МП до 0,01 мТл для імпульсного МП. Достовірно підтверджена необхідність зниження інтенсивності ЕМП при впливі на рівні цілісного організму. У апаратурі, що серійно випускається, призначеної для магнітостимуляції людського організму, величина поля для впливу на біологічні активні точки становить 100 мТл; для впливу на локальні ділянки частин тіла людини – від 15 до 50 мТл; для впливу на частини тіла і всього людини – від 0 до 5 мТл. В наявності явна тенденція зниження інтенсивності ЕМП із збільшенням площі впливу.

Залежно від значень індукції магнітні поля, застосовувані в магнітотерапії, умовно поділяють на надслабких – <0,5 мТл, слабкі – 0,5 ... 50 мТл, середні – 50 ... 500 мТл, сильні – > 500 мТл.

Найбільше поширення в лікувальній практиці отримали слабкі ЕМП. Якщо напруженість електричного поля або магнітна індукція не змінюється в просторі, поле є однорідним. В однорідному полі всі вектори магнітної індукції та електричної напруженості мають одне і те ж значення і один напрямок. При цьому їх градієнти дорівнюють нулю. Досить однорідними вважаються поля в центральній частині довгого соленіода. Такого роду поля широко використовуються при фізіологічних дослідженнях, а в практиці електромагнітотерапії їх застосування обмежене.

Напруженість електричного поля  $\vec{E}$  є векторною величиною, чисельно рівної відношенню сили  $\vec{F}$ , з якою електричне поле діє на позитивний заряд  $Q$ , внесений у розглянуту точку поля, до значення цього заряду, коли його величина прагне до нуля

$$\vec{E} = \lim_{\substack{Q \rightarrow 0 \\ Q > 0}} \frac{\vec{F}}{Q} \quad (1)$$

Магнітна індукція – це фізична характеристика магнітного поля, що визначає силовий вплив на рухомий заряд. Магнітна індукція  $\vec{B}$  – векторна величина, що характеризує магнітне поле в кожній його точці.

Градiєнт магнітної індукції є вектор, що має значення  $dB/dN$  і спрямований по нормалі  $N$  до поверхні рівної індукції в бік найбільшого зростання магнітної індукції:

$$\text{grad}B = \frac{\partial B}{\partial N} \cdot N \quad (2)$$

Практично  $\text{grad}B$  визначається як зміна магнітної індукції, що припадає на одиницю довжини по кожній з координат. Як фізична величина цей показник характеризує динаміку поля і свідчить про його неоднорідності. Одиниця виміру градієнта магнітної індукції – тесла на метр (Тл/м).

Ряд авторів вважають, що механізм дії слабких ЕМП однозначно визначається просторово-часовими градієнтами поля [1], інші пов'язують посилення магнітобіологічних ефектів зі збільшенням просторово-часової неоднорідності ЕМП і при їх інтерпретації радять враховувати перепад напруженості ЕМП за площею зацікавлених структур.

Вектор магнітного поля вказує напрямок магнітних силових ліній. При зміні напрямку вектора змінюється характер магнітобіологічного ефекту, що, мабуть, адекватно різному дії північного і південного полюсів постійного магніту. Ряд дослідників відзначають велику активність поперечного магнітного поля, тобто в тих випадках, коли вектор магнітного поля перпендикулярний поверхні тіла людини, на відміну від поздовжнього поля, при якому вектор магнітної індукції паралельний поверхні тіла людини. Власний досвід авторів показує, що досить часто більшою активністю має поздовжнє поле. І це не є протиріччям, оскільки реальні штучні ЕМП, особливо, створювані локально-зосередженими джерелами невеликих габаритів, мають змішаний характер вектора магнітної індукції, що володіє як поздовжньою, так і поперечною складовими. Крім цього ряд вчених у своїх магнітобіологічних дослідженнях відзначають велику активність ЕМП з вертикальним напрямком вектора, пояснюючи його взаємодією з геомагнітним полем.

Частота електромагнітного поля є досить важливим біотропним параметром. Під терміном «біотропні параметри» розуміються фізичні характеристики ЕМП, що визначають первинні, біологічно значущі фізико-хімічні та інформаційні механізми дії поля, зумовлюють формування відповідних реакцій як окремих органів, так і на рівні цілісного організму.

До них відносяться: *вид поля, індукція, енергія, градієнт, вектор і частота поля, форма в часі і просторі, експозиція і локалізація впливу*. Від кожного з параметрів, а також від їх поєднання істотно залежить ефективність лікування того чи іншого захворювання.

