

Вивчення впливу електромагнітних полів на здоров'я людей.

Представлений матеріал присвячений опису міжнародних норм на рівні ЕМП, що забезпечують безпечний вплив ЕМП на здоров'я людини. Наводиться порівняльна оцінка міжнародних норм захисту людини і норм, прийнятих в Україні.

Базові терміни і визначення (Рекомендація [МСЕ-Т К.91](#), 06.2020. Настанови щодо оцінки, обчислення і моніторингу впливу на людину радіочастотних електромагнітних полів)

- **електромагнітний вплив (дія)** (exposure [\[ITU-T K.52\]](#)): електромагнітний вплив виникає там, де людина піддається дії електричного, магнітного чи електромагнітного полів, або контактних струмів (ліній електропередачі), окрім тих, що виникають від фізіологічних процесів в організмі людини або інших природних явищ;
- **рівень електромагнітного впливу** (опромінення) (exposure level [\[ITU-T K.52\]](#)): рівень електромагнітного впливу - це кількісна величина, що використовується, коли людина піддається дії (опромінюється) електромагнітного поля чи ліній електропередачі;
- **опорні рівні** (reference levels [\[ITU-T K.70\]](#)): орієнтовні рівні ЕМП, які наводяться для порівняння з величинами впливу на людину у навколишньому середовищі (просторі). Опорні рівні виражаються як значення напруженості електричного поля (E), напруженості магнітного поля (H) та густини потоку потужності (S);
- **граничні рівні впливу** (exposure limits [\[МСЕ-Т К.70\]](#)): значення основних обмежень або опорних рівнів, визнаних згідно з обов'язковими правилами, як межі допустимого максимального рівня впливу ЕМП на людину; опорні рівні виражаються як значення напруженості електричного поля (E), напруженості магнітного поля (H) та густини потоку потужності (S);
- **основні обмеження** (basic restrictions [\[ITU-T K.70\]](#)): обмеження впливу від змінних у часі електричного, магнітного та електромагнітного полів, що засновані на встановлених результатах впливу на здоров'я людини. Обмеження залежать від радіочастоти ЕМП, фізичних величин, що характеризують ці обмеження: густина току (J) у лініях електропередачі, питомий коефіцієнт поглинання (SAR -specific absorption rate) потужності ЕМП термінального обладнання, густина потоку потужності (S) ЕМП передавачів базових станцій зв'язку;
- **безпечна відстань** (compliance distance [\[ITU-T K.70\]](#)): мінімальна відстань від антени до точки обстеження де рівень ЕМП вважається таким, що задовольняє вимоги;
- **час усереднення** $T_{сер}$ (T_{avg} - averaging time): час усереднення – це необхідний часовий період за який вплив опромінення усереднюється для цілей визначення відповідності обмеженням.

1. Історія дослідження питання

Радіовипромінювання відносяться до класу неіонізуючих випромінювань, тобто електромагнітних випромінювань, які не викликають іонізацію атомів и молекул, тобто не руйнують біологічні клітини.

Тривалий час, а саме, - з початку минулого століття, - використання радіохвиль для забезпечення потреб людей щодо отримання послуг зв'язку, людство не задумувалося щодо можливості негативного впливу радіовипромінювання на здоров'я людей. Вперше зацікавленість щодо визначення можливості негативного впливу неіонізуючих випромінювань виникла наприкінці 30-х – на початку 40-х років.



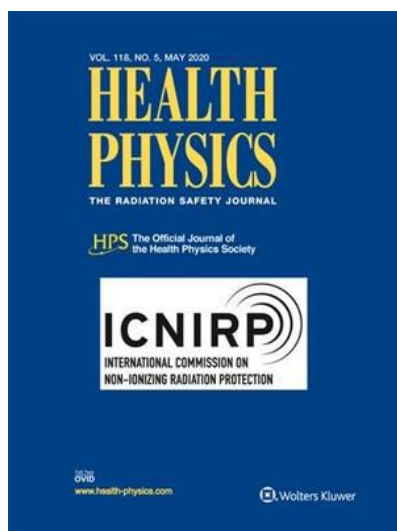
У 1974 році IRPA було сформовано робочу групу з неіонізуючих випромінювань (non-ionizing radiation, NIR), яка визначила основні проблеми сфері захисту від різних видів неіонізуючих випромінювань.

