

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ  
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО

Кафедра екології та біології

Сапожнікова Ольга Константинівна

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Вплив електромагнітного випромінювання  
на живі організми»

*на здобуття кваліфікації магістра за спеціальністю*

8. \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ "

Науковий керівник:

д.с.-г.н., професор Параняк Роман Петрович

Львів – 2016

○ Мета роботи:

вивчити вплив електромагнітного поля на живі організми у діапазоні частот, що є основними у електромагнітному забрудненні Львівської області

○ Об'єкт дослідження:

електромагнітне випромінювання

○ Предмет дослідження:

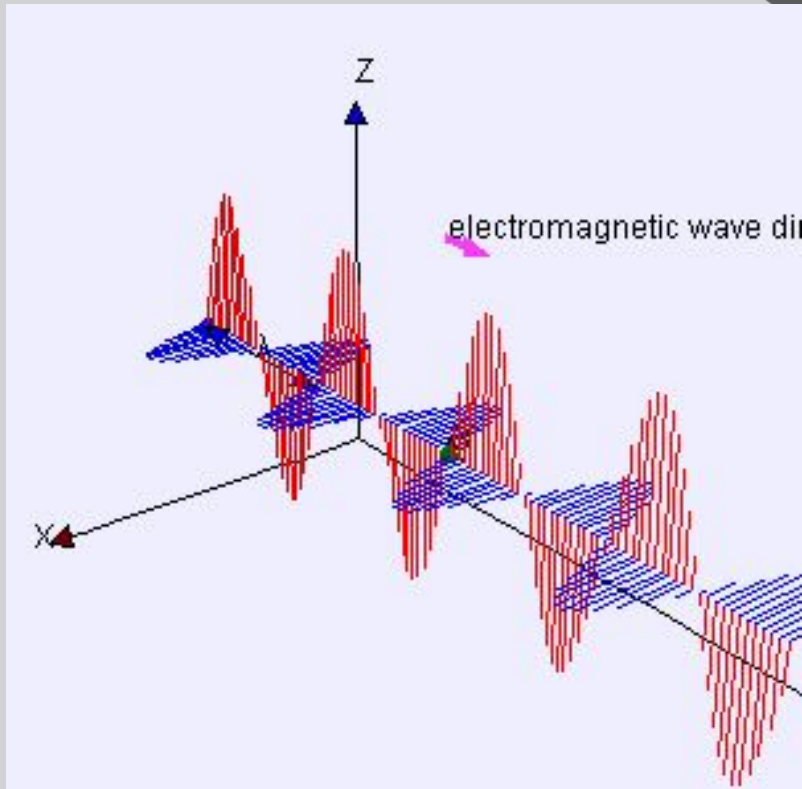
вплив електромагнітного випромінювання на навколишнє середовище та живі організми

# Завдання дослідження

- З'ясувати природу та загальні характеристики електромагнітного випромінювання
- Дослідити біологічні ефекти дії електромагнітного випромінювання на живі організми та екосистеми
- Провести огляд існуючих джерел електромагнітного забруднення та його нормативи
- Вивчити методи розрахунку зони обмеження забудови навколо ліній електропередач та базової станції стільникового засобу зв'язку

