

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра загальної та
теоретичної фізики

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «ФІЗИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА З БОКУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ»

Виконав студент 2 курсу групи МТЗ- 64
Спеціальності 183. «Технології захисту
навколишнього середовища»
Гориславець Анастасія Владиславівна

Керівник д. фіз. мат.н., проф.
Герасимов Олег Іванович

Рецензент доц, кандидат фіз.мат.н.
Худинцев М.М.

Одеса 2018

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
1 ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	12
1.1 Джерела електромагнітного забруднення навколишнього середовища	12
1.2 Спектр електромагнітних випромінювань техносфери.....	13
1.3 Концепція поняття " електричний смог".....	15
1.4 Особливості взаємодії "цифрового шуму" с живими організмами...	17
1.5 Моніторинг забруднення навколишнього середовища	19
2 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА	21
2.1 Принципи роботи телекомунікаційних мереж	21
2.2 Характеристика електромагнітного випромінювання	24
2.3 Частота. Залежність впливу на організм від частоти.....	25
2.4 Розрахунок поширення електромагнітних хвиль.....	29
2.5 Мобільний зв'язок - особливе джерело ЕМП.....	29
2.6 Випромінювання антен мобільного зв'язку.....	31
3 ВПЛИВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ	32
3.1 Фактори впливу електричного поля на людину.....	32
3.2 Накопичувальна доза електромагнітного випромінювання.....	33
4 МЕДИЧНІ ПОКАЗНИКИ НАСЛІДКІВ ВИПРОМІНЮВАННЯ ЕМП...	35
4.1 Принцип дії електромагнітного опромінення на організм людини.....	37
4.2 Клінічні прояви впливу ЕМП на організм людини при різних інтенсивності.....	37
4.3 Вплив надвисоких частот електромагнітного випромінювання на клітинному рівні	39

4.4	Вплив електромагнітного випромінювання на молочнокислі бактерії.....	41
4.5	Біологічний експеримент реакцій експериментальних тварин на вплив ЕМП надвисокої частоти.....	49
4.6	Вплив електромагнітного та електричного полів на воду.....	52
5	МЕТОДИ ЗАХИСТУ ОРГАНІЗМУ ВІД ВПЛИВУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ.....	58
5.1	Електромагнітний моніторинг міста	59
5.2	Методи виявлення і вимірювання ЕМП.....	65
5.3	Фізичний спосіб екранування	67
5.4	Засоби захисту від випромінювання мобільним телефоном.....	69
5.5	Заходи щодо захисту від впливу ЕП і вимоги до проведення робіт поблизу ЛЕПП.....	69
6	ЗАКОННО-НОРМАТИВНІ ЗОНИ РОЗМІЩЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ.....	71
6.1	Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних полів.....	71
6.2	Розрахунок гранично допустимих рівнів ЕМП.....	72
6.3	Розміщення будинків і споруд в зоні обмеження забудови	75
	ВИСНОВКИ	77
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	80

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ТМ телекомунікаційна мережа;
- ЕМВ електромагнітне випромінювання;
- ЕМП електромагнітне поле ;
- РТО радіотехнічні об'єкти ;
- ЛЕП лінії електропередач ;
- ЕП електричне поле;
- ВЛ вольтні лінії;
- ГДК гранично допустимі концентрації;
- РТО радіотехнічні об'єкти;
- ПЛ повітряні лінії;
- ЛЕПП лінії електропередачі, підстанції, пристрої ;

ВСТУП

У сучасних умовах суспільства, важко знайти альтернативу телекомунікаційним мережам . Телекомунікації стали головним джерелом спілкування та обміну інформацією двадцять першого століття.

В організмі людини відсутня спеціальна чутливість до ЕМП, на відміну від рецепторів для сприйняття вібрації, тепла та холоду. Визначити, чи є електромагнітне забруднення можна завдяки проведенню вимірювання електромагнітного випромінювання спеціальними приладами.

Головна проблема при вивченні впливу ЕМП на людину – сучасна вимірювальна система яка не фіксує наявність ЕМП, та для організму дія таких слабких полів суттєва. На сьогодні необхідно мати принципово нові методи діагностики та відповідну метрологічну базу, ніж нині існуюча.

Метою даної роботи є аналіз відомих медичних показників та знаходження методів захисту від наслідків ЕМВ. Розрахунок граничнодопустимих рівнів ЕМВ.

Електромагнітне забруднення навколишнього середовища стало глобальною проблемою на рівні з радіаційним, тому Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) зарахувала проблему до найактуальніших для людства. Фахівці зараховують електромагнітне випромінювання (ЕМВ) до сильнодіючих факторів із можливим катастрофічним наслідком для генофонду людини[1].

В останнє десятиріччя спостерігається як загальне підвищення електромагнітного фону у населених пунктах, так і зміна його якісного складу. Це обумовлено збільшенням кількості джерел електромагнітних полів і випромінювань та розширенням їх частотних діапазонів, що викликає занепокоєння у суспільстві. Поліпшення електромагнітної обстановки у містах з великою кількістю джерел електромагнітних впливів обумовлює необхідність отримання достовірної та актуальної інформації щодо

фактичних рівнів електромагнітних полів і випромінювань, їх динаміки та просторових розподілів. Це надасть змогу розробити адекватні, науково обґрунтовані програми зі зниження електромагнітних впливів на населення та навколишнє середовище[2].

1 ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Електромагнітне забруднення навколишнього середовища стало настільки серйозним, що Всесвітня Організація Охорони здоров'я (ВОЗ) винесла проблему в число найбільш актуальних для людства. Фахівці відносять електромагнітне випромінювання (ЕМВ) до числа сильнодіючих факторів із можливим катастрофічним наслідком для генофонду людини. ВООЗ навіть вважає, що дія ЕМП на все живе на землі більш небезпечна, ніж дія залишкового ядерного іонізуючого випромінювання.

Параметричне (фізичне) забруднення пов'язане з відхиленням від норми фізичних параметрів навколишнього середовища.

До цього типу забруднення відносяться: радіоактивне, радіаційне, світлове, теплове, шумове, електромагнітні форми забруднення.

Електромагнітне забруднення є результатом випромінювання хвильової енергії високовольтними лініями електропередачі (ЛЕП), великими радіо- і телевізійними станціями, радарми і локаторами. Воно має здатність по різному впливати на різні живі організми, в деяких випадках стимулює життєві процеси (прикладом є прийоми передпосівної обробки насіння електричним струмом різної частоти), в інших - служить джерелом хвороб. Дані про вплив електромагнітного забруднення на здоров'я людини суперечливі, однак цілком очевидно, що слід уникати тривалого перебування під ЛЕП і, тим більше, не потрапляти в сектор дії випромінювання локаторів[3].

1.1 Концепція поняття " електромагнітний смог"

Порівняно недавно (кінець ХХ століття) з'явилося нове поняття – „електромагнітний смог”. Сьогодні є внутрішній і зовнішній

електромагнітний смог по відношенню до приміщення, де людина постійно знаходиться (квартира, офіс, транспорт, тощо).

Внутрішній електромагнітний смог особливо негативно впливає на все живе в конкретному приміщенні, якщо в ньому є багато різної техніки. Зовнішній електромагнітний смог особливо загрожує великим населеним пунктам, де дахи будівель буквально „нашпиговані” антенами, лініями електропередач (від освітлювальних до транспортних мереж) досягають великої густини, вулиці замкнуті електромагнітними полями різних рекламних систем[4].

Електромагнітний смог шкідливо впливає не тільки на біосферу. ЕМП, що виникають під час роботи електронного обладнання, створюють перешкоди в роботі інших приладів і агрегатів. Крім того, потужні електромагнітні випромінювачі, можливо, вносять свій вклад в падіння напруженості геомагнітного поля і відхилення магнітного полюса Землі.

Людина з народження змушений жити всередині постійно зростаючого електромагнітного поля. Електромагнітний смог взаємодіє з електромагнітним полем організму людини і частково пригнічує його. В результаті цієї взаємодії власне поле організму спотворюється, знижується імунітет, що призводить до порушень інформаційного і клітинного обміну всередині організму і виникнення різних захворювань. Передбачається, що однією з причин зміни поведінки, зміни структури шкіри, хвороб Паркінсона, Альцгеймера і багатьох інших є постійно зростаючий рівень опромінення електромагнітними полями різних частот.

1.2 Спектр електромагнітних випромінювань техносфери

Спектр електромагнітного випромінювання охоплює широкий діапазон частот електромагнітних (ЕМ) хвиль. Ці взаємно перпендикулярні коливання електричного і магнітного полів несуть енергію і можуть поширюватися у

вакуумі. Різні ділянки спектра відповідають різним частотам ЕМ хвиль. В порядку зростання частоти (і убування довжини хвилі) ми розрізняємо радіохвилі, мікрохвилі, інфрачервоне випромінювання, видиме світло, ультрафіолетове випромінювання, рентгенівські промені і гамма-випромінювання.

Електромагнітне поле являє собою особливу форму матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між електрично зарядженими частинками. Електромагнітне поле у вакуумі характеризується векторами напруженості електричного поля E і індукції магнітного поля B , які визначають сили, що діють на нерухомі і рухомі заряди. В системі одиниць СІ розмірність напруженості електричного поля $[E] = \text{В} / \text{м}$ - вольт на метр і розмірність індукції магнітного поля $[B] = \text{Тл}$ - тесла. Джерелами електромагнітних полів є заряди і струми, тобто рухомі заряди. Сили взаємодії електричного поля з зарядами і струмами визначаються наступними формулами:

$$F_e = QE; \quad F_m = [jB] \quad (1.2.1)$$

де F_e - сила, що діє на заряд з боку електричного поля, Н;

q - величина заряду, Кл;

F_m - сила, що діє на струм з боку магнітного поля, Н;

j - вектор щільності струму, який вказує напрямок струму і рівний по абсолютній величині $A / \text{м}^2$.

ЕМП від окремих джерел можуть бути класифіковані за кількома ознаками, найбільш загальний з яких - частота. Неіонізуючі електромагнітні випромінювання займають досить широкий діапазон частот від ультранизькочастотних (УНЧ) інтервалу в $0 \dots 30$ Гц до ультрафіолетової (УФ) області, тобто до частот $3 \cdot 10^{15}$ Гц.

Спектр техногенних електромагнітних випромінювань простягається від наддовгих хвиль (кілька тисяч метрів і більше) до короткохвильового γ -випромінювання (з довжиною хвилі менше 10-12 см)[5].

Відомо, що радіохвилі, світло, інфрачервоне і ультрафіолетове випромінювання, рентгенівські промені і γ -випромінювання - все це хвилі однієї електромагнітної природи, що відрізняються довжиною хвилі. Піддіапазони 1 ... 4 відносяться до промислових частотам, піддіапазони 5 ... 11 - до радіохвиль. До СВЧ-діапазону віднесені хвилі з частотами 3 ... 30 ГГц. Проте історично склалося так, що під СВЧ-діапазоном розуміють коливання хвилі довжиною від 1 м до 1 мм[5].

1.3 Джерела електромагнітного забруднення навколишнього середовища

На сьогоднішній час людині дуже важко уявити своє життя без використання різних техногенних електромагнітних пристроїв, які випромінюють шкідливі для живого організму електромагнітні поля. Це в першу чергу побутова техніка. Найбільшими джерелами електромагнітного випромінювання (ЕМВ) є радіотехнічні об'єкти (РТО), телевізійні і радіолокаційні станції (РЛС), антени, термічні цехи і ділянки в зонах, що примикають до підприємств. Вплив ЕМП промислової частоти пов'язано з високовольтними лініями (ВЛ) електропередач, джерелами постійних магнітних полів, застосовуваними на промислових підприємствах. Зони з підвищеними рівнями ЕМП, джерелами яких можуть бути РТО і РЛС, мають розміри до 100 ... 150 м. При цьому всередині будівель, розташованих у цих зонах, щільність потоку енергії, як правило, перевищує граничнодопустимі значення. У табл.1.3.1 наведені деякі техногенні джерела ЕМП, що працюють в різних діапазонах електромагнітного спектру[6].

Таб. 1.3.1: Техногенні джерела ЕМП

Назва	Діапазон частот (довжин хвиль)
Радіотехнічні об'єкти	30 кГц ... 30 МГц
Радіопередавальні станції	30 кГц ... 300 МГц
Радіолокаційні і радіонавігаційні станції	СВЧ-діапазон (300 МГц- 300 ГГц)
Телевізійні станції	30 МГц ... 3 ГГц
Плазмові установки	Відомий, ІЧ-, УФ-діапазони
Термічні установки	Відомий, ІЧ-діапазон
Високовольтні лінії електропередач	Промислові частоти, статичну електрику
Рентгенівські установки	Жорсткий УФ-, рентгенівський діапазон, видиме світіння
Лазери	Оптичний діапазон
Мазери	СВЧ-діапазон
Технологічні установки	ВЧ-, СВЧ-, ІЧ-, УФ-, видимий, рентгенівський діапазони
Ядерні реактори	Рентгенівське γ -випромінювання, ІЧ-, видиме і т. П.
Джерела ЕМП спеціального призначення (наземні, водні, підводні, повітряні), застосовувані в радіоелектронної протидії	Радіохвилі, оптичний діапазон, акустичні хвилі (комбі нированих дії)

Величини електромагнітних

полів характеризуються рівнем магнітної складової сигналу,

який вимірюється в теслах, потужністю сигналу P , яка вимірюється у ватах (Вт) та напруженістю поля E , що вимірюється в вольт на метр (В/м).

Сьогодні вважається для людини така безпечна границя електромагнітних полів: магнітна складова -0.2 мкТл (мікро Тесла), потужність — не більше 10^{-8} Вт/м², а напруга поля не більше 10 В/м[4].

Холодильники, які мають систему по frost — на віддалі 1 м від дверців холодильника — 0.2 мкТл; електропроводка квартири в середньому не перевищує 0.2 мкТл; електричний чайник — 0.6 мкТл; пральна машина — 1 мкТл; електроплитка — $1-3$ МкТл на віддалі — $20-30$ см від передньої панелі плити; високочастотна піч — 8 мкТл на віддалі 30 см; електробритва — декілька сотень мкТл (при голінні), сьогодні сюди ще додаються персональні комп'ютери, телевізори та телефони мобільного зв'язку, це також десятки мкТл.

Електротранспорт: приміські електропоїзди — 20 мкТл; трамваї, тролейбуси — 30 мкТл; на станції метро (при відправленні потягу) — $50-100$ мкТл; у вагоні метро — $150-200$ мкТл.

Якщо оцінити сумарну величину середнього електромагнітного поля, яке щоденно оточує людину, що живе в місті, то це виходить відчутна величина[4].

1.4 Особливості взаємодії цифрового шуму з живими організмами

Повсюдне використання цифрових технологій призвело до появи нової складової електромагнітного оточення людини - цифрового шуму (ЦШ). Якщо в цілому електромагнітне забруднення навколишнього середовища є предметом для дослідження екологів-спеціалістів, то роль цифрового компоненту, як фактора ризику досі не розглядалась.

Створення нової технології, яке випромінює в навколишнє середовище людини електромагнітні хвилі, супроводжується дискусіями про можливий

вплив та його наслідники на організм людини. Для мобільного зв'язку це особливо актуально, тому, що у наш час всім відомо, що ЕМВ не є безпечним, а радіопередачі абонентського апарату працюють біля вуха, в декількох сантиметрах від головного мозку. Численні дослідження досі не дають якісної відповіді на питання: наскільки шкідливе випромінювання від мобільного телефона для його користувача.

Сьогодні відомо, що залежність біологічної реакції від інтенсивності випромінювання (монохроматичного або шумо-подібного) є хоч і не лінійна, та все ж монотонною. ЦШ приносить в біоефекти ЕМВ нового критерію - немонотонної залежності: при зниженні інтенсивності ефект може зникати або знову з'являтися, навіть з тенденцією до зміни знаку.

В рамках концепції ендogenous когерентного поля, формуючого цілковитий електромагнітний каркас живого організму передбачається можливість регулюючої взаємодії слабкого зовнішнього сигналу. Така взаємодія повинна бути резонансною та суцільно індивідуальною за частотним складом, відображаючи, спектр характеристичних частот конкретного організму. ЦШ та його монохроматичний спектр є універсальним інструментом, впливаючи, на будь-який живий об'єкт.

1.5 Моніторинг забруднення навколишнього середовища

Турботу про стан навколишнього середовища стимулювала, започаткована в 1972 році, міжнародна програма UNEP (United Nation Environment Protection — Охорона навколишнього середовища ООН), яка передбачає глобальний моніторинг навколишнього середовища. Під моніторингом розуміється система спостереження, контролю прогнозу та управління екологічними процесами. Моніторинг дозволяє виявляти критичні та екстремальні ситуації, фактори антропогенного впливу на довкілля, здійснювати оцінку та прогноз стану об'єктів спостереження,

керувати процесами взаємовпливу об'єктів гідросфери, літосфери, атмосфери, біосфери та техносфери.