Спільно з підрозділом медико-екологічних досліджень Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO, ВОЗ) IRPA/INIRC розробили декілька документів з визначення санітарних норм на рівні неіонізуючих випромінювань, як складову частину Програми критеріїв екологічної безпеки ВОЗ (WHO's Environmental Health Criteria Programme), яку фінансується Програмою ООН з навколишнього середовища (Nations Environment Programme, UNEP).



У 1992 році робочу групу з неіонізуючих випромінювань INIRC перетворено у Міжнародну комісію із захисту від неіонізуючих випромінювань (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP).

ICNIRP є некомерційною науковою організацією, яка розташована у Німеччині.



За результатами тривалих досліджень IRPA, INIRC, ICNIRP було розроблено норми граничних рівнів неіонізуючих випромінювань. В останній редакції ці норми визначено у документі «Настанова щодо обмеження опромінь для змінних у часі електричних, магнітних та електромагнітних полів (в діапазоні частот до 300 ГГц)» (*Guidelines on for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)*) (далі – Настанова), яку було затверджено у 1998 році. <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>

Наведені у Настанові вимоги щодо обмежень опромінь для електромагнітних полів (ЕМП) полягли у основу відповідного стандарту Європейського Комітету Стандартизації з Електротехніки (CENELEC) та прийняті більшістю національних організацій охорони здоров'я людини і діють до теперішнього часу.

Основною метою розроблення Настанови було визначення гранично допустимих рівнів змінного електромагнітного поля, які можуть негативно

впливати на здоров'я людини. При цьому, під негативним впливом мається на увазі наслідки дії випромінювання, які мають негативні прояви як на здоров'я окремої людини, так і її потомства.

Особливо важливим в Настанові є визначення густини потоку енергії електромагнітного випромінювання, як **єдиної фізичної величини** для оцінки впливу ЕМП на здоров'я, яку можна легко виміряти зовні тіла людини. В Настанові визначено граничні рівні, які надають можливість адекватно оцінювати рівень захисту від змінного електромагнітного поля.

2. Граничні рівні електромагнітного впливу

Настанова ICNIRP щодо обмеження впливу змінних у часі електричних, магнітних та електромагнітних полів (в діапазоні частот до 300 ГГц) визначає гранично допустимі рівні змінних електричного, магнітного та електромагнітного полів, які можуть впливати на здоров'я людини. Стандарти для радіочастотних полів встановлені з метою запобігання несприятливих наслідків для здоров'я людини, викликаних місцевим або загальним підвищенням температури тіла. Максимально можливі рівні опромінення людини в повсякденному житті, як правило, нижче встановлених меж.

ICNIRP в документі звертає увагу, що Настанова не є стандартом, який визначає граничні рівні за певних умов, та інструментарієм для виконання вимірювань характеристик електричного, магнітного та електромагнітного полів, а базується на результатах наукових досліджень і поточних знаннях.

Але, в Настанові введено обмеження щодо застосування наведених значень граничних рівнів, які надають можливість адекватно оцінювати рівень захисту від змінного у часі ЕМП. Основне обмеження стосується фізичної величини, що характеризує ЕМП і яку може бути застосовано для визначення впливу на здоров'я людини: **«Лише густина потоку енергії у просторі зовні тіла може бути легко виміряна у осіб, які зазнають впливу».**

Густина потоку енергії – це потужність на одиницю площини перпендикулярно розташованої до напрямку поширення електромагнітної хвилі (ЕМХ). Звичайно вона виражена у одиницях Ватт на квадратний метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$). У питанні впливу на людину таке визначення еквівалентне до густини потоку потужності *плоскої* хвилі, що має місце у дальній зоні діаграми спрямованості антени (ДСА) джерела випромінювання, виміряне за час усереднення. Для плоских хвиль – густина потоку енергії, напруженість електричного поля (E) та напруженість магнітного поля (H) пов'язані з внутрішнім опором вільного простору $Z_0 = 377 \text{ Ом}$. Зокрема,

$$S_{\text{екв}} = E^2 / Z_0 = Z_0 \times H^2 = E \times H ,$$

де напруженість електричного поля E і напруженість магнітного поля H виражаються в одиницях В/м і А/м, відповідно, а S в одиницях $\text{Вт} / \text{м}^2$.