# Загальна характеристика електромагнітних явищ

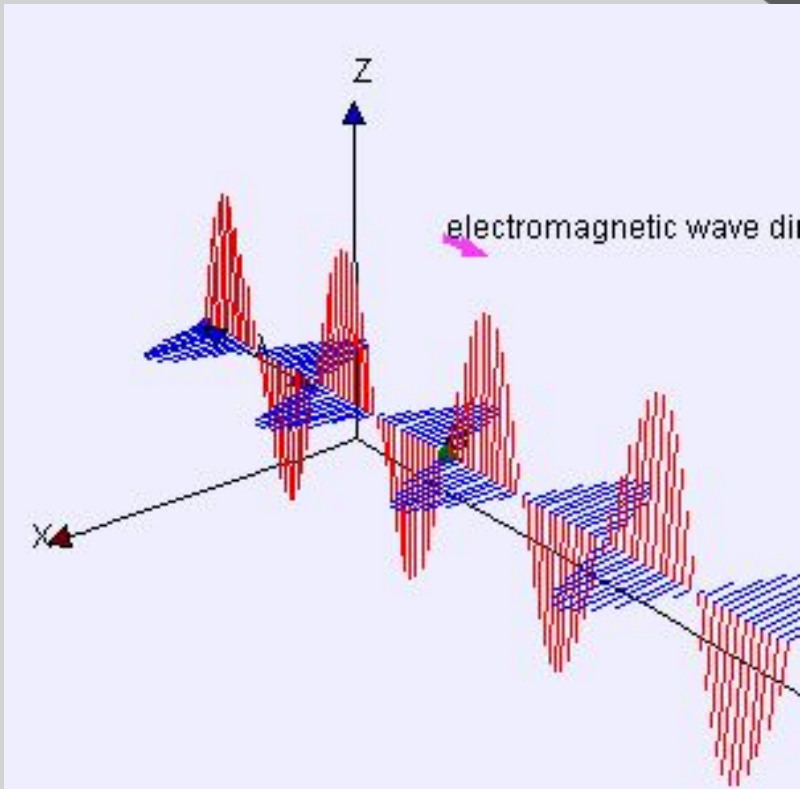
- ⊙ Електромагнітне випромінювання – сукупність усіх змінних станів електричного і магнітного полів, які поширюються у вигляді хвиль.



- ⊙ Характеристики:
  - > напруженість електричного поля **E**,
  - > напруженість магнітного поля **H**
  - > вектор електричної індукції **D**,
  - > вектор магнітної індукції **B**,

# Загальна характеристика електромагнітних явищ

- Електромагнітне випромінювання поширюється зі швидкістю світла і впливає на середовище, у якому поширюється



- Поляризація  $\mathbf{P}$  середовища

$$\mathbf{D} = \mathbf{E} + 4\pi \mathbf{P}$$

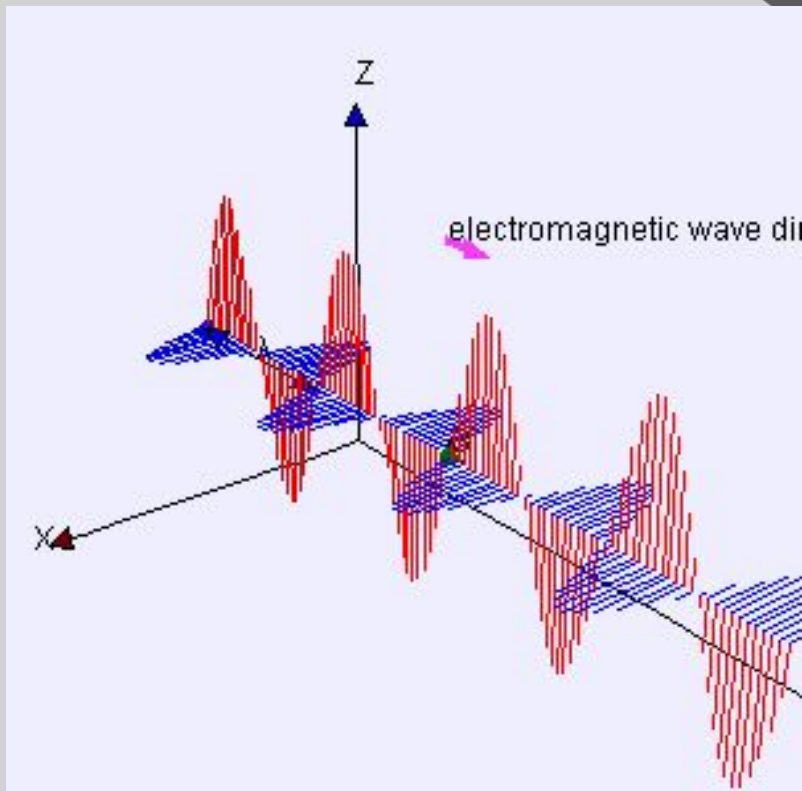
- Намагніченість  $\mathbf{I}$  середовища