Таким чином, суть моніторингу зводиться до таких функцій:

- контролю за станом об'єктів екосистеми;
- контролю за джерелами поширення екологічної рівноваги;
- моделювання та прогнозу екологічного стану екосистеми;
- керування екологічними процесами.

Важливими елементами моніторингу є визначення гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих хімічних домішок у повітрі, воді, ґрунті, продуктах харчування.

Гранично допустима концентрація — максимальна кількість шкідливих речовин в одиниці об'єму або маси середовища води, повітря або ґрунту, яка практично не впливає на стан здоров'я людини. ГДК встановлюється компетентними установами, комісіями як норматив. Останнім часом при нормуванні ГДК враховують не лише вплив забруднювачів на стан здоров'я людини, але й їхній вплив на диких тварин, рослин, гриби і мікроорганізми, природні угруповання, а також клімат, прозорість атмосфери і санітарно-побутові умови життя. Зараз у більшості країн встановлено значення ГДК більш ніж для 700 шкідливих газів, парів і пилу в повітрі. Гранично допустиме навантаження (ГДН) — граничне значення господарського або рекреаційного навантаження на природне середовище, яке встановлюється з врахуванням ємності природного середовища або ресурсного потенціалу, здатності до саморегуляції і відтворення з метою охорони навколишнього середовища від забруднення, виснаження і руйнування.

Ці нормативи мають законодавчу силу і є юридичною основою для санітарного контролю[7].

Для всіх об'єктів, які забруднюють атмосферу, розраховують і встановлюють норми гранично допустимих викидів (ГДВ). Гранично допустимі викиди — це кількість шкідливих речовин, що не має

перевищуватися під час викиду в повітря за одиницю часу, і концентрація забруднювачів повітря, яка на межі санітарної зони не повинна перевищувати ГДК. Виконується інвентаризація джерел забруднення атмосфери для кожного підприємства, а також екологічна паспортизація всіх об'єктів, які забруднюють довкілля[8].

У зв'язку з тим, що в реальних умовах людина відчуває на собі комбіновану, комплексну і сумісну дію хімічних, фізичних та біологічних факторів навколишнього середовища і це реальне навантаження визначає можливі зміни у стані здоров'я, введено поняття максимально допустимого навантаження (МДН). Під МДН слід розуміти таку максимальну інтенсивність дії всієї сукупності факторів навколишнього середовища, яка не справляє прямого чи опосередкованого шкідливого впливу на організм людини та її нащадків і не погіршує санітарних умов життя. В Україні стан довкілля нині контролюється кількома відомствами і міністерствами. Держкомгідромет України здійснює спостереження за станом атмосферного повітря на стаціонарних пунктах державної системи спостережень, він же організовує спостереження за станом атмосферних опадів, за метеорологічними умовами, за станом поверхневих, підземних вод суші та морських вод на пунктах спостереження, за станом озонового шару у верхній частині атмосфери.

Мінекобезпеки України контролює джерела промислових викидів у атмосферу, дотримання норм ГДВ, норм скидів стічних вод, тимчасово погоджених скидів (ТПС) і гранично допустимих скидів (ГДС), контролює якість поверхневих вод суші, стан ґрунтів[7].

Важлива роль в питаннях контролю за станом довкілля належить Міністерству охорони здоров'я, лісового господарства, сільського господарства України, Держкомгеології, держводгоспу, держкомзему України та їхнім відділам в областях та районах[7].

2 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА

Телекомунікаційна мережа це система технічних засобів телекомунікацій та споруд, яка призначена для маршрутизації, комутації, передавання та/або приймання знаків, сигналів, тексту, зображень або повідомлень будь-якого роду по радіо або телебачення, проводових, оптичних чи інших електромагнітних системах між кінцевим обладнанням. Телекомунікаційні мережі поділяються на багато різних ознак, наприклад за географічним розташуванням: -Локальна мережа (Local Area Network — LAN) — звичайно розташована в межах будинку. -Глобальна мережа (Wide Area Network — WAN) — охоплює географічний регіон (країну або континент). -Міська мережа (Metropolitan Area Network — MAN) — застосовується для об'єднання мереж в місті в одну велику мережу. -Internet — комп'ютери під'єднані до інших мереж у світі через приватну мережу(мережу загального користування). -Віртуальна приватна мережа (Virtual Private Network — VPN) — індивідуальні комп'ютери під'єднані до інших мереж через сегмент публічної мережі[9].

2.1 Принципи роботи телекомунікаційних мереж

Всі телекомунікаційні мережі складаються з п'яти основних компонентів, незалежно від типу чи використання. Ці основні компоненти включають в себе: термінали, телекомунікаційні процесори, канали зв'язку, комп'ютери, програмне забезпечення для керування телекомунікаціями.

Термінали є вихідними і кінцевими пунктами у будь-якій системі телекомунікаційної мережі. Вхід або вихід пристрою, який використовуються для передачі або прийому даних може бути класифікований як термінал компонента.

Телекомунікаційні процесори підтримують передачу і прийом даних між терміналами та комп'ютерами, шляхом надання різних функцій керування та допоміжних функцій (наприклад, перетворення даних з цифрового в аналоговий і навпаки)[10].

Телекомунікаційні канали — шлях, по якому дані передаються і приймаються. Ці канали створюються за допомогою різних фізичних носіїв, з яких найпопулярнішими є мідні дроти і коаксіальний кабель. Волоконно-оптичні кабелі все частіше використовуються для більш швидкого і надійного зв'язку, як для бізнесу, так і домашніх потреб.

В телекомунікаційному середовищі комп'ютери підключені через фізичні носії для виконання своїх завдань зв'язку.

Програмне забезпечення для керування телекомунікаціями присутнє на всіх комп'ютерах мережі і відповідає за контроль мережевої активності та функціональності.

Спочатку мережі були побудовані без комп'ютерів, але в кінці 20-го століття їх комутаційні центри було комп'ютеризовано або в цілому мережі замінено комп'ютерними.

Загалом, кожна телекомунікаційна мережа концептуально складається з трьох частин, або площин (різного рівня, тому що вони можуть розглядатися, і часто є, частиною більш складної мережі): в площині керування здійснюється передача керуючої інформації (також відомої як сигналізація). Площина даних або площина користувача або площина пред'явника несе трафік користувачів мережі. Керування трафіком здійснюється в площині операцій[11].

Однією зі складових ТМ є антена. Вона перетворює електричний струм радіочастотного діапазону на електромагнітні хвилі відповідної частоти. Відповідно приймальна антена перетворює електромагнітні хвилі на струм відповідної форми. Електромагнітне випромінювання, що створюється антеною, має властивості спрямованості

і поляризації. Антена як двухполюсник володіє вхідним опором (імпедансом). Лише частину енергії джерела антена перетворює у електромагнітну хвилю, решта витрачається у вигляді теплових втрат. Для кількісної оцінки перерахованих і ряду інших властивостей антена описується набором електричних характеристик і параметрів[12].

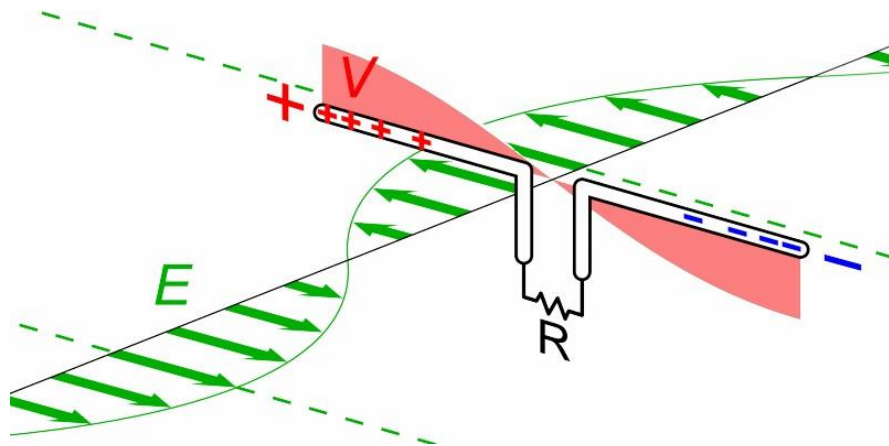


Рис. 2.1.1: Схема диполя отримання енергії від радіохвиль

Рисунок показує полувільну дипольну антену, яка приймає живлення від радіохвилі. Антена складається з двох металевих стрижнів кожен чверть довжини хвилі, приєднаної через паралельну лінію електропередачі до опору R , що дорівнює характеристичному імпедансу антени, що представляє приймач. Електромагнітна хвиля, яка йде праворуч, є його електричним полем (E , зеленими стрілками) (слід мати на увазі, що малюнок лише показує поле вздовж однієї лінії, тоді як радіохвиль насправді є плоскими хвилями, а електричне поле фактично однакове у кожній точці площини, перпендикулярно напрямку руху). Магнітне поле хвилі не показано. Коливання електричного поля впливає на електрони в антенних стержнях, змушуючи їх рухатись назад і вперед в струмах (чорні стрілки) між кінцями антенних стрижнів, заряджаючи кінці антени чергуванням позитивних (+) і негативних (-). Оскільки антена є довжиною половини хвилі на частоті

радіохвиль, вона хвилює хвилі напруги (V , червоний) та струму в антени. Напруга уздовж елементів антени представлена графічно смугою червоного кольору, товщина якого в будь-якій точці пропорційна величині напруги. Хвилі радіочастотної напруги та струму рухаються по лінії електропередачі і поглинаються в резистори. Тут показана дія, яка різко сповільнюється; радіохвилі, отримані диполями, дійсно коливаються назад і вперед у десятки тисяч до мільярдів циклів у секунду.

2.2 Характеристика електромагнітного випромінювання

Основними характеристиками електромагнітного випромінювання прийнято вважати частоту, довжину хвилі і поляризацію.

Довжина хвилі прямо пов'язана з частотою через (групову) швидкість поширення випромінювання. Групову швидкість поширення електромагнітного випромінювання у вакуумі дорівнює швидкості світла, в інших середовищах ця швидкість менше. Фазова швидкість електромагнітного випромінювання у вакуумі також дорівнює швидкості світла, в різних середовищах вона може бути як менше, так і більше швидкості світла [13].

Для опису щодо низькочастотного електромагнітного випромінювання в макроскопічній області використовують, як правило, класичну електродинаміку, засновану на рівняннях Максвелла, причому існують спрощення в прикладних застосуваннях.

Перш ніж описувати небезпечність того чи іншого виду випромінювання, необхідно розібратися про що взагалі йде мова. Так до електромагнітних хвиль відносяться: високочастотне випромінювання. До нього відносять рентгенівські і гамма-промені. Вони також відомі як іонізуюче випромінювання. Середньочастотні випромінювання - видимий спектр, який люди сприймають як світло. У верхній і нижній частотній шкалою

розташовуються ультрафіолет і інфрачервоне випромінювання. Низькочастотне випромінювання, до нього відносять радіо і мікрохвилі. Щоб пояснити вплив електромагнітного випромінювання на організм людини всі ці види поділяють на дві великі категорії - іонізуюче і неіонізуюче випромінювання. Відмінність між ними досить проста : іонізуюче випромінювання впливає на атомарну структуру речовини. Через це у біологічних організмів порушується структура клітин, видозмінюється ДНК і з'являються пухлини. Неіонізуюче випромінювання довго вважалося нешкідливим. Але останні дослідження вчених показують, що при великій потужності і тривалій дії воно не менш небезпечно для здоров'я.

2.3 Частота. Залежність впливу на організм від частоти

Під час роботи телекомунікаційних мереж поширюється електромагнітне випромінювання великої напруженості та широкого спектру частот протягом часу, що несе значний вплив на живі організми.

Проникнення електромагнітної енергії в різні тіла визначається властивостями речовини, а також частотою і іншими характеристиками падаючої хвилі. Явища, що спостерігаються при впливі надвисоких частот, мають в основному тепловий характер, при цьому вони істотно залежать від дисперсії діелектричної проникності та провідності. З іншого боку, спостерігаються явища, істотним чином пов'язані з частотою випромінювання. У цих випадках відіграє роль молекулярна структура, яка може бути вивчена методами електронного резонансу. Факт, що різні діапазони частот випромінювання мають свої назви, не повинен закривати основну особливість електромагнітних хвиль - всі вони мають однакову природу, а відрізняються лише частотою[14].

L-діапазон - діапазон частот дециметрових довжин хвиль, використовуваних для наземного і супутникового радіозв'язку. За визначенням ІЕЕЕ, цей діапазон простирається від 1 до 2 МГц

електромагнітного спектра (довжини хвиль від 30 до 15 см). L-діапазон використовується всіма супутниковими системами навігації, окрім розробленої індійської системи GAGAN.

- Мобільні телефони GSM працюють на частотах: 800-900 і 1800-1900 МГц;
- Супутникові телефони системи Iridium використовують частоти між: 1616 і 1626.5 МГц;
- Наземні термінали Inmarsat передають сигнали на частотах: 1525 і 1646.5 МГц. Новий стандарт цифрового радіо DAB буде використовувати частоти L-діапазону 1452-1492 МГц.

Діапазони в різних системах позначень розрізняються, в таблиці наведено діапазони відповідно до класифікації IEEE:

Таб. 2.3.1 : Діапазони частот до класифікації IEEE

Діапазони частот		
Назва	Частотний діапазон, МГц	
Назва діапазона	Діапазон частот РЛС	Діапазон частот супутникового зв'язку
L	1,0—2,0	
S	2,0—4,0	
C	4,0—8,0	4,0—7,0
X	8,0—12,0	7,0—10,7
Ku	12,0—18,0	10,7—18,0
K	18,0—26,5	18,3—20,2; 27,5—31,5
Ka	26,5—40,0	

Радіохвилі, які випромінюються антеною, повністю аналогічні за природою до γ - випромінювання, яке зароджується в атомному ядрі. Спосіб взаємодії з речовиною значною мірою залежить від частоти. Наприклад, око чутливе лише до видимого світла, тоді як шкіра відчуває інфрачервоне випромінювання.

Електромагнітні поля можуть чинити як локальну, так і загальну дію на біоб'єкти залежно від частоти випромінювання. На частотах $\nu \leq 300$ МГц довжина хвилі λ перевищує 1 м. Дія такого випромінювання залежить від того, все тіло чи його частина знаходяться в полі. На більших частотах λ менша за розміри тіла людини, що й обумовлює лише локальну дію таких полів. З підвищенням частоти зменшується глибина проникнення електромагнітного поля в біологічні тканини (як і у всякі інші середовища). Глибиною проникнення \square_{\square} електромагнітного поля називають відстань, на якій амплітуда коливань зменшується в $e = 2,718$ разів. Цій відстані відповідає зменшення інтенсивності на 87 %. Глибина проникнення електромагнітних хвиль визначається не тільки частотою цих хвиль, а й здатністю даної тканини поглинати енергію, яка, в свою чергу, залежить від будови тканини. Значним, в більшості випадків, є вміст молекул води. Для жирової та кісткової тканин глибина проникнення на порядок (у десятки разів) більша, ніж для м'язової. Враховуючи складний характер біологічних тканин, вважають, що для хвиль сантиметрового діапазону $\square_{\square} \approx 3 - 0.5$ см, а дециметрового діапазону ≈ 10 см [15].

Поширюючись у просторі, вони взаємодіють з матеріальними об'єктами і спричиняють різноманітні зміни їх. Крім властивостей, притаманних будь-яким хвильовим процесам, електромагнітні хвилі мають і своєрідні властивості. Вивчення властивостей електромагнітних хвиль дало змогу пояснити багато природних явищ, розробити унікальні технологічні процеси, високоточні методи вимірювання, ефективні засоби зв'язку, складну медичну апаратуру тощо.

Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності та характеру випромінювання (неперервного чи модульованого), режиму опромінювання, розміру поверхні тіла, що зазнає опромінювання, індивідуальних особливостей організму.

Основою функціонування організму є дуже слабкі біоелектричні струми, що синхронізують природні біологічні режими[16].

Негативний вплив визначається поглинанням енергії молекулами води на частоті 1 ГГц і складає 50% загальних втрат енергії мікрохвиль, на частоті 10 ГГц - 90 %, а на частоті 30 ГГц - біля 98 %, що супроводжується розігріванням - тепловим ефектом. Незвична теплова дія ДВЧ (дуже високочастотних) випромінювань була виявлена при їх впливі на око. Температура в його прозорих середовищах збільшувалася значно швидше, чим у навколишніх тканинах. Пояснюється це насамперед тим, що в цьому органі майже немає судин, тому охолодження кров'ю неможливе. У зв'язку з цим може виникнути катаракта кришталіка, яка пов'язана з термокоагуляцією білків.