Таким чином, якщо прогнозоване (розрахункове) або вимірне значення густини потоку енергії на певній відстані перевищує граничне значення, то норма обмеження не виконується і до параметрів або розміщення передавача застосовують заходи, що призводять до зменшення рівня випромінювання.

Виходячи із розрахованого значення густини потоку енергії випромінювання, загальну зону навколо передавача можна поділити на три зони (рис. 1):

- безпечна або комфортна зона (compliance zone), тобто область простору, в якому рівень густини потоку енергії не перевищує граничні норми і не завдає помітного негативного впливу на тканини людини;
- зона, безпечна для фахівців (occupational zone), в якій рівень випромінювання може перевищувати граничні норми для населення, але знаходиться в межах допустимого для працівників за умови дотримання запобіжних заходів;
- небезпечна зона (exceedance zone), в межах якої рівень густини потоку енергії перевищує граничні рівні для фахівців.

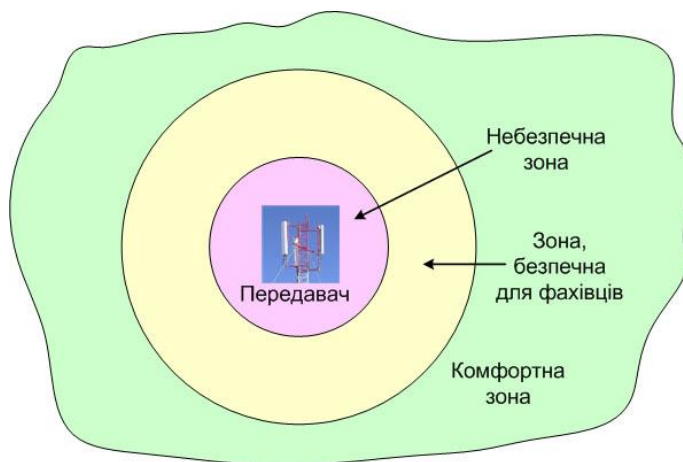


Рис.1 Розподіл зони навколо передавача за критерієм виконання граничних рівнів впливу

Базові станції (БС) стільникового зв'язку підтримують зв'язок з розташованими в їх зоні дії мобільними радіотелефонами і працюють в режимі прийому і передачі сигналу. Антени БС звичайно встановлюються на висоті 15-100 метрів від поверхні землі на вже існуючих будівлях або на спеціально споруджених щоглах/вежах. До вибору місця розміщення антен БС, з точки зору санітарного нагляду, не пред'являється ніяких інших вимог, окрім відповідності інтенсивності електромагнітного випромінювання значенням гранично допустимих рівнів, встановлених діючими Державними санітарними правилами і нормами (ДСН). З метою забезпечення норм ДСН місця розміщення БС стільникового зв'язку обирають таким чином, щоб місця проживання і скупчення людей були на безпечній відстані для здоров'я людини або у безпечній зоні за показниками граничних рівнів ЕМП.

Дія критерію поширюється як на поодинокі передавачі, так і на випадок групи передавачів, що утворюють ЕМП на інших частотах. У разі одночасного впливу ЕМП на різних частотах, а також від різних передавачів має задовольнятись критерій у термінах обмежень (Рек. [МСЕ-Т К.91](#), стор.44) сумарних напруженостей E і густин потоку потужності S від часткових ЕМП, що утворюються передавачами у різних частотних діапазонах.

Значення граничних рівнів випромінювань з урахуванням ЕМП на інших частотах, наведених у Настанові, представлено у Табл. 1.

Таблиця 1 - Граничні рівні випромінювання для загального населення для різних частотних діапазонів

Смуга частот	Напруженість електричного поля, В/м	Еквівалентна просторова густина потоку енергії, Вт/м ²
10-400 МГц	28	2
400-2000 МГц	$1,375f^{d/2}$ (МГц)	$f/200$ ¹
2-300 ГГц	61	10

¹ – значення частоти визначено в МГц

Таким чином, згідно із зазначеною Настановою, *гранична допустима еквівалентна просторова густина потоку енергії для загального населення у смузі частот 2-300 ГГц дорівнює 10 Вт/м² або 1000 мкВт/см²* (1Вт = 1 000 000 мкВт, 1м² = 10 000 см², тому 10 Вт/м² = 10 000 000 мкВт ÷ 10 000 см² = 1000 мкВт/см²).