$$\mathbf{B} = \mathbf{H} + 4\pi \mathbf{I}$$

\* У системі СГС

# Загальна характеристика електромагнітних явищ

- Електромагнітні явища описують рівняннями Максвела



$$\text{rot } \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial \tau} + \mathbf{j} \quad \text{закон Ампера}$$

$$\text{закон Фарадея} \quad \text{rot } \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial \tau}$$

$$\text{div } \mathbf{B} = 0 \quad \text{теорема Гауса}$$

$$\text{рівняння Пуассона} \quad \text{div } \mathbf{D} = \rho$$

# Джерела

## електромагнітного поля

- Електромагнітне **поле** створюється зарядами. Нерухомі заряди створюють електричне поле, рухомі заряди — електричне й магнітне поле. Магнітне поле постійних магнітів створюється узгодженим рухом електронів у атомах, тобто мікроскопічними електричними струмами.
- Електромагнітне поле створене зарядами розповсюджується в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. Хвилі – це коливання поля, що поширюються у просторі.

# Джерела електромагнітного поля

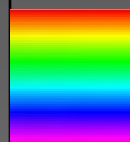
Джерела  природні  
 антропогенні

- Навколо Землі існує електр. поле напруженістю у середньому 130 В/м, а також магнітне поле з напруженістю 19,9–47,3 А/м
- Середня інтенсивність ЕМВ Сонця і інших косм. джерел від  $10^{-24}$  (спокійне Сонце) до  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> (макс. сонячна активність)
- Земля постійно знаходиться під впливом ЕМП, які випромінює Сонце, у діапазоні в основному 10 МГц ... 10 ГГц.
- загальний ЕМ фон в умовах сучасного міста  $10^{-1}$  –  $10$  Вт/м<sup>2</sup> (на 13 порядків більше!)



# Діапазони електромагнітного випромінювання

Назва діапазону		Довжини хвиль, $\lambda$	Частота, $\nu$	Джерела
Радіохвилі	наддовгі	понад 10 км	до 30 кГц	Атмосферні та магнітосферні явища.
	Довгі	10 – 1 км	30 кГц – 300 кГц	
	Середні	1 км – 100 м	300 кГц – 3 МГц	Радіозв'язок
	Короткі	100 м – 10 м	3 МГц – 30 МГц	
	Ультракороткі	10 м – 1 мм	30 МГц – 300 ГГц	
Інфрачервоне випр.		1 мм – 780 нм	300 ТГц – 429 ТГц	Випромінювання молекул і атомів при теплових та електричних впливах
Видиме випромінювання		780 – 380 нм	429 ТГц – 750 ТГц	
Ультрафіолетові		380 нм – 10 нм	$3 \times 10^{14}$ Гц – $3 \times 10^{16}$ Гц	Випромінювання атомів під впливом прискорених електронів
Рентгенівські		10 нм – 5 пм	$3 \times 10^{16}$ Гц – $6 \times 10^{19}$ Гц	Атомні процеси при впливі прискорених заряджених частинок
Гамма		до 5 пм	понад $6 \times 10^{19}$ Гц	Ядерні і космічні процеси, радіоактивний розпад



# Механізми біологічної дії

- Усі механізми дії ЕМВ на живі організми досі остаточно не розшифровані.
- Розрізняють два види впливу ЕМП на біологічні об'єкти:
  - > теплова дія:  
індуковані струми у тканинах  
□ нагрів (нерівномірний)
  - > специфічна дія (багато ефектів), наприклад:  
резонансне поглинання енергії молекулами білка  
прямий і непрямий вплив на ЦНС,  
нервово-м'язові ефекти,  
іонізація, поляризація молекул і інші ефекти

# Механізми біологічної дії

- > Якщо поглинута енергія недостатня для значної дії, але деякі ефекти спостерігаються, часто говорять про **«інформаційний вплив»** – формування біологічного ефекту за рахунок енергії самого організму, зовнішній вплив дає тільки поштовх, «інформацію» для розвитку реакції організму.
- > Зі збільшенням частоти коливань величина енергії, відбитої тканинами, зменшується, а поглинання збільшується □ біологічні ефекти сильно залежать від частоти