Незвичайність термічної дії мікрохвиль, із вираженими патологічними змінами, виявлена і на сім'яниках чоловіків, що може сприяти статевій стерильності. Поразки сім'яників при ДВЧ-опромінюванні відзначалися при підвищенні в них температури до 35^oC, а при впливі інфрачервоних променів - підвищення температури до 42-43^o C. НВЧ-поле викликає також поразку і яєчників у жінок. Під впливом інтенсивних ДВЧ-полів у людей і тварин розвиваються розлади практично всіх життєво-важливих органів і систем організму. Шкідливий вплив електричної складової (Е) ЕМП змінного струму промислової частоти на нервову систему, гіпофіз, наднирки, а випромінювань[17].

Електричні поля промислової частоти (50 Гц) впливають на мозок і центральну нервову систему. В умовах сучасного міста на організм людини здійснюють вплив електромагнітні поля, джерелами яких є різні радіопередавальні пристрої, електрифіковані транспортні лінії і лінії електропередач.

2.4 Розрахунок поширення електромагнітним хвиль

За теорією Максвелла, швидкість поширення електромагнітних хвиль — величина скінченна, вона визначається електричними і магнітними властивостями середовища, в якому поширюється електромагнітна хвиля:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (2.4.1)$$

де ϵ_0 і μ_0 — електрична і магнітна сталі; ϵ і μ — відносні діелектрична і магнітна проникності середовища. Якщо електромагнітна хвиля поширюється у вакуумі, то $\epsilon = 1$, $\mu = 1$. Оскільки швидкість хвилі залежить від ϵ і μ середовища, тоді, якщо хвиля переходить з одного середовища в інше, то змінюються v і λ , а частота коливань залишається тією самою [18].

Однакова швидкість поширення світла і електромагнітних хвиль дозволила Максвеллу висловити припущення про спільну природу цих явищ, тобто електромагнітну природу світла. Пізніше було встановлено, що характерні особливості світла відбивання, заломлення, інтерференція, дифракція, поляризація властиві і для електромагнітних хвиль. Отже електромагнітні хвилі слід розглядати в якнайширшому діапазоні: радіохвилі, інфрачервоне випромінювання, видиме світло, ультрафіолетові промені.

2.5 Мобільний зв'язок - особливе джерело ЕМП

Система сотового зв'язку сьогодні працює в конкретному діапазоні електромагнітних хвиль від десятків Гігерц 450 – 2100 Мг (Мегагерц), випромінювання, яке належить до так званого неіонізуючого випромінювання для організму людини. Діапазон хвиль звукового діапазону людини, область звуків, які чує людина,

простягається від 16 до 20 тисяч Гц (1 Гц – це 1 коливання в секунду). Отже, область частот сотового зв'язку складає десятки мільйонів Гц[4].

Біологічний ефект дії ЕМП формується в залежності від дальності абонента від базової станції і довготривалості дії (частоти і тривалості телефонної розмови; вихідного стану об'єкту дії (вік, стать, стан здоров'я, індивідуальна чутливість і т.д.; розподіл енергії в біологічних тканинах (вид тканин, глибина проникнення ЕМП в організм тощо).

Отже, на розвиток безпосередньої реакції організму, на її напрямок, на наслідки (виникнення патології чи компенсації негативного впливу за рахунок внутрішніх резервів організму) впливає ряд чинників.

Джерелами ЕМП в сотовому зв'язку є телефонні трубки і базові станції супроводу стільникового зв'язку. Принцип дії цих джерел ЕМП на людину різний. Відмінною особливістю сотового телефону, як джерела ЕМП є його максимальне наближення до голови користувача на відстань 2-5 см в неконтрольованих умовах. Впливу ЕМП піддаються головний мозок, периферичні рецепторні зони вестибулярного, слухового аналізаторів, сітківка очей. Негативні дії випромінювання сотового телефону піддаються також і оточуючі споживача люди, коли він розмовляє по телефону.

Електромагнітні поля базових станцій генеруються імпульсивно. Все залежить від часу доби, насиченості покриття базових станцій, кількості базових станцій в зоні зв'язку . Саме базові станції покривають всю зону дії сотового зв'язку техногенним електромагнітним полем. Прикро, що базові станції розташовуються в місцях постійного перебування людини, тобто відбувається цілодобовий вплив на людину низькоінтенсивного електромагнітного поля радіочастотного діапазону[19].

2.6 Випромінювання антен мобільного зв'язку

Вимірювання електромагнітного випромінювання у м. Києві показує, що найбільшого електромагнітного навантаження зазнають кияни, які

мешкають у центральних районах столиці (Шевченківський, Печерський, Солом'янський, Подільський), унаслідок підвищеної концентрації розміщення базових станцій стільникового зв'язку в центральній частині міста. Це пов'язано з тим, що основна частина населення м. Києва працює або проїжджає через центральну частину міста і для безперебійної роботи мобільних мереж потрібно встановлювати додаткові базові станції стільникового зв'язку. Така залежність спостерігається і в інших українських містах-мільйонниках.

Вимірювання електромагнітних полів допоможе встановити, чи безпечним є рівень випромінювання від вишок стільникового зв'язку, обладнання аеропорту, радарів військової бази, чи інших об'єктів, що знаходяться неподалік. Окрім того, якщо в результаті вимірювання електромагнітного випромінювання буде встановлено високі рівні ЕМ-забруднення, фахівці нададуть рекомендації, щодо оптимального захисту від впливу електромагнітних полів.

3 ВПЛИВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Живі організми у процесі еволюції пристосувалися до певного природного рівня інтенсивності електромагнітного поля і значні відхилення від нього в більшу чи меншу сторону (за межі оптимальної життєдіяльності живих організмів) є стресовим фактором. Електромагнітні поля антропогенного походження, маючи інші характеристики, ніж геомагнітне поле, призводять до десинхронізації міжклітинних і міжорганних взаємодій у біологічній системі, яка налаштована в унісон із природним електромагнітним фоном. Сьогоднішній рівень електромагнітного фону Землі перевищує природний рівень в 200000 разів.

Найчутливішими до ЕМП є нейродинамічні процеси, які прямо чи побічно перемикають хронобіологічні процеси організму на патологічний або стресовий режим функціонування.

Штучні ЕМП якщо співпадають з частотами біологічних ритмів мозку або біоелектричною активністю серця чи інших органів людини можуть призвести до десинхронізації функціональних процесів в організмі.

Встановлено, що ЕМП (особливо високовольтні ЛЕП) при тривалій дії здатні викликати рак, лейкемію, пухлини мозку, розсіяний склероз та інші тяжкі захворювання. Встановлено, що ЕМП змінюють гени та генофонд усього живого.

На людину впливають перемінні ЕМП, статичні струми та ЕМП, що їх супроводять.[20]

3.1 Фактори впливу електричного поля на людину

Лінії електропередачі, підстанції, пристрої створюють в навколишньому середовищі електричне поле, надалі ЕП, напруженість якого знижується в міру віддалення від них.

Електричне поле, в залежності від його рівня, може здійснювати шкідливий вплив на людину. Розрізняють такі види впливу:

- безпосередній вплив, який проявляється при перебуванні в ЕП, причому ефект впливу посилюється зі збільшенням напруженості поля і часу перебування в ньому;

- вплив електричних розрядів (імпульсного струму), які виникають при дотику людини до незаземлених конструкцій, корпусів машин і механізмів на пневматичному ході і протяжних провідників або при дотику людини, ізолюваної від землі, до рослин, заземлених конструкцій та інших заземлених об'єктів;

- вплив струму, який проходить через людину, що знаходиться в контакті з ізолюваними від землі об'єктами (великогабаритними предметами, машинами і механізмами, протяжними провідниками), - струму стікання.

Крім того, ЕП може спричиняти займання або вибух випарів легкозаймистих речовин внаслідок виникнення електричних розрядів при контакті предметів і людей з машинами і механізмами[21].

3.2 Накопичувальна доза електромагнітного випромінювання

Захворювання від мікрохвильового випромінювання стільникового зв'язку мають таку ж залежність, як від гамма і рентгенівського випромінювання (іонізуюча радіація). Головну роль у розвитку захворювань грає експозиційна доза опромінення-сумарна потужність випромінювання за певний проміжок часу. Чим вище потужність і більше час опромінення, тим більше експозиційна доза і шкідлива біологічна дія. Вплив мікрохвильового випромінювання носить накопичувальний характер, і коли сумарна експозиційна доза досягає «критичної маси», виникає захворювання. Для кожної окремої людини «критична маса» - це суто індивідуальний показник і залежить від стану здоров'я в цілому, запасу життєвих сил і спадковості.

Потужність мікрохвильового випромінювання, розподілена по площі, називається щільністю потоку енергії (ППЕ) або інтенсивністю випромінювання. Вимірюється в В/м.кв. Щільність потоку енергії від точкового джерела зменшується обернено пропорційно квадрату відстані, а це значить, що при збільшенні відстані від випромінювача (антени телефону), потужність випромінювання різко знижується.

4 МЕДИЧНІ ПОКАЗНИКИ НАСЛІДКІВ ВИПРОМІНЮВАННЯ ЕМП

Здоров'я на теперішній час має не тільки медичне, але й соціальне та економічне значення. Через втрату здоров'я або його значне погіршення решта життєвих цінностей втрачають сенс. За статистичними даними 2006 року, в Україні у структурі захворюваності від серцевосудинної патології страждало 22 648 688 осіб, із них 32,5 % мали гіпертонічну хворобу, 25,6 % — ішемічну хворобу серця, 19,2 % — захворювання судин головного мозку, 22,7 % — гострі інфаркти міокарда[22].

Поряд із загально визнаними факторами ризику є й низка несприятливих факторів, що істотно впливають на захворюваність серцевосудинної системи. Перш за все це наслідки розвитку науковотехнічного прогресу як на виробництві, так і в побуті. Одним із таких факторів є електричні й магнітні поля. До електричного і магнітного поля Землі додалися електромагнітне поле (ЕМП) штучного походження, шум, вібрація, високі та низькі температури, іонізуюче випромінювання.

Цілеспрямоване використання електромагнітної енергії в різноманітних галузях діяльності людини призвело до того, що антропогенні електромагнітні випромінювання (ЕМВ) у десятки тисяч разів перевищують природний електромагнітний фон[23].

Електромагнітні хвилі різних частотних діапазонів набули широкого застосування в промисловості, науці, техніці, медицині, радіолокації, радіометеорології, радіонавігації, у космічних дослідженнях, ядерній фізиці й інших напрямках діяльності людини[24].

Епідеміологічні дослідження у даному напрямку розпочалися з 70х років ХХ сторіччя; спочатку вони проводились у промислово розвинутих країнах, а в останні роки почалися і в країнах, що розвиваються. З 1983 по 2000 рік загальна кількість публікацій збільшилася на порядок [25]. Вивченню даного

питання найбільшу увагу приділяли вчені США, Німеччини, Італії та Японії. Серед робіт, за даними літературних джерел, лідирують епідеміологічні дослідження (27 %). Дещо менше робіт присвячено експериментальним дослідженням із розробки моделей на тваринах (21 %); ще 15 % — це експериментальні дослідження на клітинному і тканинному рівнях та лише 10 % робіт присвячено клінічним дослідженням.

Відповідно до діючого наказу Міністерства охорони здоров'я СРСР № 555 від 29 вересня 1989 року [26], електромагнітні випромінювання включено до переліку несприятливих виробничих факторів, при роботі з якими обов'язковими є попередні й періодичні медичні огляди з метою попередження професійних захворювань. У наказі передбачено всі види робіт із джерелами електромагнітної енергії різних діапазонів (електричні й магнітні поля радіочастот) та всі види робіт із джерелами постійних електричних та магнітних полів. Електромагнітне забруднення довкілля потребує гігієнічного нормування.

Згідно з даними літератури, захворювання, пов'язані з впливом електромагнітних випромінювань малої інтенсивності, проявляються у вигляді граничних нервовопсихічних розладів у поєднанні з синдромом вегетативної дистонії, характерними суб'єктивними розладами, порушеннями у центральній нервовій і серцевосудинній системах, шлунково-кишкового тракту, репродуктивної функції, імунного статусу, змінами біохімічних та гематологічних показників крові. Залежно від стадії захворювання виявлені порушення можуть мати стійкий характер і не зникати після припинення контакту з ЕМП. До віддалених наслідків хронічного впливу електромагнітних полів радіочастотного діапазону слід зарахувати негативний вплив на потомство та синдром раннього старіння організму.

4.1 Принцип дії електромагнітного опромінення на організм людини

У зоні генерування електромагнітного поля відбувається безперервний взаємний перехід електричного поля в магнітне. Електрична компонента ЕМП поглинається передусім у середовищі, де знаходяться полярні молекули чи вільні електричні заряди. У якості акцепторів магнітної компоненти ЕМП можуть виступати гемоглобін і міоглобін, рухомі електричні заряди, що виникають при окислювальновідновлювальних реакціях у процесі клітинного метаболізму, а також вільні радикали, що утворюються під час біохімічних та механікохімічних реакцій, і феромагнітні частинки, які потрапляють у легені людини з повітрям у вигляді пилу. Поглинання енергії в рідинах, тканинах організму є вкрай нерівномірним [27].

НВЧхвилі викликають порушення нейрогуморальної регуляції, зміни функції деяких ендокринних залоз, діють на ДНК, РНК, порушуючи їх функцію [28]. НВЧ ЕМП впливають на серцевосудинну, імунну системи, органи травлення, органи зору, кров, нервову систему.

Дуже важливим є визначення впливу НВЧ на захворювання серцево-судинної системи, зокрема розвиток та особливості перебігу артеріальної гіпертензії, в осіб, які працюють в умовах тривалого впливу ЕМВ.

4.2 Клінічні прояви впливу ЕМП на організм людини при різних інтенсивності

Медичні дослідження доводять, що найбільш чутливими до впливу ЕМП техногенного походження в організмі людини є нервова, серцево-судинна, ендокринна, статеві системи та очі, а також ЕМП можуть спричинити значний вплив на інтенсивність обміну речовин, провокують синдром як медичне явище в результаті гострого та хронічного опромінення ЕМП радіочастотного діапазону з не смертельною інтенсивністю, рівною чи більшою 10мВт/см^2 . До симптомів належать реакції центральної нервової

системи та клінічні ознаки автономних систем, що проявляються в змінах настрою та поведінки. Клінічні прояви мають серцево-судинну, шлунково-кишкову чи ендокринну природу.

Клінічні прояви впливу ЕМП на організм людини при різних інтенсивності ЕМП:

600 мкВт/см² і більше: больові відчуття в період опромінення;

200-600 мкВт/см²: пригнічення окисно-відновних процесів у тканинах;

100-200 мкВт/см²: підвищення артеріального тиску з наступним його пониженням внаслідок довготривалої дії ЕМП, при тривалому

впливу – стійка гіпотонія;

40-100 мкВт/см²: відчуття тепла, розширення судин, при довготривалій дії – підвищення артеріального тиску на 20-30 мм. рт. ст.;

20-40 мкВт/см²: стимуляція окисно-відновних процесів в тканинах;

10-20 мкВт/см²: підвищена втомлюваність, зміна біоелектричної властивості мозку;

8-10 мкВт/см²: біохімічні зміни складу крові, при довготривалій дії – зміна здатності крові до згортання;

6-8 мкВт/см²: зміни електричної активності провідної системи серця, порушення роботи серця, що фіксуються на електрокардіограмі, зміни в роботі рецепторного апарату;

4-6 мкВт/см²: зміна артеріального тиску, зниження кількості лейкоцитів та еритроцитів у крові;

3-4 мкВт/см²: виражений характер зниження артеріального тиску, збільшення ЧСС, коливання об'єму крові серця;

1-3 мкВт/см²: зниження артеріального тиску, незначні коливання об'єму крові серця, при тривалому впливі зниження очного тиску;

0,4-1 мкВт/см²: слуховий ефект при впливі імпульсних електромагнітних полів;

0,3-0,4 мкВт/см²: зміни в роботі нервової системи при тривалому впливі протягом 5-10 років;

0,1-0,3 мкВт/см²: фіксуються електрокардіографічні зміни роботи серця;

0,05-0,1 мкВт/см²: тенденція до пониження артеріального тиску при довготривалому впливі НМП .

Електромагнітне опромінення людини радіохвилями супроводжується тепловими та нетепловими ефектами в біологічних тканинах і рідинах.

4.3 Вплив надвисоких частот електромагнітного випромінювання на клітинному рівні

Ученими різних країн вивчено вплив надвисоких частот електромагнітного випромінювання на клітинному рівні на стан кардіоміоцитів і розроблено математичні моделі впливу ЕМП на клітини серця та судин [30]. Дослідження механізму впливу ЕМП дозволило створити фізикоматематичну модель поширення теплоти в серцевій тканині при радіочастотній абляції [31] та обчислити модель досліджуваної кореляції між динамікою поширення магнітного поля та електрофізіологічними процесами у шлуночках серця. Представлені проблеми, пов'язані з впливом на пейсмейкери серця електромагнітного поля частотою 50/60 Гц та 10–100 Гц *in vitro* [32].

