

ДІАГНОСТИКА ТЕХНОГЕННИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЗАГРОЗ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ

В. Нічога*, Е. Грудзінський**, Л. Сопільник***, Л. Круцик****

*Фізико-механічний інститут Національної академії наук України

**Технічний університет “Вроцлавська політехніка”, Польща, Вроцлав

***Головне управління МВС України у Львівській області

****ВАТ“Укртелеком”, Україна, Івано-Франківськ

Робота присвячена аналізу впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) базових станцій стільникової телефонії на довкілля. Аналізуються санітарні норми гранично допустимих рівнів (ГДР) ЕМВ, прийнятих у Польщі й Україні. Подані результати спостережень за впливом на зелені насадження базової станції оператора КИЇВСТАР на території Шацької експериментальної бази Фізико-механічного інституту НАН України біля озера Світязь. За результатами спостережень та інструментальних вимірювань сформульовані попередні висновки.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, мобільні засоби зв'язку, базові станції мобільного зв'язку.

Keywords: electromagnetic radiation, mobile communication means, base stations of mobile communication.

Вступ. Протягом останніх десяти років забруднення навколишнього середовища неіонізуючим ЕМВ набуло вибухового характеру і впливу значних рівнів електромагнітного поля (ЕМП) зазнає не тільки обмежене коло спеціалістів, але й усе населення [1–7] та довкілля [4].

Зараз з'явилося багато робіт, у яких на основі використання статистичних методів вивчається питання впливу ЕМП на населення і навколишнє середовище. Кількісно ця задача не вирішена, оскільки вона, в принципі, є багатофакторною, і для її вирішення необхідний численний статистичний матеріал, який, у більшості випадків, представлений обмеженими даними, а постановка яких-небудь експериментів не є можливою.

У зв'язку з цим питання забезпечення захисту населення і навколишнього середовища від дії техногенних ЕМП має дуже важливе значення.

Електромагнітне випромінювання базових станцій стільникової телефонії. Усякий відносно новий технічний пристрій, який входить у наш побут, необхідно оцінювати не тільки з точки зору покращення добробуту, але й з точки безпеки здоров'я користувачів і охорони довкілля.

Серед таких пристроїв, які інтенсивно ввійшли в наш побут за останні 10...15 років є мобільні стільникові засоби зв'язку, одним з елементів яких є приймально-передавальні базові станції систем GSM-900 і GSM-1800.

Експлуатація мобільних засобів зв'язку призводить до опромінювання користувачів ЕМП надвисоких частот (НВЧ), які створюються безпосередньо самими мобільними телефонами (опромінювання відносно малими джерелами НВЧ потужністю порядку 0,25 Вт для стандарту GSM-900 і 0,125 Вт для стандарту GSM-1800) [9], і опромінювання людей і довкілля базовими станціями (відносно великою потужністю близько 50 Вт з одного передавача для стандарту GSM-900 і максимальною потужністю близько 32 Вт для стандарту GSM-1800) [10].

Авторами проведені попередні дослідження впливу ЕМВ базової станції стільникової телефонії VOL024 оператора КИЇВСТАР, яка розташована на території Шацької експериментальної бази (ШЕБ) Фізико-механічного інституту (ФМІ) Національної академії наук України (НАНУ), що розташована на березі озера Світязь у Волинській області і працює в

стандарті GSM-900 і GSM-1800. Ці дослідження базуються на результатах проведених інструментальних вимірювань, опитування місцевих жителів, численних натурних спостережень зелених насаджень навколо базової станції протягом двох років.

Антенна система станції встановлена на водонапірній вежі на висоті 22 м над поверхнею землі. Її загальний вигляд поданий на рис. 1.

Базова станція оператора КІЇВСТАР розташована на краю яблуневого саду, який з трьох сторін оточений мішаним лісом (сосна, вільха, береза).

Потужність кожного з трьох передавачів (для стандарту GSM-900) базової станції становить 50 Вт.

На рис. 2 і 3 показаний орієнтований розподіл густини потоку енергії (ГПЕ, S) типової базової станції мобільного зв'язку стандарту GSM-900 потужністю 50 Вт у залежності від віддалі d [7].



Рис. 1. Загальний вигляд базової станції (січень 2008 р.)

