

МОНІТОРИНГ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ СТІЛЬНИКОВОЇ ТЕЛЕФОНІЇ НА ДОВКІЛЛЯ

*В. Нічoga^{***}, Е. Грудзінський^{**},
В. Кошовий^{*}, Л. Сопільник^{***}*

^{*}Фізико-механічний інститут Національної
академії наук України, Україна, Львів,
вул. Наукова, 5

E-mail: nich@ipm.lviv.ua

^{**}Технічний університет „Вроцлавська
політехніка”, Польща, Вроцлав,
вул. Виспянського, 27

E-mail: eugeniusz.grudzinski@pwr.wroc.pl

^{***}Національний університет „Львівська
політехніка”, Україна, Львів,
вул. С. Бандери, 12

*Робота присвячена аналізу впливу електро-
магнітного випромінювання (ЕМВ) базових
станцій стільникової телефонії на довкілля.
Аналізуються санітарні норми гранично допу-
стимих рівнів (ГДР) ЕМВ, прийнятих у Польщі
й Україні. Подані результати спостережень за
впливом на зелені насадження базової станції
оператора КИІВСТАР на території Шацької
експериментальної бази Фізико-механічного
інституту НАН України біля озера Світязь.*

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.

Зараз з'явилося багато робіт, в 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 багатofакторною, 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 ЕМВ має дуже важливе значення.

Електромагнітне випромінювання базових станцій стільникових телефонії. Усякий відносно новий технічний пристрій,

якій входить у наша 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 електромагнітним полем (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].

Базова станція стільникової телефонії VOL024, яка розташована на території Шацької експериментальної бази (ШЕБ) Фізико-механічного інституту (ФМІ) Національної академії наук України (НАНУ), що на березі озера Світязь у Волинській області, працює в стандарті GSM-900 і GSM-1800. Антенна система станції встановлена на водонапірній вежі на висоті 22 м над поверхнею землі. Загальний вигляд поданий на рис. 1. На рис. 2 і рис. 3 показані діаграми спрямованості кожної з трьох антен стандарту GSM-900 базової станції у горизонтальній та вертикальній площинах відповідно.

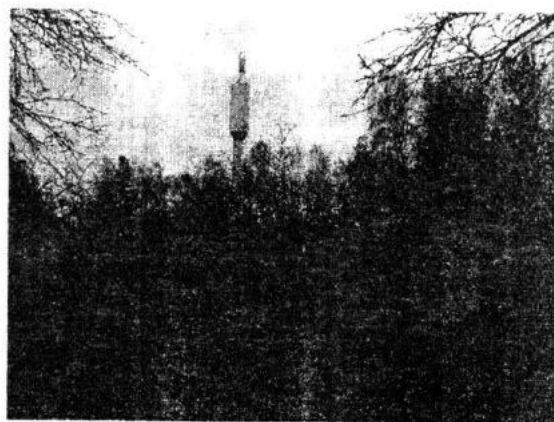


Рис. 1 – Загальний вигляд базової станції (січень 2008 р.)

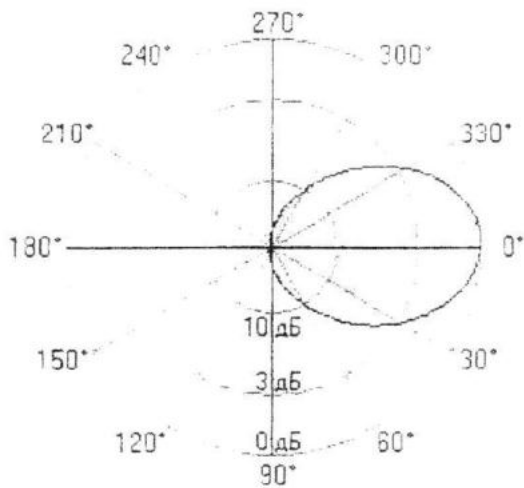


Рис. 2 – Діаграма спрямованості антени в горизонтальній площині

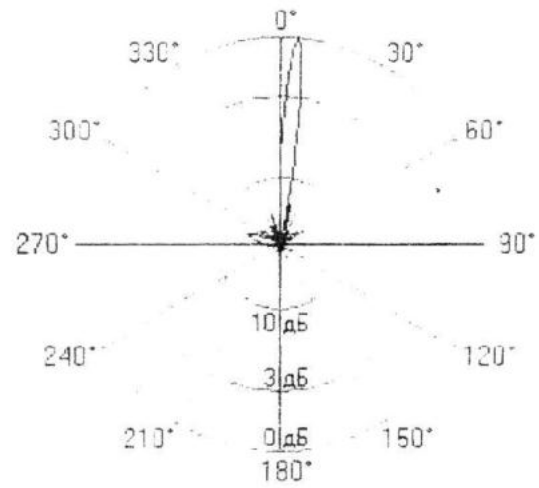


Рис. 3 – Діаграма спрямованості антени у вертикальній площині

Просторове розміщення базової станції оператора Київстар на території Шацької експериментальної бази ФМІ НАНУ схематично показано на космічному знімку

на рис. 4. На території ШЕБ ФМІ НАНУ розташований також радіотелескоп УРАН-3 і Шацька міжвідомча науково-дослідна екологічна лабораторія (МНДЕЛ) (рис. 4).