Існує 28 робіт із обстеження пацієнтів, опромінених електромагнітними полями радіочастотного діапазону, включаючи НВЧ, УВЧ, мікрохвилі, за 45 років — з 1956 по 2001 рік . Аналіз підтверджує існування синдрому як медичного явища в результаті гострого та хронічного опромінення електромагнітними полями радіочастотного діапазону з не смертельною інтенсивністю, рівною чи більшою 10 мВт/см². До симптомів належать реакції центральної нервової системи та клінічні ознаки автономних систем, що проявляються в діенцефальних та астенічних змінах настрою та

поведінки. Клінічні прояви мають серцевосудинну, шлунковокишкову чи ендокринну природу.

Характер та ступінь вираженості змін у міокарді при 240 мВт/см^2 практично не відрізняється від змін при 120 мВт/см^2 , лише менш активовані ядра кардіоміоцитів — у 2 рази ($p < 0,01$). Має місце більш низький рівень температурних змін у міокарді — не більше $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Установлена гостра дозова залежність фізикохімічного стану мембран та хроматину кардіоміоциту, характер якої визначається більшою локалізацією надвисокочастотного впливу, ніж зміною температури в міокарді [33]. Під впливом імпульсного високочастотного електромагнітного поля значимої різниці у концентрації калію в ізольованій клітині серцевого м'яза не відбувається [34].

Оскільки судинна та нервова системи є складовими електрично збудливих тканин, можливо, що вони стимулюються ЕМП. Практично відсутні дослідження про вплив професійної дії ЕМП частотою 50 Гц на нейровегетативну регуляцію серцевосудинної функції. Проведено аналіз автономної функції (оцінка варіабельності серцевого ритму) у робітників, які за професійних умов потрапляють під вплив ЕМП частотою 50 Гц. Результати досліджень підтвердили, що ЕМП частотою 50 Гц може впливати на нейровегетативну регуляцію серцевосудинної системи. Зміни варіабельності серцевого ритму, які може створювати підвищений ризик розвитку ускладнень хвороб серцевосудинної системи пов'язують з електромагнітними полями частотою 50 Гц [35]. Під впливом магнітного поля частотою 50 Гц змінюються середній час між ударами серця (8% зростання), стандартне відхилення між ударами серця (40% зростання), загальне число інтервалів між ударами (110 %) [36]. Усе це свідчить про те, що зміни цих параметрів пов'язані з впливом магнітного поля.

Попередні дослідження показали, що дія електромагнітних хвиль частотою 37 Гц збільшує ноцицептивну чутливість. Під час

електромагнітного випромінювання систолічний тиск значно збільшується [37].

При оцінці наслідків розплющення й заплющення очей під час однохвилинної дії променя світла сукупно з електричним або магнітним полем на мелатонін, серотонін та інші нейротрансмісери у ділянці шишкоподібної залози та серця [38], мелатонін був виявлений в синоатріальному вузлі та правих відділах серця при заплющених очах та в лівих відділах серця, а також у слинних залозах, шлунку, товстій кишці — при заплющених очах.

ЕМВ ммдіапазону впливає на різні механізми розвитку серцевої недостатності у хворих з ішемічною хворобою серця [39].

Цікаво, що вплив радіочастотних хвиль електромагнітного випромінювання на людей перед сном уповільнював пульс у першу фазу сну та в період пробудження.

4.4 Вплив електромагнітного випромінювання на молочнокислі бактерії

На сьогодні існує широкий спектр препаратів-пробіотиків на основі монокультур мікроорганізмів (біфідумбактерин, лактобактерин, бактисубтіл, бактолакт, діалакт та ін.), які не дозволяють вирішити проблему корекції дисбіотичних станів внаслідок обмеженої антагоністичної активності штамів, що використовуються [40,41]. Тому, актуальним і перспективним напрямком удосконалення існуючих пробіотиків є створення комплексних біопрепаратів, що включають бактеріальні культури різних таксономічних груп, які взаємодоповнюються як за спектром антагоністичної дії, так і за механізмами впливу на біотоп мікроорганізм в цілому [42].

Створення багатокомпонентних пробіотиків ставить перед біотехнологами низку завдань на всіх етапах технологічного процесу, починаючи з першого етапу відбору штамів та розробки найбільш оптимальних умов та параметрів для їх глибинного культивування.

Необхідним етапом для продуктивного культивування перш за все є комплекс фізичних і фізико-хімічних факторів, які забезпечують створення оптимальних умов для прискорення росту і збільшення біологічної активності штамів бактерій, скорочення термінів вирощування, збільшення виходу їх біомаси, підвищення коефіцієнту використання ними поживних компонентів середовища [40].

Довгий час вважали, що електромагнітні поля не надають будь-якого впливу на живі організми. До такого висновку приводили прості фізичні міркування: оскільки кванти енергії в цій області спектра значно менше середньої кінетичної енергії молекул ($h\nu < kT$), то поглинання електромагнітного поля в живих тканинах може бути пов'язаний лише з посиленням обертання молекул як цілого, тобто з перетворенням електромагнітної енергії в теплову, а поглинання енергії постійного або повільно змінного електричного і магнітного полів – з орієнтацією молекул.

Розрахунки показували, що яких-небудь значущих для мікроорганізму теплових ефектів електромагнітного поля можна очікувати тільки при досить високих інтенсивностях – порядку 10^2 В\м для надвисоких частот і до 10^6 В\м для інфранизьких, тобто при напруженості, яка набагато порядків перевищує значення напруженості природних електромагнітних полів біосфери. Що стосується біологічно значущого ефекту орієнтації молекул під дією постійних або повільно змінних полів, то такий ефект можливий, якщо енергія взаємодії поля з молекулою не менша середньої кінетичної енергії молекул.

Біологічні дослідження показали, що організми різних видів чутливі до постійного магнітного поля і електромагнітного поля різних частот за впливу енергії на десятки порядків нижче теоретично оціненої. Різні реакції мікроорганізмів на електромагнітне поле виникають при їх інтенсивності, яка в тисячі, сотні тисяч і навіть мільйони разів нижче, ніж це впливає з

теоретичних уявлень про енергетичний характер біологічних ефектів електромагнітного поля.

Біологічні ефекти дії електромагнітного поля вивчають, головним чином, на прикладі дуже вузьких діапазонів частот: вчені проводили дослідження дії мікрохвильових випромінювань крайньо високочастотних та зверх високочастотних (КВЧ та СВЧ), а також зверх низькочастотних та більш слабких випромінювань. Досить часто в експериментальних роботах розглядають дію лише магнітних полів (в основному це стосується випромінювань з частотами менше за 100 Гц) припускаючи, що електрична складова нездатна впливати на результат експерименту. Відомо, що магнітне поле, так само як і електричне, є формами прояву загального електромагнітного поля.

За найпростішою схемою дію електромагнітного поля на будь-які системи прийнято поділяти на інгібіторну та стимульовану.

Здатність електромагнітного поля інгібувати ріст та метаболічні процеси мікроорганізмів відома відносно давно. З невідомих причин досить часто слабкі електромагнітні поля (з частотами меншими за 500 Гц) порівняно із високочастотними (кіло- та гіга-) Гц випромінюваннями виявляються більш ефективними для пригнічення різних внутрішньоклітинних процесів. Однак властивість інгібувати розвиток мікроорганізмів мають усі типи електромагнітних полів: як відносно слабкі, майже статичні, електричні та магнітні поля, та більш енергомісткі випромінювання. Наприклад, ріст та виживання бактерій *E. coli*, *Leclercia adecarboxylata*, *Staphylococcus aureus*, *Propionibacterium asnes* та дріжджів *S. cerevisiae* значно пригнічується за дії як наднизькочастотного магнітного поля частотою 50 Гц, так і мікрохвильового випромінювання (7-12 ГГц). Вивчення динаміки росту мікроорганізмів у цих дослідженнях показало, що зниження життєздатності відбувається одразу з моменту дії електромагнітного поля.

Окрім прямих ефектів, викликаних впливом електромагнітних полів на живі системи, синергічна дія разом із негативними фізико-хімічними факторами, здатна посилювати летальні для організму наслідки впливу останніх. Відомо, що статичні магнітні поля (енергетично дуже слабкі), які синхронно діють із хімічними мутагенами, призводять до збільшення мутантів у штамах *E. coli* WP2 та *vrA trp⁻*.

Поряд із наведеними вище прикладами інгібіторного характеру дії надтослабких магнітних полів, є приклади й стимулювання певних процесів життєдіяльності мікроорганізмів під впливом полів даного діапазону. Наприклад, постійне магнітне поле низької інтенсивності (0,1–1 мТл) виявилось здатним стимулювати ріст та метаболізм бактерій *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus albus* і *Aspergillus niger* при культивуванні як на твердих, так і в рідких поживних середовищах [40]. Так само, й вплив магнітного поля високої інтенсивності (1–7 Тл) на культуру різних мікроорганізмів призводив до збільшення кількості живих клітин у стаціонарній фазі росту у 3–5 разів. Відомі приклади й активування кислотоутворювальної властивості у різних штамів лактобацил (*L. acidophilum*, *L. helveticum* та *L. acidophilum* і *L. mazuni*) під дією магнітного поля частотою 1 Гц та 10 Гц протягом 30–120 хв. Найбільш чутливими до дії магнітного поля виявилися експоненційна та ще більше стаціонарна фази росту [43].

Низькочастотні пульсуючі електромагнітні поля (з частотами близько 100 - 1000 кГц), так само здатні стимулювати фізіолого-біохімічні процеси у дріжджах та підвищувати рівень дріжджової ферментації.

Стимулювання росту відмічено й за дії мікрохвильового випромінювання на прокаріотичні мікроорганізми – штами *Streptomyces xanthochromogenes* (під дією СВЧ-випромінювання) [44, 45], ціанобактерії *Spirulina platensis*, *Bacillus subtilis* штам Д26 та еукаріотичні мікроорганізми – дріжджі *S. cerevisiae* і *Saccharomyces carlsbergensis* під дією КВЧ-випромінювання.

В деяких роботах відмічено стимулювання певних фізіолого-біохімічних показників внаслідок впливу мікрохвильового випромінювання без збільшення швидкості росту та приросту біомаси, наприклад, збільшення синтезу білку *B.subtilis* штам Д26 , та посилення біоломінесценції морської бактерії *Photobacterium leiognathi* .

Незважаючи на цілу низку даних щодо інгібувальної та стимулювальної дії електромагнітних полів різних діапазонів частот, у значній кількості робіт не зафіксовано впливу досліджуваних полів. Наприклад, біоломінесценція *Vibrio fischeri* в слабкому (1.3 мТл) магнітному полі з частотою 60 Гц не перевищувала контрольну. Дія низькочастотного електромагнітного поля (50 і 80 Гц, 0.5–10.0 мТл, 10–30 хв.) не призводила до суттєвої зміни АТФ в клітинах *S. cerevisiae* Н192. Не відмічено суттєвого впливу електромагнітного поля (900 МГц, 0.13 і 1.3 Вт/кг) на рівень мутацій гену *CAN1*, внутрішньохромосомних делецій і внутрішньогенних рекомбінацій у *S. cerevisiae* як у присутності, так і у відсутності генотоксичного агенту метилметасульфонату. Не виявлено впливу мікрохвильового випромінювання (40–43ГГц, 0,5 і 50 мкВт/см²) на поділ клітин *S. cerevisiae* в експоненційній фазі.

Майже усі дослідники при вивченні біологічної дії електромагнітного поля стикаються з явищем, коли одні й ті ж самі поля здатні як інгібувати, так і стимулювати певні фізіолого-біохімічні процеси у мікроорганізмах. Вірогідно, що ефекти електромагнітного поля на біологічні об'єкти мають визначатися цілою низкою факторів біофізичної та біохімічної природи. У зв'язку з цим, велике значення для з'ясування шляхів та механізмів впливу електромагнітного поля на мікроорганізми матимуть дослідження, в яких буде використано декілька різних штамів, видів або ж родів мікроорганізмів.

Електромагнітні поля відносять до важливих екологічних факторів, що впливають на усі життєво важливі процеси в організмах. Вплив

електромагнітних полів на біологічні системи відбувається як через зміни у метаболізмі, так і через зміни специфічної та неспецифічної реактивності мікроорганізмів [46,47]. Однак питання про конкретні структури, які сприймають електромагнітні поля досі є відкритим [48].

Вважають, що іони кальцію відіграють одну з ключових ролей у посиленні електромагнітних сигналів, можливо, за рахунок висококооперативних конформаційних змін у зв'язуванні з поверхневими глікопротеїдами, а білкові молекули, які пронизують клітинну мембрану, утворюють "шляхи" для передачі сигналів та енергії. Ще на початку досліджень біологічних ефектів дії слабких електромагнітних полів на прикладі еукаріотичного організму *Paramecium tetraurelia* було показано, що дія пульсуючого електромагнітного поля 72 Гц збільшує швидкість поділу клітин на 8,5 %, в той час як верапаміл, блокатор кальцієвих каналів, знімав ефект електромагнітного поля.

Ліпідні компоненти мембран є дуже лабільними та змінними в залежності від дії різнобічних факторів. Припускають [46,47] що ліпідні плівки у біологічних мембранах за своєю фізичною структурою є рідкими кристалами і вплив електромагнітних полів на ці структури може викликати зсуви в мембранах та порушувати функції клітини в цілому. Не виключено, що під дією електромагнітного поля в першу чергу змінюється пружність вуглеводних ланцюгів жирних кислот.

Електромагнітне поле здатне впливати на конформацію мембранних та внутрішньо-клітинних білків, зменшуючи число можливих конформаційних підструктур білку у напрямку стану рівноваги, що може посилювати денатурацію. Однак у деяких роботах відмічено зростання активності білків-ферментів (наприклад, інулінази *Kluveromyces fragilis* на 23 % під впливом пульсуючого електромагнітного поля (94 Гц, 2 год.), та РНК-полімерази *E. coli* в присутності магнітного поля), що не відповідає денатуруючій дії електромагнітного поля, та слід зазначити, що у цих випадках паралельно

відмічали й посилення транскрипції генів, які відповідають за синтез вказаних ферментів та збільшення рівня мРНК у клітинах. Слід зазначити, що при цьому активування функцій ферментів може бути пов'язане із збільшенням їхньої кількості у клітині, тобто бути не прямим, а опосередкованим наслідком активації транскрипційних процесів під дією електромагнітного поля.

Здатність магнітного поля впливати на протікання хімічних реакцій (магнітохімічні ефекти) вивчається вже більше 20-ти років. Вважають, що магнітохімічні ефекти виникають внаслідок змін у ефективності рекомбінації пар вільних радикалів у розчині і в активних центрах ферментів. Ціла низка ефектів електромагнітних полів на клітинні ферменти стосується впливу на активність орнітиндекарбоксилази, К-АТФази, лінкінази, цитохром-С-оксидази, етаноламінаммонійліази та пероксидази. Не всі ензими є однаково чутливими до дії електромагнітних полів і ті з них, які мають у своєму складі Co, Fe, та інші іони металів зі змінною валентності виявляються більш чутливими до змін у рекомбінації пар нуклеотидів. Щонайменше дві біологічні ферментні системи (heme enzyme та B_{12} -enzyme), здатні реагувати на вплив магнітного поля сильнішого за поле, яке генерується побутовими електроприладами.

Дослідження, щодо здатності електромагнітного поля проявляти вплив на молекулярному рівні фокусуються на вивченні експресії генів під дією електромагнітного поля і особливо на рівні транскрипції. Більша частина робіт, нажаль, проведена з використанням культур клітин людини або ж інших ссавців (мишей, кролів) і лише незначна кількість досліджень проведена на мікроорганізмах. Відмічено підсилення транскрипції в екстрактах клітин *E. coli*, що мають плазмиду з геном *gyrB* субдиниці ДНК-гірази в присутності синусоїдального магнітного поля (45 Гц, 1.1 мТл, 1–7 хв). На прикладі дріжджів сахароміцетів відмічено індукцію та репресію деяких генів (серед яких гени теплового шоку) у відповідь на опромінювання

низькочастотним (50 Гц) електромагнітним полем. Виділяють декілька груп генів, які є найбільш важливими для формування клітинної відповіді на дію електромагнітного поля: стрес-індуковані гени, ранні гени і гени, чутливі до змін у концентрації кальцію, а також нові гени (*novel genes*).

На сьогодні зібрано доволі багато даних, які демонструють мутагенний характер дії електромагнітних полів: одно-ланцюгові (*single-strand*) розриви ДНК та збільшення хромосомних аберацій. Показано також значне пригнічення синтезу та репараційних процесів ДНК під дією слабких електромагнітних полів (100Гц та 50Гц, відповідно). Слід зазначити, що є дані щодо відсутності мутагенних ефектів дії електромагнітних полів, зокрема, мікрохвильового діапазону частот (900 МГц) на дріжджі *S. cerevisiae*.