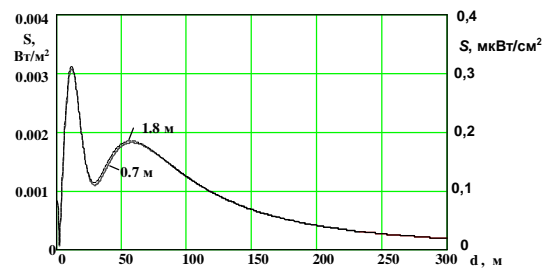


Рис. 2. Розподіл ГПЕ (S) у залежності від віддалі для висоти приймальної антени $h = 0,7$ м і $h = 1,8$ м

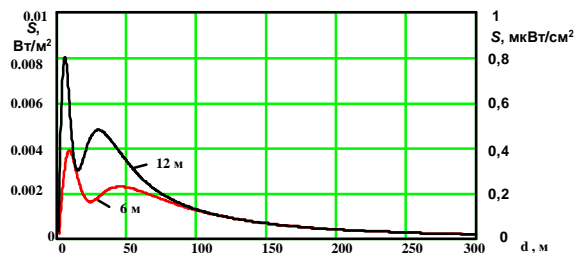


Рис. 3. Розподіл ГПЕ (S) у залежності від віддалі для висоти приймальної антени $h = 6$ м і $h = 12$ м

Гранично допустимі рівні (ГДР) впливу електромагнітного поля на біоекосистеми.

Суттєвим моментом у цьому питанні є оцінка підходів до нормативної бази, яка регламентує ГДР впливу ЕМП на біоекосистеми.

У спеціалістів є різні точки зору на величину ГДР ЕМП. Так, наприклад, вчені деяких східноєвропейських країн (у тому числі України та Росії) за основу визначення ГДР беруть не теплову, а біологічно-інформаційну дію ЕМП і визначають біоефекти, які можуть бути викликані навіть низьким рівнем поля. В зв'язку з цим нормативи цих країн дуже жорсткі, і особливо, для населення. Ці нормативи виходять з того, що основною вимогою для встановлення безпечного рівня ЕМП є відсутність у людини навіть тимчасового порушення гомеостазу, а також порушення захисних і адаптивно-компенсаторних механізмів на протязі тривалого часу. Таким чином, ГДР ЕМП визначає такі його значення, при яких опромінення не викликає у людей захворювань в період опромінення або в будь-який період після дії ЕМП.

У свою чергу, в західних стандартах при визначенні ГДР виходять із значень напруженості ЕМП, при перевищенні яких виникають небезпечні наслідки опромінення.

При цьому за основу при визначенні величини ГДР на НВЧ беруть теплову дію і для оцінки впливу ЕМП в ближній зоні на тіло людини застосовують спеціальний коефіцієнт абсорбції [1, 11, 13] (або коефіцієнт питомого поглинання) SAR (specific absorption rate), який

залежить від провідності біологічної тканини, її питомої ваги та діючого значення напруженості електричного поля в біологічній тканині. В кінцевому вигляді SAR залежить від питомої теплоємності біологічної тканини C і приросту температури тканини dT/dt . У цьому випадку

$$SAR = c \frac{dT}{dt} \text{ Вт/кг.}$$

Таким чином, цей параметр фактично представляє собою потужність dW , яка поглинається біологічною масою dm за час dt . Величину SAR виміряти досить складно, і тому в більшості країн Європи користуються іншим параметром для оцінки впливу ЕМП НВЧ на біоекосистеми – густиною потоку енергії (ГПЕ) S . ГПЕ має розмірність Вт/м^2 або мкВт/см^2 [9–11].

Національні системи стандартів є основою для реалізації принципів електромагнітної безпеки і включають в себе нормативи, які обмежують рівні електричних полів (ЕП), магнітних полів (МП) і ЕМП різних частотних діапазонів. Ці обмеження реалізуються шляхом введення ГДР для різних умов опромінення і різних категорій людей.

Варіанти дії ЕМП на біоекосистеми, включаючи людський організм, дуже різноманітні. В загальному, на біологічну реакцію людини впливають наступні параметри ЕМП: 1) інтенсивність ЕМП; 2) частота випромінювання; 3) тривалість опромінення; 4) модуляція сигналу; 5) періодичність дії; 6) комбінація частот ЕМП. Слід зазначити, що об'єднання вказаних параметрів може привести до суттєво різних результатів реакції опромінюваного біологічного об'єкта.