# Механізми біологічної дії

- Поглинання енергії ЕМП в тканинах істотно залежить від вмісту води
- Глибина проникнення ЕМВ в тканини знаходиться в прямій залежності від довжини хвилі

Таблиця 1.4. Глибина проникнення ЕМВ в тканинах людини, см [4]

Тканина	Частота, МГц				
	100	200	400	1000	3000
Кістковий мозок	22,9	20,66	18,37	11,90	9,92
Головний мозок	3,55	4,13	2,07	1,93	0,47
Хрусталик ока	9,42	4,39	4,23	2,91	0,50
Кров	2,86	2,15	1,79	1,40	0,78
М'яз	3,45	2,32	1,84	1,46	–
Шкіра	3,76	2,78	2,18	1,64	0,64

# Біологічна дія ЕМП

- Вплив ЕМВ на хімічні реакції. Швидкість протікання хім. реакцій в колоїдних системах залежить від сонячної активності і розташування щодо геомагнітних полюсів, основна причина – зміна під впливом ЕМП властивостей води
- Вплив електромагнітного поля на клітину. Мішенню, в першу чергу, є мембрани, плазматичні і внутрішньоклітинні, що обмежують різні органи та внутрішньоклітинні компоненти. Відома велика чутливість клітинних мембран до дії опромінення.
- Вплив ЕМП на тканини. Слабкі ЕМП при інтенсивності менш порогу теплового ефекту впливають на зміни в живій тканині, в основному, в погіршенні регенерації тканин.
- Вплив ЕМП на мікроорганізми вивчено багатьма дослідниками, проте чимало залишається нез'ясованого. Переважна більшість досліджень виявляє високу чутливість різних мікроорганізмів до досить слабких полів. Однак немає систематичних висновків

# Біологічна дія ЕМП

- Вплив ЕМП на рослини. Є дані як про шкідливий вплив, так і корисний (т.зв. Електрокультури: середня величина підвищення врожайності зернових культур 10-12%, на овочевих культурах 18-60%, покращується “лежкість” картоплі тощо)
- Вплив ЕМП на комах. Під дротами ЛЕП чисельність комах незначна і завжди менша, ніж на віддалі 50 м; зафіксовано негативний вплив на бджіл
- Вплив ЕМП на тварин. В перший період опромінення спостерігаються зміни поведінки тварин: у них з'являються неспокій, збудження, рухова активність, прагнення втекти із зони випромінювання. Тривалий вплив ЕМП призводив до зниження збудження, зростання процесів гальмування.
- На підставі клінічних та експериментальних матеріалів виявлені основні симптоми уражень, які виникають при впливі ЕМП їх можна класифікувати як **радіохвильову хворобу**.

# Біологічна дія ЕМП (на людину)

- При інтенсивності близько  $20 \text{ мВт/см}^2$  спостерігається зменшення частоти пульсу, зниження артеріального тиску
- За інтенсивності  $6 \text{ мВт/см}^2$  помічено зміни у статевих залозах, у складі крові, каламутність кришталика Далі – зміни у згортанні крові, умовно-рефлекторній діяльності, вплив на клітини печінки, зміни у корі головного мозку. Потім – підвищення кров'яного тиску, розриви капілярів та крововиливи у легені та печінку.
- За інтенсивності до  $100 \text{ мВт/см}^2$  – стійка гіпотонія, стійкі зміни серцево-судинної системи, двостороння катаракта. Подальше опромінення помітно впливає на тканини, викликає больові відчуття, якщо інтенсивність перевищує  $1 \text{ Вт/см}^2$ , то це викликає дуже швидку втрату зору
- Серед усіх тканин ока найбільшу чутливість має у діапазоні  $1\text{--}10 \text{ ГГц}$  кришталик

# Екологічна дія ЕМП

- Вплив електромагнітного поля на водні екосистеми.  
Дослідження нечисленні. Вплив ЕМП ЛЕП 50 Гц напругою до 500 кВ на гідробіонтів *Daphnia magna* та *Scenedesmus quadricauda* показали їх високу чутливість і можливість використання як тест-системи. ЕМ НВЧ-поля здійснюють негативний вплив на прості популяції олігохет (зниження амплітуди механограми рухів).
- Вплив ЕМП на ґрунтові екосистеми.  
Складовою частиною агроценозів є біосистеми мікроорганізмів, діяльність яких визначає родючість ґрунтів та доступність рослинам поживних речовин. Існує думка, що хронічне НВЧ-опромінення ґрунту веде до часткової стерилізації, яка виражається в зниженні рівня азотфіксації.