Як правило дослідники спостерігають швидкоплинне стимулювання або пригнічення окремих процесів, що, можливо, є наслідком повернення до норми звичайних гомеостатичних механізмів клітини. І хоча зміни на рівні транскрипції відбуваються – це не відображається одразу ж у звичайних фізіологічних процесах, таких як ріст та поділ клітин [49]. Тому досить часто прояв дії електромагнітних полів залишається непоміченим або ж завуальованим ефектами, що виникають за дії інших факторів, не врахованих у дослідженні.

Відомо, що електромагнітне випромінювання в міліметровому частотному діапазоні індукує утворення активних внутрішньоклітинних метаболітів, наслідки дії яких на бактеріальні клітини представляють теоретичний і практичний інтерес.

4.5 Біологічний експеримент реакцій відповіді організму експериментальних тварин на вплив ЕМП надвисокої частоти

За результатами біологічного експерименту встановлено закономірності реакцій відповіді організму експериментальних тварин на вплив ЕМП надвисокої частоти, створюваних радіолокаторними засобами спеціального призначення, які характеризувалися односпрямованими змінами функціонального стану при вивчених варіантах режимів дії і проявлялися: зрушенням функціонального стану центральної нервової системи, що виражається у зміні балансу процесів збудження й гальмування з переважанням гальмування; змінами імунної реактивності організму з порушенням гуморальної ланки імунної системи та факторів неспецифічного захисту; порушенням біохімічного гомеостазу; змінами метаболічних процесів, які свідчать про мембранотропний ефект впливу фактора; зміною репродуктивної функції, що проявляється гонадотропним і ембріотропним ефектами [50].

Під час експонування тварин мікрохвилями, особливо при високих частотах, можуть спостерігатися порівняно великі теплові градієнти. Ці відмінності в середині організму можуть привести до помітної різниці у ступені серцевосудинних змін у результаті зміни тривалості експозиції. При порівнянні теплових та серцевосудинних ефектів експонування однієї мікрохвильової частоти з ефектами одночасного експонування двома частотами було виявлено початкове підвищення артеріального тиску з наступним зниженням та прискорення серцевих скорочень. Щури експонувалися мікрохвилями в одному з трьох режимів — 1 ГГц, 10 ГГц чи комбінацією 1 та 10 ГГц при еквівалентній питомій швидкості абсорбції для всього тіла 12 Вт/кг. Безперервне опромінення здійснювали тваринам, які знаходились у Е чи Нположенні. Опромінення починали при ректальній температурі 37,5 °С і продовжували до досягнення летальних температур. В

обох положеннях час виживання був найнижчим у тварин, експонованих 1 ГГц, середнім — комбінацією 1 та 10 ГГц та найбільшим — у групі тварин, які отримали 10 ГГц. У процесі опромінення артеріальний тиск спочатку підвищувався, потім знижувався до настання смерті. Швидкість серцевих скорочень підвищувалася протягом періоду експозиції.

При вивченні термального розподілу на серцевосудинні відповіді на тривалу експозицію щурів до 94 ГГц радіочастотного ЕМВ прослідкували зміни артеріального тиску. Під час опромінення артеріальний тиск спочатку підвищувався, потім знижувався до настання смерті. Серцевий ритм збільшувався протягом усього періоду експозиції. Структура зміни артеріального тиску та серцевого ритму при експозиції до ЕМП частотою 94 ГГц була подібною до такої при експозиції до ЕМП більш низьких частот. Досліджено характер змін двомірної частотної площини при електромагнітному впливі на тварин із використанням спектральних методів: двомірної частотної площини та електросигналу [51] (можливо моделювати характер змін електромагнітних полів чи виконати зворотне завдання, пов'язане з прогнозуванням впливу електромагнітних випромінювань на серцевосудинну систему).

Досліджено вплив електромагнітного поля на функціональний стан іонних насосів у міокарді та головному мозку щурів, інтенсивність енергообміну в цих тканинах, а також рівень перекисного окислення ліпідів у міокарді, головному мозку та клітинах крові [52]. Оцінена в'язкість мембран саркоплазматичного ретикулуму, еритроцитів та лімфоцитів та хімічний склад мембран еритроцитів. Адаптація щурів до електромагнітного поля активує роботу іонних насосів у міокарді та головному мозку. Припускається, що причиною активації Санасосу в міокарді та NaKATФази в головному мозку може бути зміна структурнофункціональних характеристик мембран унаслідок зниження вільнорадикальних процесів. Електромагнітне поле стимулювало у щурів інтенсивність процесів еритропоезу.

У тварин під впливом переривчастих електромагнітних випромінювань надвисокої частоти розвиваються реакції у вигляді посилення десинхронізації електроенцефалограми, збільшення частоти серцевих скорочень і виникає апное з подальшою зміною амплітуди та частоти дихання [53]. Дані дослідження серцевого ритму щурів, які потрапили під низькоінтенсивне опромінення електромагнітними хвилями, дозволяють зробити висновок про вплив міліметрових хвиль на регуляцію серцевого ритму за рахунок централізації управління й активації симпатичної ланки нервової системи [54].

Досліджували вплив адаптації щурів до електромагнітного поля на функціональний стан Санасосу саркоплазматичного ретикулуму, інтенсивність перекисного окислення ліпідів та енергообмін міокарда. Процес адаптації не змінює швидкості ендogenous дихання, але збільшує взаємозв'язок між каталітичною активністю та Сатранспортуючою здатністю Санасосу.

Проводилися дослідження ефекту субрезонансного мікрохвильового випромінювання (частота 350 МГц, Еорієнтація, щільність 38 мВт/см²) на фізіологічні показники [55]. Збільшення температури тіла під час експозиції було вище, ніж у дослідженнях, що проходили при резонансному випромінюванні (700 МГц). Серцевий ритм та середній артеріальний тиск значно підвищувалися при збільшенні температури в прямій кишці на 1 °С унаслідок субрезонансної мікрохвильової експозиції. Не виявлено значних змін дихання.

Експонування 50, 500 та 1000 імпульсів за секунду не викликає помітних змін швидкості серцевих скорочень та середнього артеріального тиску [56]. Короткочасний вплив ультраширокополосного електромагнітного імпульсу на весь організм не призводить до негайного негативного впливу на серцево-судинну систему анестезованих щурів.

Велика кількість досліджень була пов'язана з дією стільникових телефонів. Вивчаючи вплив мобільних засобів зв'язку на здоров'я людей, зокрема на серцевосудинну систему, не можна однозначно стверджувати про існування негативного впливу. Деякі автори заперечують негативний вплив електромагнітних випромінювань на організм людей і тварин [57]. Багаторічні дослідження досить суперечливі.

4.6 Вплив електромагнітного та електричного полів на воду

На даний час накопичено велику кількість експериментальних даних стосовно біологічної дії фізичних полів, зокрема магнітного та електричного. Однак, інтерпретація цих даних стикається із значними труднощами. Перш за все це пов'язано із складністю самих біологічних систем. В будь-якій живій клітині одночасно проходять складні біохімічні реакції, що мають додатні та від'ємні зворотні зв'язки. Багато систем клітинного регулювання мають нелінійний коливний характер. Жива клітина, як дуже нелінійна динамічна система, є чутливою до впливу як магнітних, так і електричних полів. Ряд дослідників вважає, що можливою причиною зв'язку між динамікою геомагнітних збурень і дисфункцією живих організмів є зміна магнітоелектричних властивостей як внутрішньо- і зовнішньоклітинної води, так молекул води, що входять до складу клітинних мембран.

Як відомо, вода є джерелом надслабкого і навіть слабкого електромагнітного випромінювання, змінного за інтенсивністю, напрямком та частотою. Найменш хаотичне електромагнітне випромінювання створює структурована вода. В такому випадку може відбуватися індукція відповідного електромагнітного поля, яке змінює структурно-інформаційні характеристики біологічних об'єктів. Внаслідок цього вода є дуже чутливою до дії зовнішніх джерел магнітних чи електричних полів. Інтенсивність електромагнітних полів і відповідні їм кванти енергії значно менші kT , тобто,

їх вплив повинен бути “невидимий” на фоні теплових ефектів. А оскільки він все-таки фіксується у відповідних експериментах, то дедалі частіше говорять про інформаційну функцію електромагнітних полів. Генераторами і акцепторами інформаційних хвиль всередині біооб’єктів є різні рідкокристалічні структури і внутрішньоклітинна вода, що здатна утворювати фрактальні структури. Результати експериментальних досліджень вказують на наявність резонансних параметрів електромагнітного випромінювання. Це добре узгоджується з поняттям про синергетику. Сучасний синергізм – це визнання ролі малих за енергією флуктуацій, які в складних системах можуть змінити структуру систем в точці біфуркації. До таких систем належить і вода, яка і стала об’єктом наших досліджень.

Досліди проводили наступним чином. Дистильована вода за допомогою поршневого дозатора А-2 циркулювала через електромагнітний пристрій (рис.4.6.1) протягом 2-х годин. Після цього в середовищі такої води досліджували кінетику окиснення тіоктової кислоти йодом. Згідно роботи [58] в середовищі води, яка пройшла магнітну обробку, швидкість окисно-відновних реакцій зростає. Ефективність впливу магнітного чи електричного полів на воду оцінювали за величиною ефективної константи швидкості реакції у воді, модифікованій полем (k'), порівняно зі швидкістю такої ж реакції в звичайній дистильованій воді (k).

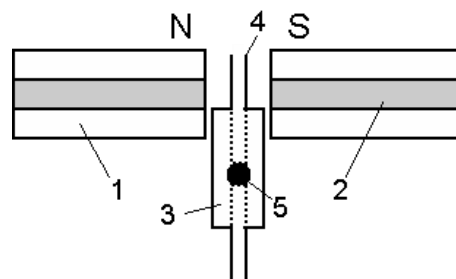


Рис.4.6.1. Схема електромагнітного пристрою

(1 – електромагнітна котушка; 2 – феромагнітний стержень; 3 – пластмасова вставка; 4 – трубка для протікання води; 5 – електроди)

В першій серії дослідів на електромагнітні котушки подавали електричний струм певної частоти, а на електроди – змінну напругу 100 В. Результати дослідів наведені на рис.: 4.6.2. При різних частотах електромагнітного поля ефект його дії на воду не однаковий, що неодноразово було відзначено в літературі [59,60]. З’явилося навіть поняття амплітудних і частотних “вікон”:

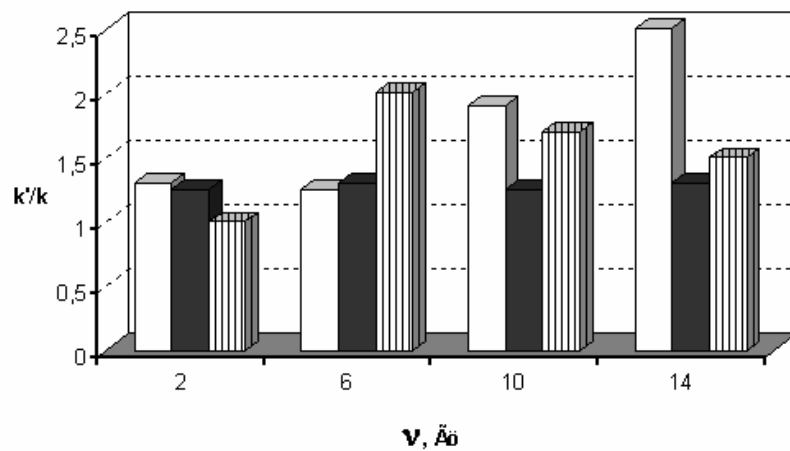


Рис.4.6.2 : Залежність відносної швидкості реакції від частоти електромагнітного поля при дії його на воду

(□ – дія самого електромагнітного поля; ■ – при одночасній дії постійного електричного поля з напругою 100 В; ▨ – при одночасній дії змінного електричного поля)

Існують такі інтервали частот та амплітуд, при яких ефекти чітко проявляються, в той час як поза цими “вікнами” вони можуть бути відсутні.

В той же час додаткова дія електричного поля дещо змінює загальну картину. В більшості випадків загальний ефект сумісного впливу вказаних полів менший, ніж при дії самого електромагнітного поля.

Це може свідчити про різні механізми елементарних актів впливу магнітного (електромагнітного) та електричного полів на воду. Хоча в даних

дослідах безпосереднього контакту електродів з водою немає і не може йти мови про електроліз, однак вплив електричного поля призводить до посилення поляризації молекули H_2O (наведені диполі) і особливо сильно позначається на процесах, в яких відбувається самодисоціація молекул води.

Досліди повторили, однак на електроди подавали постійну напругу величиною 100 В. За цих умов при всіх досліджуваних частотах ефективність сумісної дії обох полів в межах похибки дослідів практично однакова і становить 25 – 30 % . Створюється враження, що постійне електричне поле нівелює дію магнітного, або врівноважує вплив електромагнітного поля на воду.

Однією з причин збільшення швидкості хімічних реакцій у воді після дії на неї фізичних полів є зростання “структурної температури” розчину. Це може бути наслідком зменшення енергії водневих зв’язків між молекулами води. Однак, слід гадати, що механізми елементарних актів дії магнітного та електричного полів на воду суттєво відрізняються один від одного і при їх сумісній дії взаємно компенсують одне одного.

Наочніше це стало видно з наступних експериментів. Для оцінки ефективності одночасної дії на воду електромагнітного та електричного полів було вибрано частоту 14 Гц, при якій значення k'/k після дії електромагнітного поля на воду становить 2,5. В окремих дослідах на електроди подавали змінне електричне поле певної напруги. Результати подані на рис.4.6.3.

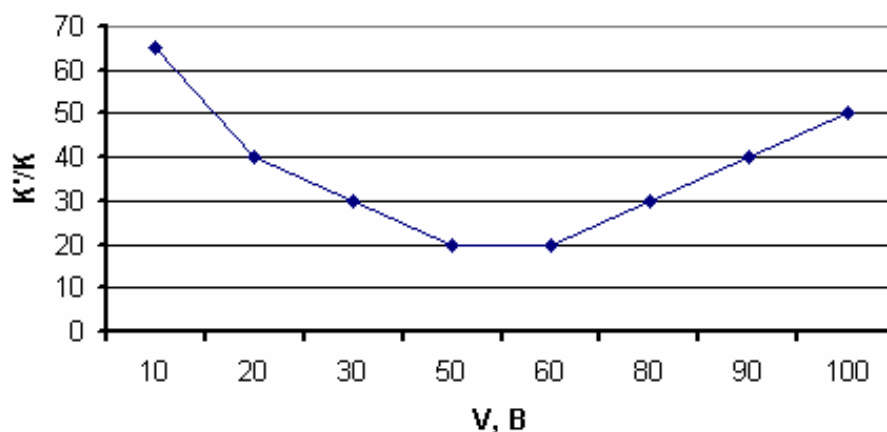


Рис.4.6.3.- Залежність відносної швидкості реакції від напруги постійного електричного поля при частоті електромагнітного поля 14 Гц

Як видно з результатів дослідів, крива залежності $k'/k \div V$ характеризується наявністю мінімуму в межах напруги на електродах 50 – 60 В. Можливо, має місце рівновага впливу електромагнітного та електричного полів на воду. При менших та більших значеннях напруги на електродах переважає дія одного з цих полів, в іншому разі сумарна дія була б набагато більшою, тобто, дія обох полів не є аддитивною.

Результати багатьох дослідів з впливу фізичних полів на воду можна до певної міри пояснити, якщо опиратися на кластерно-фрактальну модель [61], яка розглядає воду, як суміш вільних молекул і фрагментів з упорядкованою гексагональною структурою, у вершинах шестикутників якої знаходяться радикали $\text{OH}\cdot$. Наявність у води кластерної структури дозволяє допустити, що при її руйнуванні виникнуть дисоційовані елементи H^+ і $\text{OH}\cdot$. Окрім того відбувається постійний обмін між двома фазами води: вказані елементи утворюють молекулу і переходять у вільну воду, а молекули вільної води – в кластери. В той же час реакція протону H^+ на дію магнітного і електричного полів є різною. В електричному полі збільшується швидкість переміщення протону вздовж ліній поля, а магнітне поле відхиляє рух протону в сторону від магнітних силових ліній [62].

Сумісна дія магнітного (електромагнітного) і електричного полів до певної міри нагадує дію модульованого електромагнітного випромінювання, адже вид модуляції може бути різним: від амплітудної, частотної і фазової модуляції до складної.