Доречи, вВ Україні гранична величина густини потоку енергії Державними санітарними нормами затверджена на рівні 10 мкВт/см² (0.1 Вт/м²), що **в 100 разів менше** ніж запропоновано в Настанові.

Визначене значення гранично допустимого рівня густини потоку потужності—енергії обумовлено загальним біологічним ефектом від впливу радіовипромінювання і результатами епідеміологічних досліджень.

Рада Європейського Союзу (ЄС), у свою чергу, опублікувала Рекомендацію ([1999/519/EU](#), надалі названа «**Рекомендація ЄС**») щодо обмеження опроміненнь загальної спільноти рівнями ЕМП (від 0 Гц до 300 ГГц). Рекомендація основана—базується на положеннях Настанови Міжнародної комісії з питань захисту від неіонізуючого випромінювання (ICNIRP), 1998 р.

ICNIRP у 2009 р. заявою підтвердив обґрунтування Настанови 1998 року щодо ЕМП для частот від 100 кГц до 300 ГГц. Європейський Парламент і Рада ЄС, у свою чергу, видали Директиву ([2013/35/EU](#), надалі названа «Директива ЄУ») щодо мінімальних вимог з опромінення ЕМП для запобігання ризиків для здоров'я людини. Також у 2014 р. Європейський Парламент і Рада ЄС

випустили Директиву щодо радіо-обладнання ([2013/35/EU](#)), яка вимагає, щоб обладнання було безпечним для здоров'я людини, а Європейський Комітет Стандартизації з Електротехніки (CENELEC), у співробітництві з Європейським Інститутом Стандартизації зв'язку (ETSI), розробив гармонізований стандарт (IEC 62232:2011 і його остання переглянута версія [IEC 62232:2017](#)) з вимірювань і розрахунку опроміненень ЕМП, який може бути застосований для перевірки виконання вимог щодо ЕМП.

Граничні ліміти ЕМП в країнах ЄС для типового частотного діапазону стільникового зв'язку технологій 3G і 4G представлені у Таблиці 2. Для порівняння також представлені рівні ЕМП, встановлені [державними санітарними правилами і нормами \(ДСН\) в Україні наказом Міністерства охорони здоров'я №239 від 01.08.1996 р.](#) (остання редакція 27.11.2017 р.).

Таблиця 2 - Граничні рівні випромінювання в країнах Європи, США і Японії (Comparison of international policies on electromagnetic fields (power frequency and radiofrequency fields. National Institute for Public Health and the Environment, Netherlands, 2017) <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/Comparison%20of%20international%20policies%20on%20electromagnetic%20fields%202018.pdf>

Країна	Напруженість електричного поля (В/м)	Еквівалентна густина потоку потужності (мкВт/см ²)
Директива 1999/519/ЄС	61	1000
Австрія	61	1000
Чеська Республіка	61	1000
Франція	61	1000
Німеччина	61	1000
Угорщина	61	1000
Італія	6	10
Польща	7	10
Словенія	19	100
Велика Британія	61	1000
Швеція	61	1000
США		1000
Японія	61	1000
Росія		10
Україна	6	10

Рис. 2 ілюструє порівняння рівнів опромінення радіочастотним ЕМП для населення у країнах ЄС за окремими групами країн: Група 1 – рівні відповідають Рекомендації ЄС; Група 2 - рівні менш жорсткі, ніж у

Рекомендації ЄС; Група 3 – рівні більш жорсткі, ніж у Рекомендації ЄС. Фактично Україну можна однести до Групи 3 із найбільш жорсткими рівнями.

Прийняті норми в окремих країнах різняться від прийнятих у світі і в Європі. Кожна країна визначає гранично допустимі рівні окремо. Але практика і досвід застосування норм, прийнятих ICNIRP, ВОЗ, Директивою ЄС, у більшості країн світу і Європи свідчить про безумовне виконання цих норм, у тому числі для технології 5G, як окремо, так і у сукупності із діючими технологіями попередніх поколінь.