У ході тривалої лікувальної практики знайдено «частотні вікна», в яких електромагнітобіологічний ефект виражений помітно більш яскраво. Наприклад, встановлено, що вплив магнітних полів з частотою альфа-ритму електроенцефалограми людини (8 ... 14 Гц) надають істотно більш сильний вплив, ніж інші частоти з тією ж інтенсивністю. Тому у ряді магніто-терапевтичних апаратів, що випускаються передбачений режим роботи з частотою 12,5 Гц. Найчастіше в практиці використовуються синусоїдальне і пульсуюче магнітні поля з частотою промислової мережі 50 Гц. В даний час випускаються прилади, що мають набір фіксованих частот або плавно регулюючі за частотою [2, 3].

*Форма магнітного поля в часі і просторі*. При використанні в якості джерела електромагнітного випромінювання одного елементарного індуктора форма поля в просторі визначається конструкцією самого індуктора, а в часі – формою живильного струму. У цьому сенсі краще, щоб індуктор виробляв неоднорідне поле, а струм живлення був імпульсним. При цьому посилюється загальна динаміка зміни електромагнітного потоку, що і несе в собі, мабуть, основний терапевтичний ефект. У разі використання систем загального впливу на людину відкривається можливість формування магнітного поля необхідної конфігурації як у просторі, так і в часі.

*Експозиція* – біотропний параметр, пов'язаний з часом одного сеансу впливу електромагнітним полем і з числом сеансів. Інтегрально він несе інформацію про час взаємодії живого організму з штучним полем. У відповідності з традиціями класичної фізіотерапії час сеансу встановлюється в межах 10...30 хв. щодня в кількості від 10 до 25 процедур. За даними багатьох дослідників, фізіотерапевтичний ефект при впливі розвивається після 5...7 процедур, який закріплюється подальшими процедурами. У цілому експозиція встановлюється відповідно до індивідуальних особливостей пацієнта, тяжкості захворювання і т.п.

*Локалізація впливу* електромагнітного поля визначається, найчастіше, безпосередньо областю ураження – місцем розташування патологічного вогнища, а також проекцією ураженого органу на поверхню шкіри. У першу чергу це відноситься до пристроїв локального (місцевого) впливу, який створюється, як правило, одним випромінювачем. Поряд з цим, терапевтичний ефект може бути отриманий при дії ЕМП на рефлексогенні зони або біологічно активні точки, часом віддалені на значній відстані від вогнища патології. Разом з тим, оскільки організм людини або тварини складається з тісної взаємодії функціональних систем, діяльність яких регулюється центральною нервовою системою, то можна отримати відповідь цілісного організму, наприклад, формування адаптаційних реакцій активації, не тільки впливом на тіло, але навіть швидше і ефективніше діючи змінним ЕМП на голову (Є. В. Квакіна). При дії низькочастотного змінного ЕМП кількість поглинальної енергії мала,

тому істотно зростає роль обсягу, що взаємодіє з фізичним чинником. М. А. Шишло вважає, що «соленоїди і магнітні установки з великими корисними обсягами є більш ефективними лікувальними засобами».

**Висновки.** На закінчення цього розділу, присвяченого аналізу ефектів дії ЕЕМП на живі організми на різних рівнях організації: клітинному, органному, системному і в цілому на функціональний стан організму, можна відзначити, що геомагнітні і електромагнітні поля здатні впливати на життєдіяльність організму. При цьому встановлено, що дія ЕМП неоднозначно, і можуть мати місце як негативні наслідки, так і позитивні результати. Вищесказане зумовлює два основних напрямки подальших досліджень:

- Необхідність ретельного опрацювання проблеми з позицій екології;
- Подальше вивчення можливостей використання ЕЕМП в практичній медицині.

Прогресивний розвиток цих напрямів неможливе без подальшого продовження фундаментальних досліджень, спрямованих на вивчення механізмів впливу ЕМП на живі системи.

#### Список використаних джерел

1. Беркутов А. М. Системы комплексной электромагнитотерапии: Учебное пособие для вузов / Под ред А. М. Беркутова, В. И. Жулева, Г. А. Кураева, Е. М. Прошина // М.: Лаборатория Базовых знаний, 2000г. – 376 с.
2. Утямышев Р. И. Электронная аппаратура для стимуляции органов и тканей /Под ред. Р. И. Утямышева и М. Враны // М.: Энергоатомиздат, 2003. – 384 с.
3. Ливенсон А. Р. Электромедицинская аппаратура. / А. Р. Ливенсон // [Учебн. пособие] – Мн.: Медицина, 2001. – 344 с.

#### Анотація

### ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ И МЕХАНИЗМЫ ИХ ВЛИЯНИЯ

Червинский Л.С., Книжка Т.С., Романенко А.И.

*Обоснованы виды действия электромагнитного поля на живые организмы, изложено современное понимание механизмов его воздействия и целесообразность применения*

#### Abstract

### EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON LIVING ORGANISMS AND THE MECHANISM OF THEIR IMPACT

L Chervinsky, T. Knizhka, A. Romanenko

*Types of actions justified electromagnetic fields on living organisms, described the current understanding of the mechanisms of its impact and usefulness.*