В багатьох випадках дія модульованого електромагнітного поля при фіксованій основній частоті на різних частотах модуляції виявляє різні за величиною і напрямком впливи на одну і ту ж функціональну активність біологічної системи [63]. Оскільки вода є суттєвим компонентом практично всіх біологічних об'єктів, була проведена дуже велика робота по вивченню взаємодії електромагнітних полів з водою та системами, які її містять. Виявилось, що вода має важливу властивість – резонансно-хвильовий стан і система “водний компонент біооб’єкту – резонансні електромагнітні хвилі” відіграє особливу роль в природі. Молекулярні осцилятори водного компоненту біосередовища самосинхронізуються на резонансних частотах і можуть бути провідником резонансних електромагнітних хвиль. Оскільки біологічні системи разом з водою знаходяться в стані далекому від рівноваги, то достатньо слабкого впливу, щоб система пройшла точку біфуркації і реалізувала біологічне підсилення слабкого сигналу магнітного поля. Однак, це питання потребує подальшого дослідження.

В роботах інших авторів для розуміння процесу сприйняття і запам'ятовування водою навколишньої інформації висунута і така версія: це можуть бути, наприклад, групи молекул, віддалені один від одного на відстані не більше 33 нанометрів, які утворюють так звані "біфуркатні зв'язки", що знаходяться в нестійкому стані. При певних умовах (дія слабких фізичних полів) диссипативні структури переходять в інший динамічний режим за рахунок багатокаскадного підсилення в системах з внутрішніми зворотніми зв'язками. Великі амплітуди магнітного поля призводять до великих частот зсуву фаз, які не співпадають за порядком величини з природними частотами іонів і молекул в геомагнітному полі.

5. МЕТОДИ ЗАХИСТУ ОРГАНІЗМУ ВІД ВПЛИВУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

В загальному, методи і засоби захисту від електромагнітних полів можна умовно розділити на інженерно-технічні, організаційні та лікувально-профілактичні [64].

Згідно зі встановленою процедурою[65], захист людини від такого небезпечного впливу повинен здійснюється наступними способами:

- зменшення випромінювання від джерела;
- екранування джерела випромінювання та робочого місця;
- встановлення санітарно-захисної зони;
- поглинання або зменшення утворення зарядів статичної електрики;
- усунення зарядів статичної електрики;
- підтримання оптимальної відносної вологості (не нижче 60 %), іонного складу повітря робочих приміщень застосування засобів індивідуального захисту.

Отже, перший крок у цьому напрямку можна зробити не вдаючись до застосування спеціальних засобів захисту від електромагнітних полів та екрануючих матеріалів. Оптимально розмістіть електроприлади вдома, збільшуйте відстань від електроприладу до спального місця, видаліть штучні матеріали, зменшити навантаження, виконуйте елементарні правила техніки безпеки користування електроприладами, мобільними телефонами, засобами зв'язку. Однак цього не завжди достатньо. Якщо ж ви в групі ризику, якщо відчуваєте дискомфорт, пов'язаний з надмірним впливом ЕМВ на робочому місці чи вдома – застосування екрануючих матеріалів є життєво необхідним.

Перш ніж застосовувати будь-які засоби захисту від електромагнітних полів чи екрануючі матеріали, необхідно спершу провести дослідження використавши спеціальне обладнання. Якщо Вам самим це зробити важко з огляду на ряд причин, зверніться до спеціалістів. В Україні такі послуги

може запропонувати науково-сервісна компанія OTAVA, що успішно проводить аналіз фізичних параметрів та вимірювання рівня електромагнітного випромінювання, а також надасть рекомендації щодо виправлення ситуації.

Вплив такого фізичного явище як електромагнітне забруднення з усіма його різними специфічними проявами можна успішно зменшувати, скориставшись достовірно ефективними фізичними рішеннями та ефективними екрануючими матеріалами.

5.1 Електромагнітний моніторинг міста

Особливістю формування електромагнітної обстановки у населених пунктах є значні відмінності кількісного та якісного складу джерел електромагнітного забруднення в залежності від загальної кількості населення, роду діяльності промислових підприємств, наявності електричного транспорту, засобів бездротового зв'язку тощо. При цьому має місце певне протиріччя між забезпеченням екологічних вимог та стабільністю функціонування інфраструктури, комфортністю населення і т.ін. Тобто, розвиток електричних мереж та мереж зв'язку має певні негативні наслідки для населення. Очевидно, що стабільний стан екосистеми вимагає здійснення неперервного системного контролю стану навколишнього середовища, складовим якого є електромагнітний моніторинг. Як у побуті, так і у виробничих умовах людину оточують різноманітні технічні засоби, які генерують електромагнітні поля з різними просторово-часовими характеристиками. При цьому для одних технічних засобів генерація електромагнітних полів є наслідком їх функціонального призначення, для інших – побічним явищем. Проте в обох випадках вони є фактором електромагнітного забруднення середовища. У загальному випадку електромагнітний моніторинг складається з трьох напрямів: розрахункові методи визначення та прогнозування

електромагнітної обстановки на певній території, у окремій будівлі тощо. Найбільш ефективним методом є метод моделювання поширення та часових змін електромагнітної обстановки, який дозволяє здійснювати «накладання» полів різних частот з урахуванням гранично допустимих рівнів для кожної частоти (діапазону частот); натурні вимірювання рівнів електромагнітних полів і випромінювань різних об'єктів під час їх експлуатації; розроблення комплексу заходів та рекомендацій з поліпшення (нормалізації) електромагнітної обстановки.

Одночасне забезпечення ефективності функціонування та безпечності технічних засобів, які є джерелами електромагнітних випромінювань на окремій території та в окремому населеному пункті, є актуальною економічною задачею. Від адекватності підходів до її вирішення залежить ефективність впровадження господарських, інвестиційних та комерційних проектів, у яких зацікавлене населення. При цьому слід усвідомлювати, що досягнення повної електромагнітної безпеки принципово неможливе. Тому метою робіт з електромагнітного моніторингу та прогнозування електромагнітного навантаження на довкілля повинна бути оптимізація (раціоналізація) топології розміщення технічних засобів (в основному – радіотехнічних об'єктів) з урахуванням щільності та середньої поверховості житлової забудови, наявності зелених насаджень, водоймищ тощо. За метою та спрямованістю можна виділити такі типи електромагнітного моніторингу:

Моніторинг, який має на меті оцінювання санітарно-гігієнічних параметрів довкілля. Він регламентується чинними санітарними нормами із захисту населення від впливу електромагнітних полів та випромінювань. Його доцільно проводити на стадіях проектування об'єктів та підприємств, які є потенційними джерелами електромагнітного забруднення певної території. За результатами розрахунків та моделювання поширення випромінювань здійснюється оцінювання їх рівнів на критичних відстанях. Наприклад, усі параметри базових станцій мобільного зв'язку, що

використовуються в Україні, є відомими. Це діаграми спрямованості, азимутальні кути, потужності випромінювання тощо. Виходячи з цього, можна досить точно спрогнозувати електромагнітну обстановку у межах впливу як однієї, так і кількох станцій. Слід спростувати поширену думку про намагання операторів мобільного зв'язку розміщувати на територіях якомога більшу кількість базових станцій та підвищувати їх потужності. Розміри зони обслуговування однієї станції обумовлюються тільки необхідною якістю зв'язку. При цьому якість зв'язку визначається часом його встановлення, а не потужністю випромінювання. Усі базові станції працюють з номінальною потужністю: її підвищення призводить до нештатних режимів роботи та небажаного впливу одного випромінювача на інший. Висока вартість базових станцій та їх обслуговування обумовлює намагання усіх операторів оптимізувати схему їх розміщення.

Територіальний електромагнітний моніторинг охоплює, як правило, великі площі населених пунктів (або усю їх територію) і включає контроль за емісією великої кількості різноманітних джерел полів та випромінювань різних частотних діапазонів. При цьому враховується не тільки просторове розташування таких об'єктів (рознесення по території), а й рельєф поверхні та особливості забудови. Результатом такого моніторингу є аналіз електромагнітної обстановки з оцінювання внеску усіх джерел полів та випромінювань. Такий моніторинг дає також інформацію для оцінки (прогнозування) перспектив і можливостей розвитку електричних мереж та засобів зв'язку.

Інформаційно-орієнтований моніторинг має на меті подолання страхів і фобій у населення щодо підвищення насиченості населених пунктів різноманітними радіотехнічними об'єктами. Поінформованість громадськості про фактичні рівні електромагнітного навантаження на довкілля сприяє зниженню соціальної напруженості. Наприклад, мобільний зв'язок стабільно функціонує за потужності сигналу $0,08 \text{ мкВт/см}^2$.

Населення повинне знати, що в Україні гранично допустимий рівень випромінювання цих частот складає $2,5 \text{ мкВт/см}^2$, а у країнах Євросоюзу – 10 мкВт/см^2 .

Важливою складовою електромагнітного моніторингу є оперативний моніторинг. Його необхідність обумовлена складною динамікою електромагнітної обстановки. Вона залежить від фактичних навантажень на силову електромережу, яка значною мірою обумовлюється порою року, днем тижня тощо. При цьому слід орієнтуватися на номінальні або пікові навантаження. Це стосується засобів зв'язку, випромінювальні спроможності яких залежать від орієнтації та будівельних матеріалів споруд, атмосферних умов тощо. Оперативний контроль здійснюють як власники технічних засобів, так і уповноважені державні установи, а також органи місцевого самоврядування. Практична реалізація системи моніторингу електромагнітної обстановки у населеному пункті повинна починатися з обліку усіх джерел електромагнітних полів та випромінювань з чітким визначенням їх розташування на території. При цьому критичною (важливою) є градація цих джерел за розмірами та характером емісії. За розмірами усі джерела можна розділити на дві групи: джерела, локалізовані у просторі (засоби радіомовлення та телебачення, базові станції мобільного зв'язку, засоби керування повітряним рухом цивільної авіації, трансформаторні підстанції, відкриті розподільчі пристрої електрозабезпечення); розподілені джерела (повітряні лінії електропередач, підземні кабельні лінії, контактна мережа електротранспорту). За характером емісії доцільно розділити джерела електромагнітних полів та джерела випромінювань: джерела електромагнітних полів промислової частоти та стаціонарні магнітні поля (усе обладнання електропостачання та електричного транспорту); джерела електромагнітних випромінювань (радіотехнічні об'єкти – різного призначення). Наступним етапом є фактичне визначення інтегрального електромагнітного навантаження на довкілля. Не

дивлячись на можливість моделювання просторових розподілів полів та поширення випромінювання, виходячи з фундаментальних співвідношень електродинаміки, практична його реалізація потребує великих обсягів вихідних даних. Їх отримання можливе виключно за рахунок натурних вимірювань. При цьому абсолютно необхідні заміри у різні дні тижня та пори року. Наприклад, у вихідні дні, особливо у теплу пору року, навантаження на лінії електропередач знижується, що має наслідком кількаразове зниження рівнів магнітних полів промислової частоти. У холодну пору року, у робочі дні ситуація протилежна. Реалізація системи моніторингу потребує організації і здійснення інформаційного супроводу, тобто раціоналізації інформаційних потоків з наявністю зворотних зв'язків, підтримання бази в актуальному стані і т.ін. Загальну схему здійснення електромагнітного моніторингу наведено на рис. 5.1.1.

Пропонована схема дозволяє розв'язувати наступні задачі моніторингу:

- виявлення джерел електромагнітного впливу на довкілля;
- контроль кількісних значень електромагнітних полів та випромінювань;
- неперервне спостереження за станом довкілля і змінами, що відбуваються у ньому під впливом електромагнітного фактора;
- комплексна оцінка фактичного стану довкілля;
- прогнозування змін електромагнітної обстановки і оцінка її прогнозованого стану;
- регламентація і автоматичне реагування на несприятливі зміни (тенденції) у електромагнітному навантаженні на довкілля;
- впровадження організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітної обстановки.

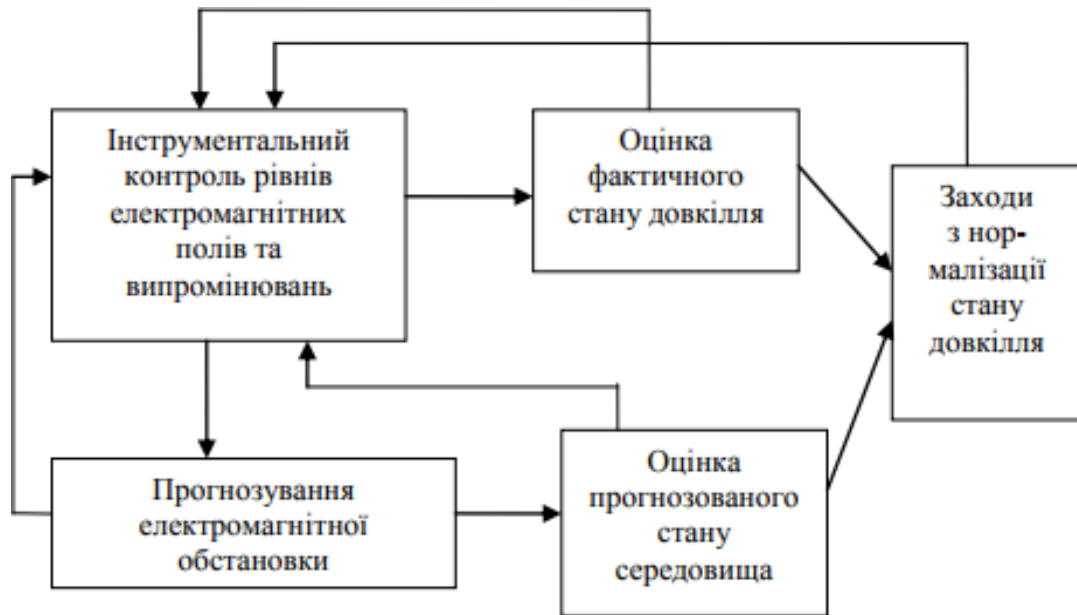


Рис. 5.1.1 – Загальна схема автоматизованої системи моніторингу електромагнітної обстановки

Як прив'язку до місцевості джерел електромагнітних полів та випромінювань, так і надання даних про рівні електромагнітного навантаження на території доцільно здійснювати з використанням геоінформаційних технологій. Необхідним уявляється проектування сучасної бази даних, за допомогою якої може здійснюватися візуалізація інформації з урахуванням динамік змін електромагнітної обстановки. Вільний доступ громадян до актуалізованих даних щодо фактичного стану довкілля, поінформованість про нормативи (національні та міжнародні) з гранично допустимих рівнів електромагнітних полів усіх частотних діапазонів сприятиме зниженню упередженості населення та розвитку міської інфраструктури. Вирішення розглянутих задач можливе тільки за умов наявності сучасного технічного та методичного забезпечення. На сьогоднішній день усі прилади для вимірювання рівнів електромагнітних полів та випромінювань, рекомендовані нормативом, технічно і морально застарілі. Фактично в усіх дослідницьких роботах, що виконуються в Україні у цьому напрямі, використовуються прилади і обладнання, які не мають

офіційного статусу, але забезпечують належний науковий рівень. Це ж стосується методик проведення електромагнітного моніторингу. Чи не єдиною вимогою під час проведення вимірювань є визначення рівнів електромагнітних полів на висоті 1,8 м від поверхні землі та унеможливлення викривлення поля присутністю людини. При цьому не враховується зміна електромагнітної обстановки з висотою над поверхнею землі, що особливо актуально для міст зі значною середньою поверховістю житлових та промислових будівель, вплив на рівень електромагнітних полів та випромінювань масивних металевих конструкцій та відбивальних поверхонь, підземних комунікацій різного призначення тощо. На нашу думку, технічна та методична складова електромагнітного моніторингу повинні бути викладені в окремому нормативному документі у формі, яка виключає різночитання та унеможливорює виникнення конфліктних ситуацій формального характеру[2].

5.2 Методи виявлення і вимірювання ЕМП

Для кожного окремо взятого випадку способи і методи вимірювання підбираються в залежності від частотності хвиль, концентрації течії енергії, інтенсивності поля, керуючись при цьому виключно Санпіном, де прописані всі умови вимірювань. Всі свідчення записуються за шкалою. Шкала електромагнітних випромінювань залежить від спектральних показників. Довжина хвилі може варіюватися від 103 метрів (радіочастотна) до декількох сантиметрів (рентген). Електромагнітне випромінювання вимірюється в гігагерц (ГГц), а довжина хвилі відповідно – в Мм (мегаметрах). Для комплексного вимірювання випромінювання необхідно брати до уваги два основних компонента: електричний; магнітний.

Експертиза може здійснюватися як в житлових, так і нежитлових приміщеннях, на виробництві, де використовуються різні верстати, і в

звичайних офісних приміщеннях. Сертифікована апаратура дозволить в найкоротші терміни виконати виміри, дати оцінку стану робочих місць. Така процедура називається атестацією робочих місць.

На підставі санітарно-епідеміологічних норм показники приладу не повинні перевищувати допустимої норми і відображати не більше 50-300 гГц. За перевищення даного показника за законом належить або доплата в грошовому еквіваленті, або робочий час повинна скорочуватись пропорційно збільшеній дозі радіації[72].

Вимірювальні прилади, часто використовувані екологічними службами (лабораторіями) при проведенні експертизи.