В українській нормативній документації (НД), яка окремо регламентує ГДР ГПЕ для населення [9] і для працюючих [10], встановлено наступні значення ГПЕ для частот, які більші ніж 300 МГц:

- для населення – $2,5 \text{ мкВт/см}^2$,
- для працюючих – 25 мкВт/см^2 при восьмигодинному робочому дні.

Разом з тим українська НД не регламентує значення ГДР для населення по напруженості електричного $E_{\text{ГДР}}$ і магнітного $H_{\text{ГДР}}$ полів на частотах понад 300 МГц.

Польська НД [15] встановлює, що ГДР ГПЕ на частотах 450/900/1800/2100 МГц дорівнює $0,1 \text{ Вт/м}^2$ (10 мкВт/м^2).

Європейський Союз встановлює ГДР ГПЕ $4,5 \text{ Вт/м}^2$ для $f = 900 \text{ МГц}$ і 9 Вт/м^2 для частоти 1800 МГц.

НД США встановлює значення ГПЕ величиною 6 Вт/м^2 для частоти 900 МГц і 9 Вт/м^2 для частоти 1800 МГц.

З наведених даних видно, що значення ГПЕ країн Західної Європи і США, в яких за основу впливу ЕМВ надвисоких частот прийнято теплову дію ЕМП, значно вищі, ніж, наприклад, в Україні і Польщі.

Попередні результати спостережень впливу ЕМВ базової станції мобільного зв'язку на території ШЕБ. Базова станція оператора КИЇВСТАР була побудована і запущена в експлуатацію в 2005 р. Перші спостереження впливу ЕМВ базової станції на близьке довкілля були розпочаті в серпні 2007 р. Місцеві мешканці звернули увагу на те, що яблуневий сад (див. рис. 5), який розташований поряд з антеною станції, з середини літа починає жовтіти. Зона пожовтіння листя яблунь лежить в радіусі 30–35 м від основи антенної вежі базової станції. На більших віддалях листя яблунь мало нормальний зелений колір. На рис. 4 і рис. 5 показаний вигляд пожовтілих яблунь біля антени базової станції.

Цікаво було відзначити, що величина плодів яблунь, розташованих поблизу вежі, при огляді видається дещо меншою, ніж в іншій частині саду.

Повторне спостереження за яблуневим садом було проведене в травні 2008 р. У цей час сад був зелений і яблуні цвіли (рис. 6). Одночасно було проведене вимірювання ГПЕ навколо антени станції в різних точках саду вздовж розташування діаграми спрямованості антен станції. Вимірювання проводилося на висоті біля 2 м приладом ПЗ-41 російського виробництва у смузі частот 300 МГц...40 ГГц. Поріг чутливості приладу по ГПЕ в робочій смузі частот дорівнює $0,26 \text{ мкВт/см}^2$. При вимірюваннях у всіх точках навколо антени і на тери-

торії саду покази приладу були нульовими. Фрагмент цих вимірювань показано на рис. 7. Попередній аналіз цих вимірювань дозволяє зробити на даний час два висновки: 1) чутливість приладу ПЗ-41 є надто малою, 2) робоча смуга частот приладу є дуже широкою.



Рис. 4. Пожовтілий яблуневий сад біля водонапірної вежі, на якій розташована антена базової станції



Рис. 5. Пожовкла яблуня (10 серпня 2007 р.)

Для проведення подібних вимірювань потрібний аналізатор спектру з регульованою смугою пропускання і порогом чутливості приблизно $0,01 \text{ мкВт/см}^2$.

Місцеві мешканці, що живуть поряд з базовою станцією, при опитуванні одностайно вказують на різні біологічні ознаки впливу ЕМВ станції на довкілля: розтріскування і пожовтіння кори дерев, жовтіння листя яблунь і беріз тощо.



Рис. 6. Зелений яблуневий сад (травень 2008 р.)



Рис. 7. Вимірювання ГПЕ приладом ПЗ-41 в яблуневому саду (травень 2008 р.)



Рис.8. Вигляд “хворої” яблуні поблизу базової станції (вересень 2008 р.)