# Нормування впливу ЕМП

○ Гранично допустимі рівні напруженості електричного поля залежать від частоти (див.таблиця)

○ Гранично допустимий рівень густини потоку енергії

- > для населення – 2,5 мкВт/см<sup>2</sup>,
- > для працюючих – 25 мкВт/см<sup>2</sup>

○ Гранично допустимі рівні ЕМП, які створюють теле- радіостанції в діапазоні частот від 48 до 1000 МГц, визначаються за формулою:

$$E_{ГДР} = 21 f^{-0.37}$$

де  $E_{ГДР}$  – гранично допустимий рівень електричної складової ЕМП, В/м;  
 $f$  – несуча частота каналу, МГц.

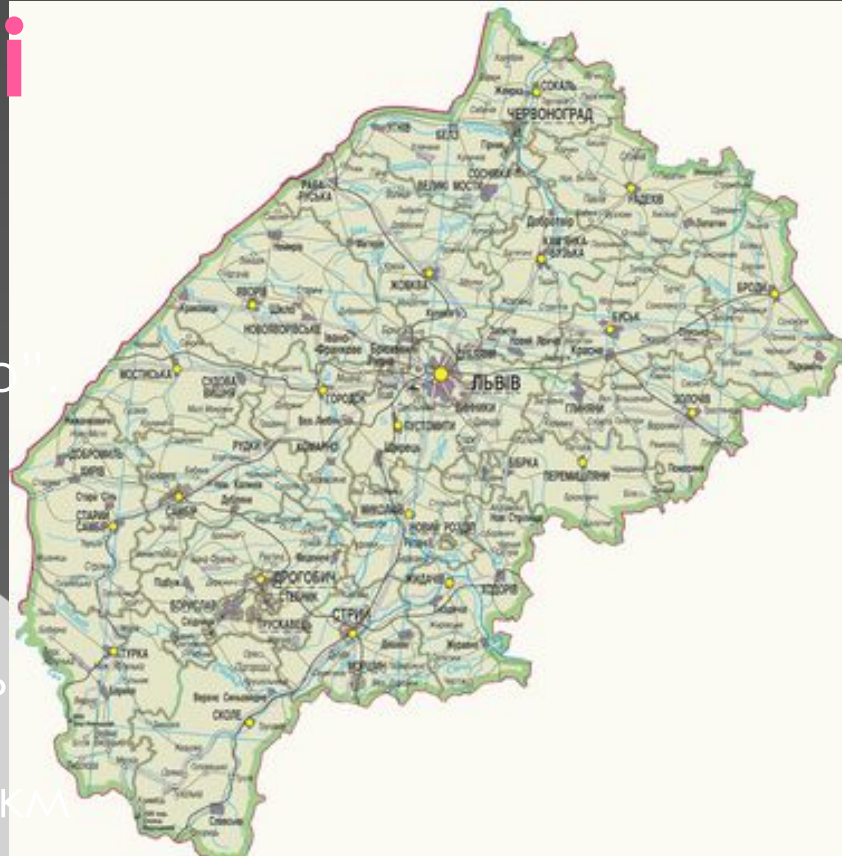
№ діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль	ГДР
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30—300 кГц	10—1 км	<b>25 В/м</b>
6	Гептаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3—3 МГц	1—0,1 км	<b>15 В/м</b>
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3—30 МГц	100—10 м	<b>3 В/м</b>
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30—300 МГц	10—1 м	<b>3 В/м</b>