Рис. 4 – Розташування базової станції оператора Київстар на території Шацької експериментальної бази ФМІ НАНУ, а також радіотелескопа УРАН-3 і Шацької міжвідомчої науково-дослідної екологічної лабораторії

Базова станція оператора Київстар GSM-900 розташована на краю яблуневого саду (див. рис. 4), який з трьох сторін оточений мішаним лісом (сосна, вільха, береза).

Технічні дані передавача базової станції (для стандарту GSM-900):

1. Діапазон випромінювання (несуча частота), МГц890÷960

2. Кількість і потужність передавачів, $n \times W_t$ 3x50
3. Довжина фідера, м25
4. Типи антен (див. рис. 5)
5. Коефіцієнт підсилення антени, дБ18
6. Сумарний кут нахилу максимуму антени у вертикальній площині, град ...5
7. Кут максимального випромінювання, град: сектор А – 15, сектор В – 120, сектор С – 285
8. Тип модуляціїЧМ
9. Тип поляризаціїV
10. Режим роботи.....цілодобово
11. Тип радіорелейної станції (PPC)Mini-Link 23E
12. Азимут випромінювання, град45

13. Діаметр антени, м0.6
14. Коефіцієнт підсилення антени, дБ .. 39.5
15. Діапазон частот, ГГц22,5-23.5
16. Потужність, Вт0.2

Ситуаційний план розташування базової станції VOL024 з нанесеною зоною обмеження забудови (ЗОЗ) на території ШЕБ ФМІ НАНУ поданий на рис. 5 [8]. На цьому ж рисунку показані напрямки максимального випромінювання кожної з трьох антен базової станції: сектор А, сектор В і сектор С. Зв'язок базової станції з іншою базовою станцією здійснюється з допомогою радіорелейної станції (PPC) Mini-Link 23E, технічні параметри якої були наведені вище.