Найбільш затребуваними, а також більш точними приладами для вимірювання у великих масштабах вважаються ПЗ-31 і широкосмуговий вимірювач напруженості електромагнітного поля ПЗ-41.

ПЗ-31 – зиметр ступенів електромагнітних випромінювань, створений з метою вимірювання середньоквадратичних показників інтенсивності електричної і магнітної складової ЕМП (електромагнітних полів), в порядку постійного генерування, частотною, амплітудної, імпульсної модуляцій, до того ж для визначення концентрації потоку енергії при виконанні перевірки рівнів ЕМП (електромагнітних полів) відповідно з нормами Гостів і Санпіну. Прилад ПЗ-31 здатний забезпечити:

- показання усереднених результатів вимірювання поточних значень концентрації потоку енергії та інтенсивності ЕМП за останні 6 хв.;
- відбір граничних результатів вимірювання поточних значень концентрації потоку енергії ЕМП за останні 6 хв.;
- збереження в оперативній пам'яті процесора з альтернативою виведення на ПЕОМ типу РС усереднених граничних значень інтенсивності ЕМП дискретністю усереднення 6 хв., фіксованих на протязі трьох з половиною діб роботи (від 1-832 усереднених і від 1-832 граничних);
- вимірювання розташування опромінення;

- звукове інформування користувача при граничних показниках.
Основними технічними характеристиками цього зиметра є такі показники, як:
 - діапазон частот відносно електричної складової ЕМП, (коливається в межах від 0,03 до 300 мГц);
 - діапазон частот відносно магнітної складової ЕМП, (коливається в межах від 0,01 до 30 мГц);
 - для концентрації потоку енергії від 300 до 40 000 мГц.
- Діапазон вимірювання дорівнює:
- щодо електричної складової від 2 до 600 В/м;
 - відносно магнітної складової від 0,5 до 16 А/м;
 - до концентрації потоку від 0, 265 до 100 000 мкВт/см²[72].

5.3 Фізичний метод екранування

В залежності від типу поля, яке потрібно екранувати, розрізняють електростатичне, магнітостатичне та електромагнітне екранування. Є свої особливості і в залежності від екрануючого частотного діапазону.

Екранування високочастотних полів ґрунтується на двох основних фізичних властивостях –відбиванні і поглинанні електромагнітних хвиль при переході з одного середовища в інше. Обидва ці ефекти знижують енергію електромагнітної хвилі, що пройшла за екран. Найчастіше в якості матеріалу екрану використовується провідник.

Електромагнітна хвиля при взаємодії з екраном частково відбивається від його поверхні, частково проникає в стінку екрана, зазнає там поглинання, багато разів відбивається від його стінок і, в кінцевому підсумку, частково проникає в екрануючу область. При цьому всі перераховані вище процеси супроводжуються втратами енергії електромагнітної хвилі, а отже ослаблюють її дію.

Екранування низькочастотних полів має свої особливості. Тут головну роль відіграють процеси поляризації і намагніченості матеріалу екрана. Поляризація зарядів в металевій стінці екрану створює поле, що компенсує зовнішнє низькочастотне електричне поле. Оскільки рухливість електронів в металі дуже висока, то товщина стінок екрану може бути малою. Аналогічно для магнітного поля. В металевому екрані з високою провідністю магнітне поле викликає вихрові струми, які в свою чергу створюють магнітне поле, спрямоване назустріч зовнішньому та компенсує його. Товщина екрана в цьому випадку може бути досить. Тут важлива в першу чергу висока провідність матеріалу екрану [66] Для екранування низькочастотних полів використовують як правило феромагнетики з магнітною проникністю $\mu \geq 1$. У випадку екранування високочастотного поля основною вимогою є висока електропровідність.

Для оцінки ефективності дії екрануючого матеріалу використовується такий параметр як ефективність екранування (або екранне затухання) – це ступінь ослаблення складових поля (електричної або магнітної), що визначається як відношення діючих значень напруженості полів в даній точці простору при відсутності і наявності екрану. Оскільки таке логарифмічним представлення цієї величини. Вимірюється екранне затухання в децибелах (дБ). [67,68,69].

Екрануюча фарба оптимальна для захисту від електромагнітного випромінювання на частотах мобільного зв'язку, телекомунікаційних мереж, радіолокації, цифрових бездротових телефонів, ліній електропостачання. Застосовується для екранування приміщень різноманітного призначення, екранування квартир, для захисту в центрах обробки даних, технічних кімнатах, школах, дитячих садках, готельних номерах високого класу, лікарнях, студіях звукозапису і т.д.

5.4 Засоби захисту від випромінювання мобільного телефону

Кардинально знизити навантаження від випромінювання телефону можна за допомогою спеціального захисного чохла. На сьогоднішній день це найефективніший, зручне і практичне засіб захисту від випромінювання. При використанні чохла сила випромінювання, що йде в бік голови при дзвінку, зменшується більш ніж в 100 разів. Складається чохол з двох частин. Передня частина (яка відкривається) представляє з себе захисний екран з дуже високою здатністю відображати мікрохвильове випромінювання. У верхній частині екрану є вікно для проходження звуку від динаміка телефону, яке перекрито 3-ма шарами спеціального матеріалу, який легко пропускає звук, і дуже добре відображає йде в бік вуха випромінювання. Задня частина (до якої кріпиться телефон) не захищена і легко пропускає мікрохвилі, тим самим підтримує радіозв'язок. За рахунок своєї форми захисний екран формує захищений від випромінювання телефону сектор приблизно 180 град. Таким чином, якщо розташовувати телефон з чохлам екраном з себе, людина завжди буде знаходитися в захищеній від випромінювань зоні.

5.5 Заходи щодо захисту від впливу ЕП і вимоги до проведення робіт поблизу ЛЕПП

З метою захисту населення від впливу ЕП встановлюються санітарно-захисні зони.

Санітарно-захисною зоною вважається територія, на якій напруженість ЕП перевищує 1 кВ/м.

Санітарно-захисна зона для ПЛ встановлюється у вигляді земельної ділянки, межі якої регламентуються по обидві сторони від неї на певній відстані від проекції крайніх фазних проводів на землю, в перпендикулярному до ПЛ напрямку:

20 м для ПЛ напругою 300 кВ;

30 м для ПЛ напругою 500 кВ;

40 м для ПЛ напругою 750 кВ;

55 м для ПЛ напругою 1150 кВ.

Якщо напруженість ЕП перевищує ГДР необхідно вжити заходи щодо її зниження. У місцях можливого перебування людини напруженість ЕП може бути зменшена шляхом:

- віддалення житлової забудови від ПЛ або ПЛ від житлової забудови;
- застосування екрануючих пристроїв та інших засобів зниження напруженості ЕП[21].

6. ЗАКОННО-НОРМАТИВНІ ЗОНИ РОЗМІЩЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

До джерел електромагнітного випромінювання в населених пунктах належать радіо-, телевізійні і радіолокаційні станції різного призначення, що працюють в смузі радіочастот, а також мережа ліній електропередачі, яка складається з повітряних високовольтних ліній електропередачі та електричних підстанцій. До складу підстанцій можуть входити: розподільні пристрої, перетворювачі електроенергії, трансформатори, випрямлячі та інші пристрої і споруди.

Санітарні норми і правила, які містять як норми, так і основні положення гігієнічних вимог до засобів випромінювання разом з методичними вказівками до них, дозволяють регламентувати умови експлуатації і розміщення засобів випромінювання відносно житлової забудови і тим самим забезпечити охорону здоров'я населення від впливу електромагнітних полів (далі - ЕМП), що виникають у навколишньому середовищі.

6.1 Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних полів, що створюються радіотехнічними об'єктами

Санітарні норми і правила захисту населення від впливу ЕМП, що створюються радіотехнічними об'єктами визначають гігієнічні вимоги до передавальних радіо-, телевізійних станцій та інших об'єктів, які випромінюють електромагнітну енергію в навколишнє середовище. Правила поширюються на існуючу житлову забудову, забудову, що проектується і споруджується, окремі житлові, громадські і виробничі будинки різного відомчого підпорядкування, місця масового відпочинку населення, які

розміщуються в районах розташування як діючих РТО, так і тих, що проєктуються і споруджуються.

При недотриманні Правил можуть створюватись умови, при яких населення зазнає шкідливого впливу ЕМП. З метою попередження шкідливого впливу ЕМП радіочастот встановлюються їх ГДР і гігієнічні вимоги до розміщення РТО і територій, призначених для забудови. Основні положення цих вимог викладені в Правилах. Встановлювані Правилами гранично допустимі рівні, надалі ГДР, ЕМП поширюються на діапазон частот 30 кГц - 300 ГГц[21].

6.2 Розрахунок гранично допустимих рівнів ЕМП

Розглянемо модель розрахунків гранично допустимих рівнів електромагнітного поля, які створюють телевізійні і радіостанції.

Граничнодопустимі рівні ЕМП, які створюють телевізійні і радіостанції в діапазоні частот від 48 до 1000 МГц, визначаються за формулою

$$E_{ГДР} = 21 \times f^{-0.37}, \quad (6.2.1)$$

де $E_{ГДР}$ - граничнодопустимий рівень (ГДР) ЕМП (електричної складової електромагнітного поля), В/м;

f - несуча частота оцінюваного каналу зображення або звукового супроводу, МГц.

Розрахунки електричної складової електромагнітного поля, що створюється кожною з антен, проводяться за формулою

$$E = \frac{\sqrt{30 \times P \times G \times \eta}}{R} \times K_{\Phi} \times F(\varphi) \times F(\alpha) \times K_2, \quad (6.2.2)$$

де P - потужність на вході фідерного тракту, Вт;

G - коефіцієнт підсилення антени відносно ізотропного

випромінювача;

η - коефіцієнт втрат в антенно-фідерному тракті;

R - відстань від геометричного центру антени до розрахункової точки;

K_f - коефіцієнт, що враховує вплив відбиваючих поверхонь в умовах міської забудови (прийнято $K_f=1,25$);

$F(\varphi)$ - значення нормованої діаграми спрямованості антени у вертикальній площині. Для антени, для якої проводиться розрахунок, і для антен, вплив яких враховується, $F(\varphi)$ визначається на підставі діаграми спрямованості у вертикальній площині відповідних антен;

$F(\alpha)$ - значення нормованої діаграми спрямованості антени в горизонтальній площині. Для антени, для якої проводиться розрахунок, $F(\alpha) = 1$. Для антен, вплив яких враховується, $F(\alpha)$ визначається на підставі діаграми спрямованості у горизонтальній площині;

K_Γ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність діаграми спрямованості антени в горизонтальній площині (прийнято $K_\Gamma=1,0$).

Густина потоку енергії, що створює антена, визначається за формулою

$$ГПЕ = E^2/3,77 \quad (6.2.3)$$

За наявності кількох джерел випромінювання, які працюють у радіочастотних діапазонах 5-8, наведених у таблиці, і мають однаковий ГДР, напруженість ЕМП, що створюється всіма джерелами на межі санітарно-захисної зони, повинна відповідати такій вимозі:

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^n (E_i)^2} = E_{здр}, \quad (6.2.4)$$

де E_i - напруженість електричного поля, створюваного i -антеною;

$E_{\text{ГДР}}$ - граничнодопустиме значення напруженості поля для всіх антен цього діапазону.

За наявності кількох джерел випромінювання, які працюють у радіочастотних діапазонах 9-11, наведених у таблиці, і мають однаковий ГДР, поверхнева густина потоку енергії, що створюється всіма джерелами на межі санітарно-захисної зони, повинна відповідати такій вимозі:

$$\Gamma ПЕ = \sum_{i=1}^n \Gamma ПЕ_i = \Gamma ПЕ_{\text{ГДР}}, \quad (6.2.5)$$

де $\Gamma ПЕ_i$ - густина потоку енергії, створюваного i -антеною;

$\Gamma ПЕ_{\text{ГДР}}$ - граничнодопустиме значення густини потоку енергії для всіх антен цього діапазону.

За наявності кількох джерел випромінювання, які працюють у радіочастотних діапазонах 5-11, наведених у таблиці, і мають різні ГДР, відносний рівень ЕМП, що створюється всіма джерелами на межі санітарно-захисної зони, повинен відповідати такій вимозі:

$$S_{\text{відн}} = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{E_i}{E_{\text{ГДР}i}} \right)^2 + \frac{\Gamma ПЕ_i}{\Gamma ПЕ_{\text{ГДР}i}} \right) = 1; \quad (6.2.6)$$

де E_i - напруженість електричного поля, створюваного i -антеною;

$E_{\text{ГДР}i}$ - граничнодопустиме значення напруженості поля для цього діапазону;

$\Gamma ПЕ_i$ - густина потоку енергії, створюваного i -антеною;

$\Gamma ПЕ_{\text{ГДР}i}$ - граничнодопустиме значення густини потоку енергії для цього діапазону.

За результатами розрахунку розподілу рівнів електромагнітного поля референс-центри електромагнітних полів та інших фізичних факторів надають рекомендації щодо зміни технічної конфігурації радіотехнічного

об'єкта з метою приведення електромагнітної ситуації на прилеглій території у відповідність до вимог[70].

6.3 Розміщення будинків і споруд в зоні обмеження забудови

Територію зони обмеження забудови дозволяється використовувати для розміщення забудови різного функціонального призначення при умові дотримання в місцях перебування населення ГДР відповідно до вимог, визначених Правилами.

З цією метою в існуючій чи проектованій забудові необхідно взяти захисні заходи, які забезпечують зниження рівня ЕМП до нормативних значень з урахуванням можливих перевипромінювань.

У зоні обмеження забудови будівлі лікувально-профілактичних установ зі стаціонарами, оздоровчих, дитячих дошкільних і шкільних закладів, будинків інвалідів і престарілих потрібно розміщувати на ділянках території, де створюється радіотінь.

При розробці проекту планування і забудови в зоні обмеження забудови проектна організація повинна передбачити заходи щодо зниження в житлових, громадських та інших будинках рівнів ЕМП, створюваного за рахунок перевипромінювачів, якими є металеві конструкції. Рівень ЕМП при цьому не повинен перевищувати нормативні значення, встановлені визначеними Правилами.

При розміщенні об'єктів громадського будівництва в зоні обмеження забудови слід враховувати можливість зниження рівня ЕМП на майданчиках відпочинку та спорту за рахунок екрануючого ефекту будинків і споруд, а в приміщеннях - за рахунок розташування житлових, громадських і промислових будинків торцем або фасадом з якнайменшою площею заклення до джерела ЕМП. При необхідності розташування будинків фасадом до джерела можна використовувати будинки галерейного типу,

орієнтовані житловими приміщеннями у бік, протилежний від джерела випромінювання.

При проектуванні забудови в зоні обмеження забудови необхідно передбачати густоту житлового фонду за нижньою межею будівничих норм і правил.

У зоні обмеження забудови рекомендується передбачати спорудження огорожувальних конструкцій і покрівель житлових, громадських і промислових будинків із матеріалів з високими радіоекрануючими властивостями (наприклад, із залізобетону), або з покриттям заземленою металевією сіткою. Крім того, слід враховувати можливість застосування захисних стінок, піддашся, глибоких лоджій тощо.

Територія зони обмеження забудови повинна бути озеленена, площа твердого покриття проїздів, тротуарів і пішохідних доріжок - мінімальною. Перевагу слід надавати піщаним, ґрунтовим або гравійно-щебеним покриттям[71].

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день актуальність радіаційної безпеки займає перше місце. Проблема негативного впливу іонізуючої радіації є досить ретельно вивченою головною. Набагато менш детально досліджена тема впливу електромагнітного випромінювання, особливо того, що пов'язане із впливом комунікаційних мереж. Після аналізу останньої проблеми, в роботі зроблено висновки про те що, як і у випадку іонізуючого випромінювання, для послідовного аналізу впливу електромагнітного фактору мають бути введені поняття накопичувальної, еквівалентної, поглинаючої та інших доз енергії, розроблені допустимі дози опромінювання та обґрунтована система методів захисту від нього. Розглянута в роботі проблема впливу електромагнітного фактору телекомунікаційних мереж створює таким чином вагомий вплив на навколишнє середовище та його головну складову – людину.

Як відомо, задача телекомунікаційних мереж полягає у якісній передачі цифрових сигналів від передавального радіорелейного пристрою до прийому. В роботі зроблено висновок про наявність протилежної риси, а саме, впливу телекомунікаційних (бездротових) систем на навколишнє середовище та його складові. Результати дослідження непрямого енергетичного ефекту дуже чутливі до умов експлуатації та модельних припущень, які зазвичай висуваються при регламентації застосувань відповідних інженерних систем. Проаналізовані феноменологічні відомості про те, що електромагнітне випромінювання, яке пов'язане із функціонуванням телекомунікаційних мереж, викликає помітні проблеми зі здоров'ям людей, особливо тих, які мешкають в безпосередній близькості від антен-передавачів.