В/м – вольт на метр

мкВт/см<sup>2</sup> – мікват на квадратний сантиметр

# Електромагнітна ситуація у Львівській області

- Початок електрифікації: 22 лютого 1894 р.
- Постачанням ел.енергії займається ПАТ "Львівобленерго"
- Забезпечує електроенергією 952 235 споживачів
- Відпуск ел.енергії в мережу 4 790,5 млн. кВт/год.
- Виробничі потужності становлять 4 945 МВт
- Довжина ЛЕП всіх напруг 40 111 км



## Виробництво та постачання електроенергії

Рік	2011	2012	2013	2014	2015
Виробництво, млн.кВт.год	2 086,4	2 756,9	2 593,0	2 323,4	2 929,0
Постачання електроенергії, тис. грн.	5 721 557,0	7 261 235,8	7 276 213,7	7 231 663,1	10 201 355,1

# Електромагнітна ситуація у Львівській області

- до основних джерел ЕМП на території області можна віднести лінії електропередачі та базові станції стільникової телефонії
- Електричне поле, що створюється ЛЕП, реєструється на значній віддалі від повітряної лінії (8-10 м для ЛЕП-110 кВ; 18-20 м для ЛЕП-220 кВ; 25 м для ЛЕП-330 кВ; 40-45 м для ЛЕП-500 кВ), його напруженість коливається в межах від 0,1 до 10,5 кВ/м
- комутаційні пристрої, трансформатори, струмонесучі проводи та смуги, створюють високі рівні електричного поля до 40 кВ/м

## *Межі охоронних зон вздовж повітряних ЛЕП*

Напруга ліній електропередачі	до 1 кВ	до 20 кВ	35 кВ	110 кВ	150, 220 кВ	330-500 кВ	750 кВ
Відстань до ЛЕП	2 м	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м	40 м

## *Межі санітарно-захисних зон для ЛЕП*

Напруга ліній електропередачі	300 кВ	500 кВ	750 кВ	1150 кВ
Розмір санітарно-захисної зони	20 м	30 м	40 м	55 м

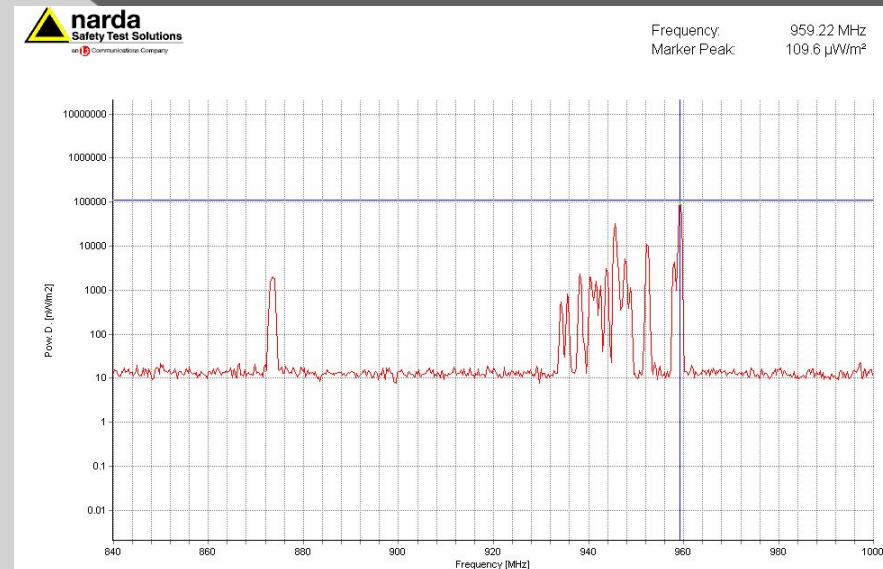
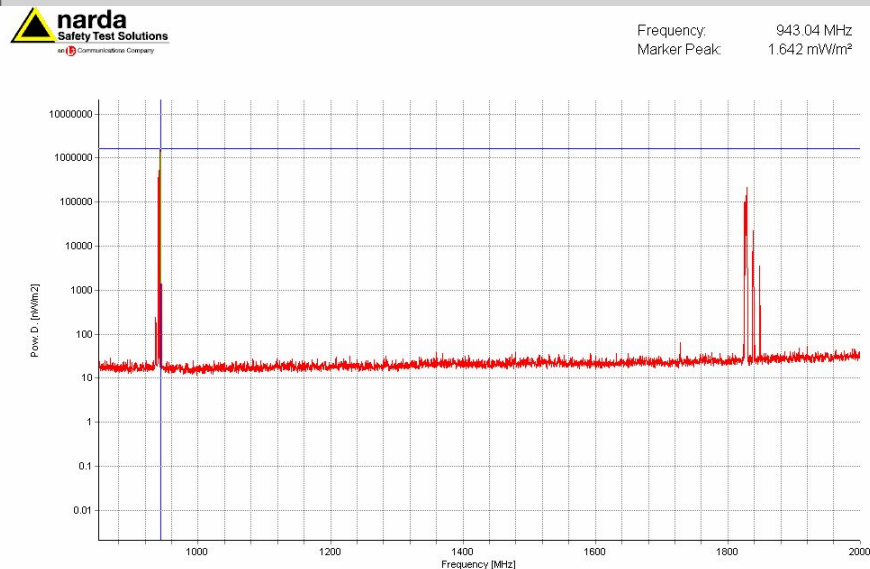
кВ/м – кіловольт на метр