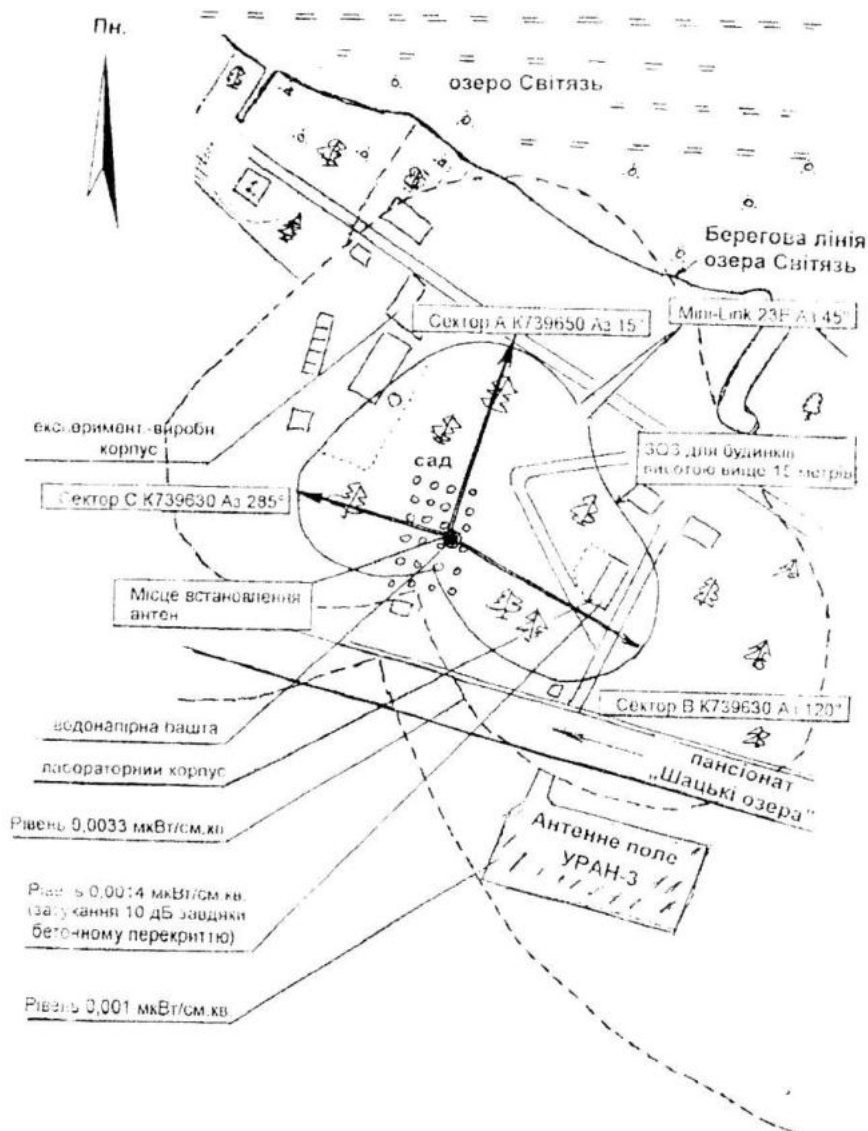


Рис. 5 – Ситуаційний план розташування базової станції VOL024 оператора Київстар з нанесеною зоною обмеження забудови на території ШЕБ ФМІ НАНУ (масштаб М1:2000)

Зона обмеження забудови (ЗОЗ) для базової станції VOL024 показана на рис. 5 для будинків вищих ніж 15 м.

На рис. 6 представлена залежність зони обмеження забудови в залежності від потужності передавача базової станції для одноповерхового і п'ятиповерхового будинків.

На рис. 7 і 8 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 .

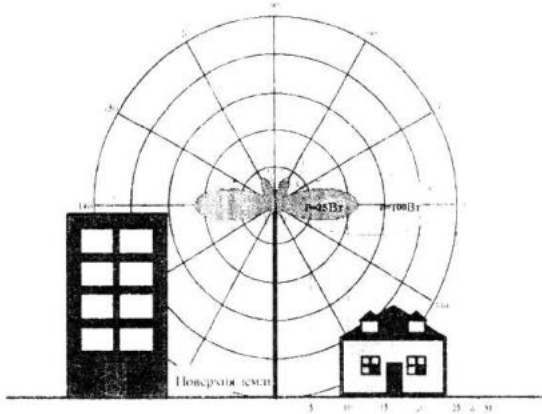


Рис. 6 – Залежність ЗОЗ від потужності передавача базової станції

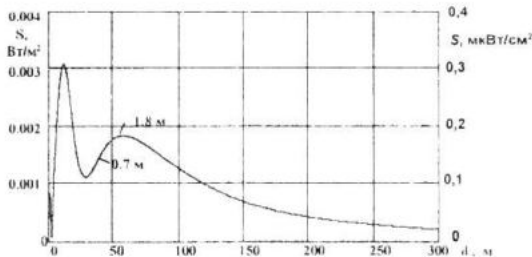


Рис. 7 – Розподіл ГПЕ S у залежності від віддалі для висоти приймальної антени $h=0,7$ м і $h=1,8$ м

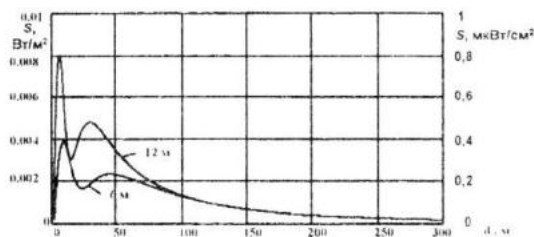


Рис. 8 – Розподіл ГПЕ S у залежності від віддалі для висоти приймальної антени $h=6$ м і $h=12$ м

Гранично допустимі рівні впливу електромагнітного поля на біоекосистеми. Суттєвим моментом в цьому питанні є оцінка підходів до нормативної бази, яка регламентує

гранично допустимі рівні (ГДР) впливу електромагнітних полів 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 надвисоких частотах (НВЧ) беруть теплову дію і для оцінки впливу ЕМП в ближній зоні на тіло людини застосовують спеціальний коефіцієнт абсорбції [1, 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 являються 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 мкВт/см²,

– для працюючих – 25 мкВт/см² при восьмигодинному робочому дні.

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

Польська НД [15] встановлює, що ГДР ГПЕ на частотах 450/900/1800/2100 МГц дорівнює 0,1 Вт/м² (10 мкВт/м²).

Європейський Союз встановлює ГДР ГПЕ 4,5 Вт/м² для $f = 900$ МГц і 9 Вт/м² для частоти 1800 МГц.

НД США встановлює значення ГПЕ величиною 6 Вт/м² для частоти 900 МГц і 9 Вт/м² 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. 9), 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 відстанях листя яблунь мали нормальний зелений колір. На рис. 9 і рис. 10 показаний вигляд пожовтілих яблунь біля антени базової станції, яка розташована на висоті 22 м на водонапірній вежі.