У вересні 2008 року біля вказаної базової станції мобільного зв'язку були проведені чергові вимірювання ГПЕ., а також візуальне обстеження яблуневого саду. Вимірювання ГПЕ проводилося приладом типу SRM-3000 (Selective Radiation Meter) фірми NARDA. Цей прилад був привезений з Вроцлавської політехніки (Інститут Телекомунікації, Телеінформатики і Акустики) (Польща) проф. Е. Грудзінським. Прилад працює в двох режимах: “Safety Evaluation” (Оцінка безпеки) і “Spectrum Analysis” (Аналіз спектру). В першому режимі прилад дозволяє визначити перевищення установленної межі по ЕМП, а в другому – аналізувати спектри ЕМП по електричній і магнітній складових в вибраній смузі частот в діапазоні 75 МГц–3 ГГц. Прилад також дозволяє регулювати чутливість в ручному і автоматичному режимах.

На рис. 9 показаний фрагмент вимірювань приладом SRM-3000 біля однієї з “хворих” яблунь. На рис. 10 і 11 показані фрагменти вимірювань на ділянках біля базової станції.

Деякі записи результатів вимірювань поблизу базової станції стільникової телефонії наведені на рис. 12–14.



Рис. 9. Вимірювання ГПЕ біля яблуні на віддалі 25 м від базової станції. Кора дерева зі сторони антени станції темно-жовтого кольору



Рис. 10. Вимірювання ГПЕ зі сторони дороги



Рис. 11. Вимірювання ГПЕ в садку поблизу антени станції

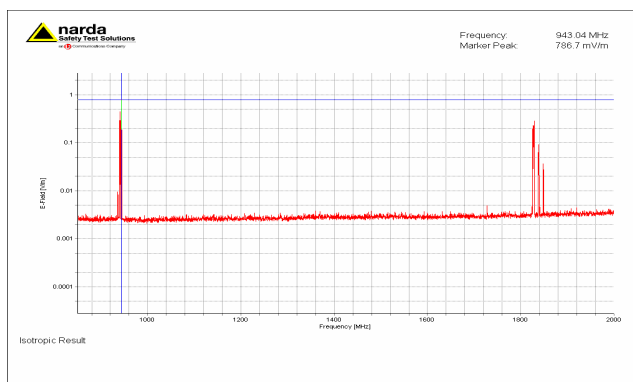


Рис. 12. Залежність електричної складової поля в смузі частот 800–2000 МГц поблизу антен

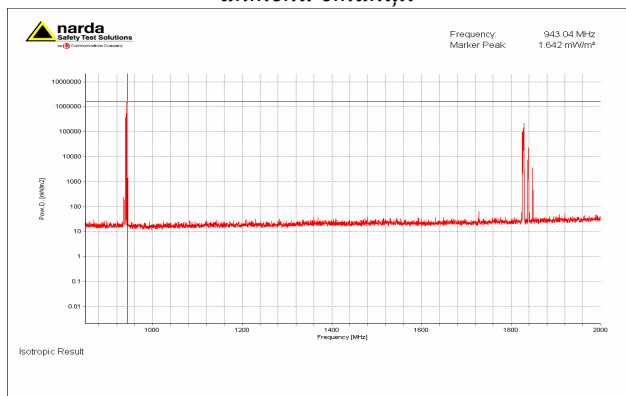


Рис. 13. Залежність густини потоку енергії (ГПЕ) в смузі частот 800–2000 МГц поблизу антен

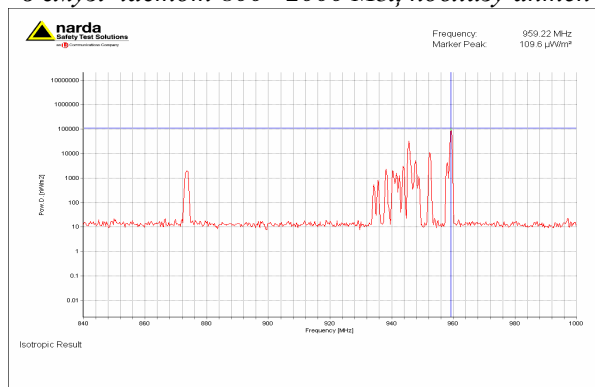


Рис. 14. Залежність густини потоку енергії (ГПЕ) поблизу антен при зменшенні смуги частот до 840 – 1000 МГц

Деякі попередні висновки. 1. Серед фізичних факторів, які діють на людину і довкілля, електромагнітне випромінювання останнім часом привертає найбільшу увагу, оскільки постійно зростає число факторів, які говорять про його негативний вплив.