Залежність густини потоку енергії вимірної приладом типу SRM-3000 (Selective Radiation Meter) фірми NARDA поблизу антен базової станції оператора КМВСТАР з трьох передавачів стандарту GSM-900 потужністю 50 Вт



в смузі частот 800–2000 МГц

при зменшенні смуги частот до 840 – 1000 МГц



# Захист від ЕМП

- Важливе значення мають інженерно-технічні методи та засоби захисту: колективний; локальний та індивідуальний.
- Економічно найдоцільніше використовувати природні екрани — складки місцевості, лісонасадження, нежитлові будівлі
- Локальний захист базується на використанні радіозахисних матеріалів, які забезпечують високе поглинання енергії випромінювання у матеріалі та віддзеркалення від його поверхні – для екранування
- До інженерно-технічних засобів захисту також належать:
  - > конструктивна можливість працювати на зниженій потужності у процесі налагоджування, регулювання та профілактики;
  - > робота на еквівалент налагоджування;
  - > дистанційне керування.
- Засоби індивідуального захисту використовують лише у тих випадках, коли інші захисні заходи неможливо застосувати або вони недостатньо ефективні

# Висновки

- Електромагнітне випромінювання – сукупність усіх змінних станів електричного і магнітного полів, які поширюються у вигляді хвиль.
- Електромагнітне забруднення — це сукупність електромагнітних полів, різноманітних частот, що негативно впливають на людину та інші живі організми.
- Негативний вплив ЕМ забруднення на живі істоти пояснюють двома механізмами: тепловою дією і специфічним впливом
- Під дією ЕМП ЛЕП високої напруги пригнічуються ростові процеси у вищих рослин
- Загальна реакція членистоногих і гризунів на ЕМП ЛЕП високої напруги виявляється у обмеженні відвідування ділянок з високою напруженістю ЕМП
- Зростання напруженості ЕМП викликає загальне зменшення кількості особин членистоногих і дрібних гризунів на ділянках, прилеглих до ЛЕП високої напруги

# Висновки

- Ефективна дія фактора ЕМП на біооб'єкти обмежується віддалю 100 м від ЛЕП з напругою 450 кВ та 150 м від ЛЕП з напругою 750 кВ
- При інтенсивній й тривалій дії на людину спостерігають загальну слабкість, підвищену втому, пітливість, сонливість, головний біль, біль в ділянці серця. З'являється роздратування, зростає тривалість мовнорухової та зоровомоторної реакцій
- У Львівській області до основних джерел електромагнітного забруднення відносять дію ЛЕП та станції стільникового зв'язку. Для ЛЕП характерним є забруднення із частотою 50 Гц, а для станцій – 900 МГц (також 1800 й 1900 МГц).
- Для створення безпечних умов життєдіяльності населення в місцях перевищення допустимого значення необхідно застосовувати інженерно-технічні, санітарно-гігієнічні, містобудівні та інші засоби по зниженню рівня електромагнітного випромінювання

**Дякую за увагу!**