У даній роботі зібрані та проаналізовані медичні показники наслідків електромагнітного випромінювання. Звернено увагу на те, що електромагнітні хвилі різної частоти можуть по різному впливати на живі

організми, як на клітинному, так і на функціональному (на рівні життєвих органів) рівні.

1. По аналогії з дослідженнями радіаційної безпеки мають бути безпосередньо розроблені критерії, стандарти та регламенти урахування впливу електромагнітного випромінювання на біологічні об'єкти (головним чином – на людину). Такі стандарти мають базуватися головним чином (але не тільки) на понятті еквівалентної (накопичувальної) дози ЕМВ та інших (біологічних) параметрів, які сумісні з безпечним існуванням людини.

2. У нормативно-правових документах мають бути скореговані з урахуванням впливу накопичуваної дози електромагнітного опромінення гранично допустимі відстані від помешкань при спорудженні будинків, встановлення антен та інших пристроїв телекомунікаційних мереж. Також мають бути скореговані відповідні захисні зони. Вищеприведений перелік відповідає мінімальним заходам із захисту. Також на цьому шляху необхідно терміново розробити регулюючі акти, які забороняли випускати технічні прилади (або технічне маніпулювання та експлуатацію) з перевищенням над допустимим рівнем енергії випромінювання. Наприклад, деякі види мобільного зв'язку мають потрапити під заборону в разі наявності конструктивних особливостей, які не відповідають нормами убезпечення людини.

3. Наочні дані щодо діючих параметрів сучасних телекомунікаційних мереж відповідних об'єктів галузі повинні бути у відкритому доступі для громадських організацій з метою громадянського аудиту і незалежної експертизи громадян. Це дозволить знизити як упередженість людей щодо впливу на них електромагнітних полів, так і тиск корпоративного інтересу розробників та власників мереж і має сприяти розвитку новітніх, екологічно чистих та енергетично-низькоємних технологій в галузі створення та експлуатації телекомунікаційних мереж у здоровому балансі із убезпеченням людини.

Дослідження впливу високочастотного електромагнітного випромінювання на організм людини залишається актуальною і далекою від остаточного вирішення багатопараметричною проблемою сучасної науки (фізики, біології, медицини, правових наук). Проведені дослідження вказують на те, що діючі санітарно-гігієнічні норми щодо гранично припустимих рівнів електромагнітного опромінювання враховують не всі фактори впливу (зокрема – накопичувальної дози, біологічної нееквівалентності видів, та ін.) і потребують доповнення та уточнення для забезпечення екологічної безпеки в цілому та убезпечення людини, зокрема.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. М.В. Курик./Електромагнітні поля комп'ютера і дитина./Теле- та радіожурналістика. Вип. 8. С. 80–91. р.2009
2. О.І. Запорожець, Л.О. Левченко./Засади електромагнітного моніторингу міста в умовах підвищення електромагнітного навантаження на довкілля./ Екологічна безпека та природокористування, № 1(17), 2015.
3. Е.Н. Вайнер./ Валеологія: Посібник для вузів. /Наука, 2001. – 416 с.
4. М.В.Курик./ "Електромагнітний смог – техногенний вірус смерті Природи ХХІ віку"./ Электронный журнал «Физическая экология человека».Ноя 2013.
5. А.Г Ветошкін./ Теоретичні основи захисту навколишнього середовища. Спектр електромагнітних випромінювань техносфери./ р. 2008.- 400с.
6. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. /Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.
7. Джигирей В.С., Сторожук. В.М., Яцюк Р.А. /Основи екології та охорони навколишнього природного середовища. Львів, Афіша. 2000 — 272 с.
8. С.О. Апостолюк, В.С. Джигирей, І.А. Соколовський та ін. /Промислова екологія: навчальний посібник / Вид.: Знання. р, 2012. — 430 с.
9. Закон України Про телекомунікації (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2004, N 12, ст.155)(Із змінами, внесеними згідно із Законом N 1876-IV (1876-15) від 24.06.2004).
10. М . І. Кирик., В. І. Романчук. /Технології телекомунікаційних мереж / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". р. 2012. – 152 с.
11. І. В. Горбатий, А. П. Бондарєв ./Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2016. – 336 с

12. І. А. Климишина , А. О. Корсунь./ Антена .Астрономічний енциклопедичний словник . — Львів : Голов. астроном. обсерваторія НАН України : Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2003. — С. 22.
13. Гл. ред. А. М. Прохоров /Фізика. Великий енциклопедичний словник — 4-е вид. — М.: 1999. — С. 874—876.
14. Технічна енциклопедія Tech Trend. Проникнення - електромагнітна енергія. / Електронний ресурс: <http://techtrend.com.ua>
15. О.І.Антюфєєва, Л.В.Батюк, М.А.Бондаренко та ін.; за ред. В.Г.Кнігавка. /Медична та біологічна фізика: підручник для студентів медичних ВНЗ / Харків: ХНМУ, 2010. – 370 с.
16. . В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, О. В. Мельников./ Основи охорони праці.— Вид. 2-е, стереотипне. — Львів: Афіша, 2000. — 348 с.
17. Мягченко О. П./ Безпека життєдіяльності людини та суспільства : навч. посіб. / – Київ : Центр учбової літератури, 2010. – 384 с.
18. В.Сиротюк, В. Баштовий./ Фізика. Харків, «Сиція», р.2011- 304с.
19. М.В.Курик./ Мобільний зв'язок і людина. День. №62, (2009).
20. Москальова В.М./ Основи охорони праці: Підручник. - К.: ВД "Професіонал", 2005. - 672с.
21. Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення". Наказ №239: "Про затвердження державних санітарних правил та норм" від 01.08.1996
22. Гайдаєв Ю.М., Коваленко В.М., Корнацький В.М. /Стан здоров'я населення України та забезпечення надання медичної допомоги (аналітично-статистичний посібник). — К., 2007. — С. 17.
23. Евстафьев В.Н., Скиба А.В., Шейн С.В./ Электромагнитные излучения на транспорте как гигиеническая проблема // Актуальные проблемы транспортной медицины. — 2000. — № 1. — С. 85-91
24. Думанський Ю.Д., Нікітіна Н.Г., Думанський В.Ю., Біткін С.В., Галак С.С. /Електромагнітне забруднення навколишнього середовища — медико-

- профілактична проблема // V Международный симпозиум «Актуальные проблемы биофизической медицины». — 2007.
25. Casazza M., Reali D. Campi elettromagnetici e salute: Percorso bibliografico di studi e ricerche nel tempo e nello spazio // *Ru. ital. ig.* — 2001. — 61. — № 3–4. — P. 357-365.
26. Офіційний вісник України. — 2003. — № 12. — С. 179-192.
27. Свіщенко Є.П., Багрій А.Е., Єна Л.М., Коваленко В.М., Коваль С.М., Мелліна І.М., Полівода С.М., Сіренко Ю.М., Смірнова І.П. Рекомендації Української асоціації кардіологів з профілактики та лікування артеріальної гіпертензії // *Здоров'я України.* — 2005. — № 120.
28. Волобуев А.Н. Курс медицинской и биологической физики: Для студентов, аспирантов и врачей. — М., 2002. — С. 278-289.
29. Герасимов О.І., Кравчук В.В.; Технології захисту елементів навколишнього середовища від фізичних забруднень, які створюються комунікаційними мережами.; //Матеріали XVI наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ (10 травня, 2017).
30. O.I. Gerasymov, A.Ya. Spivak, M.M. Khudyntsev, V.V. Kravchuk, A.V. Horyslavets, Toward the telecommunication impact onto environment. //VI Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2017), м. Вінниця, 20-22 вересня, 2017 : збірник наукових праць. – Вінниця : ВНТУ, 2017.-С.173.
30. Mann K., Röschke J., Connemann B., Beta H. No Effects of Pulsed High Frequency Electromagnetic Fields on Heart Rate Variability during Human Sleep // *Neuropsychobiology.* — 1998. — Vol. 38. — P. 251-256.
31. Шумаков В.О. Сучасні тенденції щодо зміни структури захворюваності і смертності від серцево-судинних захворювань // *Нова медицина.* — 2002. — № 3. — С. 39-40.

32. Krawczyk A., Plawiakmowna A., Miaskowski A. Badania Rfrdioimplantow w polu electromagnetyczmyн w srodowisku pacy // Prz. Elektrotechn. — 2005. — Vol. 81, № 12. — С. 28-30.
33. Зубкова С.М. Кальцийсвязывающая способность мембран кардиомиоцитов при локальных воздействиях сверхвысокочастотных электромагнитных излучениях // 2-й съезд биофизиков России. Москва, 23–27 авг. 1999: Тез. докл. — М., 1999. — С. 787-788.
34. Wolke S., Neibig U., Elsner R., Gollnick F., Meyer R. Calcium homeostasis of isolated heart muscle cells exposed to pulsed high-frequency electromagnetic fields // Bioelectromagnetics. — 1996. — Vol. 17. — P.144-153.
35. Русин М.Н., Футхутдинова Л.М. // Медицина труда и промышленная экология. — 2001. — № 11. — С. 5-9.
36. Tabor Z., Michalski J., Rokita E. Influence of 50 Hz magnetic field on human heart rate variability: linear and nonlinear analysis // Bioelectromagnetics. — 2004. — Vol. 25. — P. 474-480.
37. Ghione S., Del Seppia C., Mezzasalma L., Emdin M., Luschi P. Human head exposure to a 37 Hz electromagnetic field: effects on blood pressure, somatosensory perception, and related parameters // Bioelectromagnetics. — 2004. — Vol. 25. — P. 167-175.
38. Omura Y., Losco B.M., Takeshige C. Non-invasive evaluation of the effects of opening & closing of eyes, and of exposure to a minute light beam, as well as to electrical or magnetic field on the melatonin, serotonin, & other neuro-transmitters of human pineal gland representation areas & the heart // Acupunct. Electrother. Res. — 1993. — Vol. 18. — P. 125-151.
39. Головачева Т.В., Афанасьева Т.Н., Паршина С.С., Карченлова Е.В., Ляльченко И.Ф., Лукьянов В.Ф., Петрова В.Д., Ушаков Ю.В., Старостина Н.В. Актуальные вопросы и особенности применения электромагнитного излучения ММ-диапазона у больных с сердечно-сосудистой патологией // Биомед. технол. и радиоэлектрон. — 2002. — № 1. — С. 13-18.

40. Жерносекова І. В. Мінливість продуцента літичних ферментів *Streptomyces recifensis* var. *lyticus* та його селекція : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.07 «Мікробіологія» / І. В. Жерносекова – К., 2002. – 20 с.
41. Тодосійчук Т. С. Розробка технології гідролітичного ферментного препарату циторецифен: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 03.00.20 «Біотехнологія» / Т. С. Тодосійчук – К., 2000. – 25 с
42. Induction, screening and identification of *Coniothyrium minitans* mutants with enhanced p-glucanase activity [Zantinge J. L., Huang H. C., Cheng K.-J. et al.] // *Enzyme and Microbial Technology*. – 2003. – 32, N 2. – P. 224–230.
43. Влияние магнитных полей на фазы роста и кислотообразующую способность молочно-кислых бактерий [Алавердян Ж. Р., Акопян Л. Г., Иарян Л. М., Айрапетян Е. Н.] // *Микробиология*. – 1996. – 65, № 2. – С. 241–244.
44. Влияние электромагнитных волн СВЧ-диапазона на некоторые виды актиномицетов [Лихачева А. А., Лукьянова А. А., Тамбиев А. Х., Зенова Г. М.] // *Пробл. экол. и физиол. микроорганизмов: к 110-летию проф. Успенского Е. Е.* Науч. конф. 21 дек., 1999. Москва МГУ. – М., 2000. – С. 70.
45. Воздействие СВЧ-излучения на клетки микроорганизмов и некоторые предположения о его механизме [Лихачева А. А., Лукьянова А. А., Зенова Г. М.] // *Матер. междунар. науч. конф. «Автотрофные микроорганизмы», посвящ. 75-летию акад. Кондратьевой Е. Н., Москва, 13-15 дек. 2000 г.* – М., 2000. – С. 115–116.
46. Влияние электромагнитных полей сантиметрового диапазона на клетки *Salmonella typhimurium* [Даниленко И. И., Мирутенко В. И., Ковальчук В. К. и др.] // *Электронная обработка материалов*. – 1985. – № 5 – С. 81–83.
47. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на клетки *Salmonella typhimurium* [Даниленко И. И., Мирутенко В. И., Сониль А. В. и др.] // *Электронная обработка материалов*. – 1985. – № 6. – С. 55-57.

48. Геращенко С. И. Основы лечебного применения электромагнитных полей микроволнового диапазона / С. И. Геращенко. – К.: Радуга, 1997. – 223 с.
49. Девятков Н. Д. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
50. Тихонов М.Н., Довгуша В.В. Электромагнитная безопасность: постижение реальности // МОСТ, 2001. — № 48. — С. 47-49, 50.
51. Филист С.А., Авилова И.А., Солодихин П.Б. Использование двумерной частотной плоскости электрокардиосигнала для исследования слабых электромагнитных полей на сердечно-сосудистую систему // Сб. мат-лов 4-й Междунар. конф. «Распознавание-99». — Курск, 20–22 окт. 1999. — С. 154-158.
52. Шелупанов А.А., Федотов Н.М., Кирдяшкин Д.А. Физико-математическая модель распространения теплоты и расчет температурного профиля в сердечной ткани при радиочастотной абляции // Инф. технол. — 2005. — № 2. — С. 58-72.
53. Шумаков В.О. Сучасні тенденції щодо зміни структури захворюваності і смертності від серцево-судинних захворювань // Нова медицина. — 2002. — № 3. — С. 39-40.
54. Ahamed V.I., Karthick N.G., Joseph P.K. Effect of mobile phone radiation on heart rate variability // Comput. Biol. Med. — 2008. — Vol. 38. — P. 709-712
55. Krawczyk A., Plawiakmowna A., Miaskowski A. Badania Rfrdioimplantow w polu electromagnetyczmyн w srodowisku pacy // Prz. Elektrotechn. — 2005. — Vol. 81, № 12. — С. 28-30.
56. Bortkiewicz A., Zmyslony M., Szykowzka A., Gadzicka E. Stacje basowe telefonii Komorkowej a subiektywne dolegliwosce mieszkancow-przeglad badan // Med. pr. — 2004. — 55. — № 4. — P. 345-351.

57. Casazza M., Reali D. Campi elettromagnetici e salute: Percorso bibliografico di studi e ricerche nel tempo e nello spazio // *Ru. ital. ig.* — 2001. — 61. — № 3–4. — P. 357-365.
58. Баран Б.А. Влияние магнитного поля на кинетику химических реакций // *Укр. хим. журнал.* — 1998. — Т.64, №4. — С. 26-29.
59. Леднёв В.В. Биоэффекты слабых комбинированных постоянных и переменных магнитных полей. // *Биофизика.* — 1996. — Т.41. — С.224 – 234.
60. Петросян В.И., Сеницын Н.И., Елкин В.А., Башкатов О.В. Взаимодействие водосодержащих сред с магнитным полем. // *Биомедицинская радиоэлектроника.* — 2000. - №2. — С.10 – 17.
61. Головин Н.И., Курик М.В. Влияние геомагнитного поля на питьевую воду. // *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника.* — 2001. - №8. — С.32 – 34.
62. Антонченко В.Я. Микроскопическая теория воды в порах мембран. — К.: Наукова думка, 1983. — С.139 – 142.
63. Гапеев А.Б., Чемерис Н.К. Действие непрерывного и модулированного ЭМИ КВЧ на клетки животных. Часть VI. Биологические эффекты модулированных электромагнитных излучений. // *ВНМТ.* — 1999. — Т.2. — С.29 – 37.
64. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты. В. А. Богуш . Бестпринт.- 406с.- 2003
65. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Никифоров Л.Л., Персиянов В.В.. Дашков и К, 2013 г. 494 с.
66. Защитные экраны и поглотители электромагнитных волн. О.С. Островский, Е.Н. Одаренко, А.А. Шматько ФІП ФІП PSE, 2003, том 1, № 2, vol. 1, No. 2 с.161-173.
67. Физические принципы экранирования: электронный ресурс :http://neo-chaos.narod.ru/useful/emc/screening_physical.pdf
68. D.D.L. Chung. Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon

- materials. Carbon/ 39/ (2001) /279 285
69. The Basic Principles of Shielding. Written by Gary Fenical, Laird Technologies.
70. Закон України " Про затвердження Методики розрахунку розподілу рівнів електромагнітного поля"/ Електронний ресурс: <http://zakon3.rada.gov.ua>
71. Закон України "Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів"/ Електронний ресурс: <http://zakon3.rada.gov.ua>
72. Прилад для вимірювання електромагнітного випромінювання і поля/
Електронний ресурс: <http://diagnoz03.in.ua/otrueynnya/prilad-dlia-vimiruvannia-elektromagnitnogo-viprominuvannia-i-polia.html>