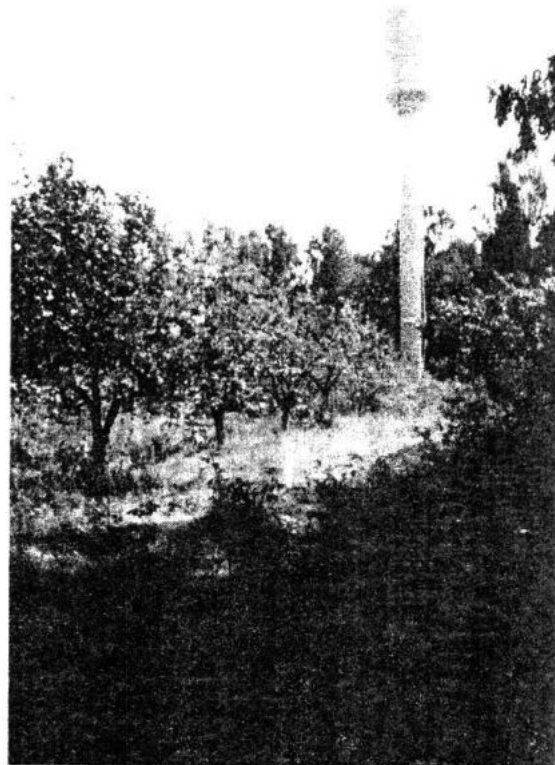


Рис. 9 – Пожовтілий яблуневий сад біля водонапірної вежі, на якій розташована антена базової станції



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

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. 11). У цей же час було проведене вимірювання ГПЕ навколо антени станції в різних точках саду вздовж розташування діаграми спрямованості антени А станції (див. рис. 5). Вимірювання проводилося на висоті біля 2 м приладом ПЗ-41 російського виробництва у смузі частот 300 МГц...40 ГГц. Поріг чутливості приладу по ГПЕ дорівнює $0,26 \text{ мкВт/см}^2$. При вимірюваннях у всіх точках навколо антени і на території саду покази приладу були нульовими. Фрагмент цих вимірювань показано на рис. 12. Аналогічні вимірювання ЕМВ були проведені в інших точках ШЕБ: біля лабораторного корпусу радіотелескопа УРАН-3 та на антенному полі радіотелескопа (рис. 13). У всіх контрольних пунктах на території бази покази приладу ПЗ-41 були нульовими. Попередній аналіз цих вимірювань дозволяє зробити на даний час два висновки:

1. Чутливість приладу ПЗ-41 є надто малою.
2. Смуга частот є дуже широкою.

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 ШЕБ, при опитуванні одноставно вказують на різні біологічні ознаки впливу ЕМВ



Рис. 11 – Зелений яблуневий сад (травень 2008 р.)

станції на довкілля: розтріскування кори дерев, жовтіння листя берез тощо.



Рис. 12 – Вимірювання ГПЕ в яблуневому саду (травень 2008 р.)

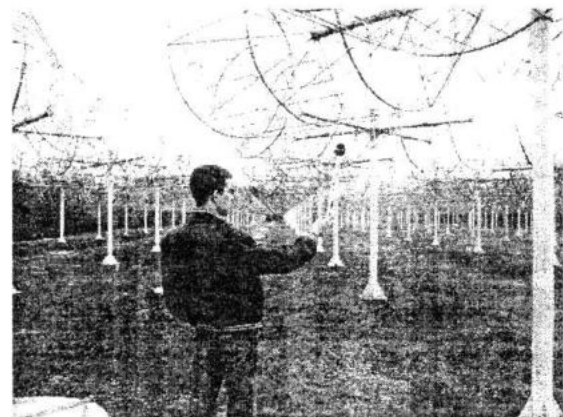


Рис. 13 - Вимірювання ГПЕ на території антенного поля радіотелескопа УРАН-3

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, яка знаходиться в контакт 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 в 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.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ю. Г. Григорьев, В. С. Степанов, О. А. Григорьев, А. В. Меркулов Электромагнитная безопасность человека (справочно-информационное издание). – Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения, 1999. – 150 с.
2. <http://www.pole.com.ru/newsn.htm>
3. H. Trzaska Pomiarы pól elektromagnetycznych do celów ochrony pracy i ochrony środowiska. Wrocław, 1996.– s. 134.
4. Д. М. Шевель Электромагнитная безопасность. – К.: ВЕК+, НТИ, 2002.–432с
5. E. Grudzinski, V. Nichoga Potrzeby pomiaru pól elektromagnetycznych // Krajowe sympozjum telekomunikacji'2002 (KST'02), 11-13 września 2002, Bydgoszcz, Polska. Prace, t. C, ss. 422-425

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

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

8. Містобудівне обґрунтування на будівництво базової станції VOI.024 системи мобільного зв'язку „Київстар Дж. С. М.” 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. Л.И. Нетикова Приближенная оценка распределения электромагнитного поля абонентской станции подвижной связи. //Радиотехника . 2005. №142. С. 158–162.

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

15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 30.09.2003.