2. Сьогодні серед вчених практично вже немає дискусії про те, чи впливає техногенне електромагнітне випромінювання на біоекосистеми, чи ні. Накопичені знання про вплив електромагнітного випромінювання і, особливо, джерел надвисоких частот, дозволяють однозначно говорити про його вплив на фізіологічний стан і здоров'я людини, які знаходяться в контакті з ним.

3. На сьогодні є менше фактичного матеріалу про вплив ЕМВ на навколишнє середовище, на рослинний світ. У той же час накопичується все більше суперечностей між точними фізичними вимірюваннями і біологічними ефектами, суть яких не може бути пояснена.

4. Для розв'язання питань впливу ЕМВ на довкілля, які на даний час вивчені недостатньо, потрібно запровадити систематичний моніторинг у ряді означених пунктів, проводити періодичні вимірювання параметрів ЕМВ і аналізувати отримані результати. З нашої точки зору такий моніторинг доцільно робити на територіях, які в даний час ще несильно забруднені різноманітними техногенними випромінюваннями, наприклад, на території національних парків.

5. Проведені вимірювання поблизу базової станції стільникової телефонії підтвердили повну придатність аналізатора випромінювань типу SRM-3000 для моніторингу та діагностики джерел ЕМП.

Література

1. *Электромагнитная безопасность человека: Справочно-информационное издание / Ю.Г. Григорьев, В.С. Степанов, О.А. Григорьев, А.В. Меркулов. – М.: Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения, 1999. – 150 с.*

2. <http://www.pole.com.ru/newsn.htm>

3. *Trzaska H. Pomiaru pól elektromagnetycznych do celów ochrony pracy i ochrony środowiska. – Wrocław, 1996. – 134 s.*

4. *Шевель Д. М. Электромагнитная безопасность. – К.: ВЕК+, НТИ, 2002. – 432 с.*

5. *Grudzinski E., Nichoga V. Potrzeby pomiaru pól elektromagnetycznych // Krajowe sympozjum telekomunikacji'2002 (KST'02), 11–13 września 2002, Bydgoszcz, Polska, Prace, t. C, – S. 422–425.*

6. *Нічога В., Трохим Г., Часка Г. Національні гігієнічні ліміти низькочастотного випромінювання та апаратура діагностики біологічної безпеки електромагнітного середовища (огляд) // Вісник Державного університету “Львівська політехніка”. – 2000. – № 387 (“Радіоелектроніка та телекомунікації”). – С. 450–459.*

7. *Trzaska H. Ochrona środowiska elektromagnetycznego // Krajowe sympozjum telekomunikacji'1998 (KST'98), 9-11 września 1998, Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy, Polska. – S. 195–197.*

8. *Містобудівне обґрунтування на будівництво базової станції VOL024 системи мобільного зв'язку КИЇВСТАР JSM у Волинській області, с. м. т. Шацьк, с. Світязь, ШЕБ ФМІ НАН України.*

9. *Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. Затв. МОЗ України 01.08.96 р., № 239.*

10. *Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. Затв. МОЗ України 18.12. 2002. № 476.*

11. *Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 2 stycznia 2001 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz. U. Nr 4 z dnia 23.01.2001 r. poz. 36.*

12. *Ратынский М. В. Основы сотовой связи. М.: Радио и связь, 2000. – 248 с.*

13. *Нетикова Л.И. Приближенная оценка распределения электромагнитного поля абонентской станции подвижной связи // Радиотехника. – 2005. – № 142. – С. 158–162.*

14. *Нетикова Л.И. Воздействие электромагнитного поля, создаваемого абонентскими станциями, на организм человека // Радиотехника. – 2002. – № 128. – С. 134–138.*

15. *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 30.09.2003. – Polska, Warszawa. – 2003.*

16. *Моніторинг впливу електромагнітного випромінювання базової станції стільникової телефонії на довкілля / В. Нічога, Е. Грудзінський, В.Кошовий, Л. Сопільник // Системы контроля окружающей среды. Сборник научных трудов НАН Украины. – Севастополь: Морской гидрофизический институт НАНУ. – 2008 – С. 45–51.*