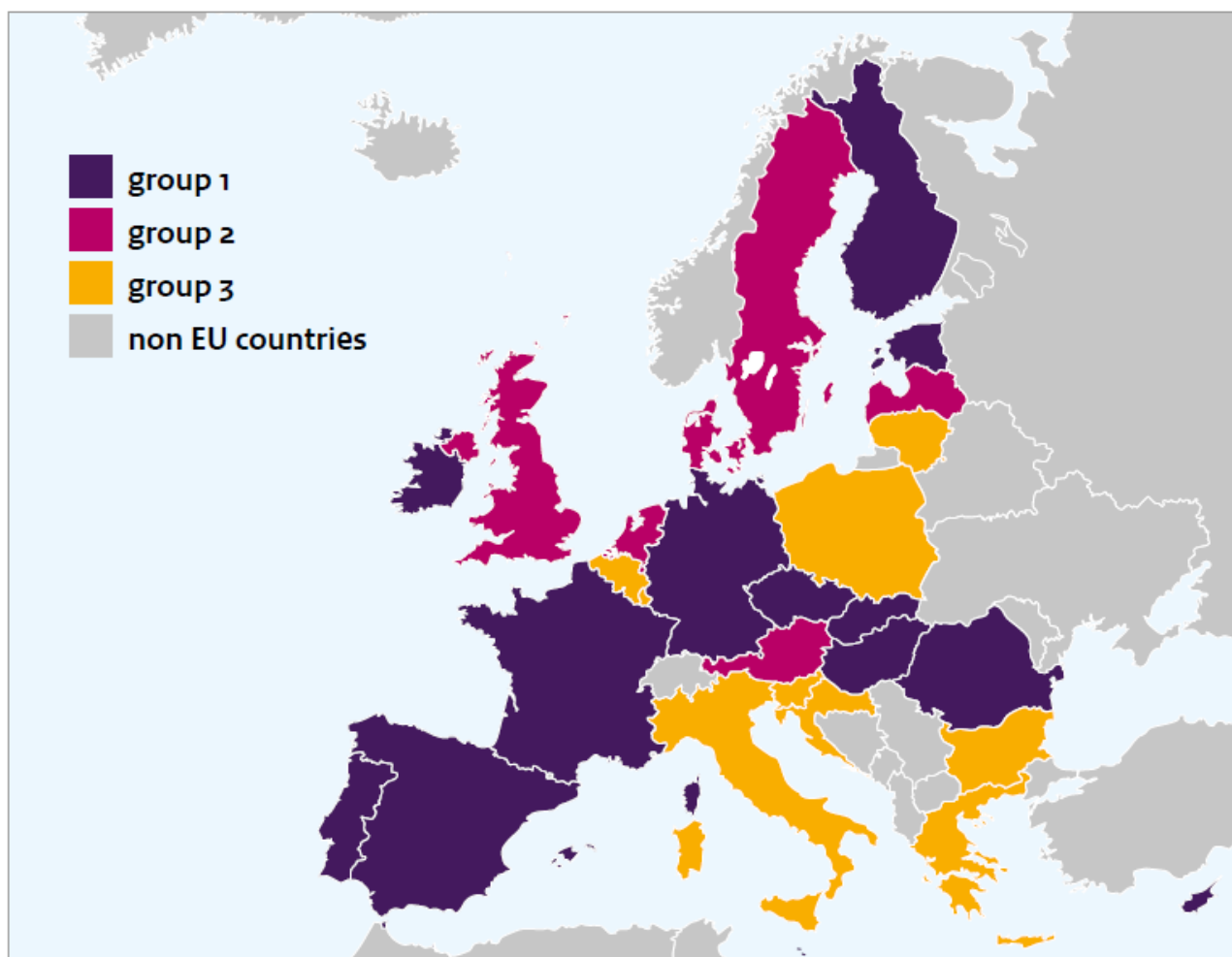


Рис.2. Порівняння рівнів опромінення радіочастотним ЕМП для населення у країнах ЄС

Дослідження електромагнітної обстановки на території, прилеглий до БС, були проведені фахівцями різних країн, в тому числі міжнародними організаціями (дивись наступну частину). За результатами проведених вимірювань (Рекомендація [МСЕ-Т К.91](#), 06.2020) **підтверджено**, що у 100% випадків рівні електромагнітного поля в приміщеннях будівель, на яких встановлені антени БС, біля будівель і в приміщеннях будівель на прилеглий до БС території, не відрізнялися від фонових, характерних для даного району в даному діапазоні частот і була нижчою за норму у десятки разів.