УДК 504.06:621.396.7

Баховський П.Ф., *к.т.н.,* **Євсюк М.М.** *к.т.н.,* **Лишук В.В.** *к.т.н.*
Луцький національний технічний університет

ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ В СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ`ЯЗКУ З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ СКЛАДНИХ БІОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР

У статті розглядаються окремі узагальнюючі складові досліджень, що проведені із застосуванням засобів вимірювальної техніки, які використовувалися для вимірювання електромагнітних випромінювань від базових станцій мобільного зв`язку, що розміщені в лабораторії Луцького НТУ та польових умовах.

Ключові слова: *електромагнітне випромінювання, напруженість електричного поля, напруженість магнітного поля, щільність потоку енергії, базова станція мобільного зв'язку.*

Вступ. Електромагнітне випромінювання (далі-ЕМВ) візуально не спостерігається, тому переважна більшість людства майже не приділяє йому уваги. Проте, якщо умовно провести глобальні вимірювання «впливу ЕМВ», всіх пристроїв, що виділяють ці складові на нашій планеті, то сумарний рівень природного геомагнітного поля буде перебільшеним у рази. Все більшою загрозою є і те, що ці впливи не зменшуються а навпаки, стрімко зростають і створюють катастрофічні наслідки для всіх біологічних структур і в першу чергу людству [1].

Постановка проблеми. У науковій літературі накопичено достатньо інформації щодо впливу ЕМВ на біологічні структури як окремого сегменту загальних негативних елементів, що мають місце в природі. Проаналізувавши сучасний екологічний стан, що склався в світі, Всесвітня організація здоров`я включила цю проблему до числа найбільш актуальних для людства. Американські і шведські вчені незалежно один від одного встановили безпечну для здоров`я межу інтенсивності електромагнітних полів – 0,2 мкТл (мікроТесла).

Для належного сприйняття матеріалу розглянемо коротку фізичну характеристику ЕМВ. Електромагнітні хвилі мають великий радіус розповсюдження, можуть мати безперервну або імпульсну форму з різною потужністю і характеризуються векторами напруженості електричного і магнітного полів. За частоти коливань нижче 300 МГц в якості характеристики ЕМ-поля приймається силова характеристика - напруженість електричного поля, В/м або напруженість магнітного поля - А/м. За частоти коливань вище 300 МГц поле оцінюється енергетичною характеристикою - щільністю потоку енергії (ЩПЕ), Вт/м^2 (або її похідними мВт/см^2, мкВт/см^2). Для кількісної оцінки поглинутої енергії введене поняття питомої поглинутої потужності - ППП (англ. SAR – specific absorpion rate). Під ППП розуміють кількість поглинутої потужності, що припадає на одиницю маси тіла. Це усереднена величина, яка характеризує швидкість надходження енергії НВЧ-поля в поглинаюче тіло і представлена як потужність віднесена до об`єму - Вт/м^3 (мВт/см^3) або до маси - Вт/кг (мВт/г). Встановлено, що максимально опосередкованою для терморегуляції людини буде величина - 4 Вт/кг, а максимально-допустима норма (МДН) відповідно до маси тіла - 0,4 Вт/кг. Проблема метрологічної оцінки поглинутої людиною ЕМ потужності (і енергії) досить складна. Обладнання для вимірювання ЕМ потужності людиною, опроміненим НВЧ-полем у вільному просторі має високу вартість тому їх кількість у світі складає невелику кількість. Примітка: за даними друкованих джерел оцінку впливу проводять по виміряній падаючій на людину МДН і на її основі методами математичного моделювання розраховують ППП.

Постановка завдання. З метою дослідження і порівняння були проведені вимірювання ЕМВ із застосуванням ЗВТ, на двох базових станцях (БС) мобільного зв`язку, розміщених в лабораторії Луцького НТУ та БС і мобільних станціях (МС), розташованих в польових умовах.

Викладення основного матеріалу. Вимірювання в лабораторних умовах проводились (в режимі неробочого ходу) при відключеному антенно-фідерному обладнанні приладом МІС-98195 виробництва компанії MIC Meter Industry. Одиниці вимірювання – напруженість, В/м, та щільність потоку енергії, мкВт/см^2. При вимірюванні показників безпосередньо біля БС максимальна напруженість, зафіксована приладом, становила 0,395

В/м, а усереднене значення величини - (0,24-0,3) В/м (240-300мВ/м). Щільність потоку енергії при відключеному антенно-фідерному обладнанні була незначною – в середньому від 0,007 до 0,012, максимально – 0,05 мкВт/см^2. Зауважимо, що діючі санітарні норми встановлюють максимально допустиме значення для стаціонарних джерел у 2,5 мкВт/см^2. Магнітна складова випромінювання визначалась за допомогою приладу ТМ-1390. Безпосередньо біля БС діапазон значень склав (0,18-0,38) мкТл,показники на відстані 1 метр від БС-1 і БС-2 були ідентичними – 0,09 мкТл, а біля антени РРЛ – 0,25 мкТл.

Найжорсткіші вимоги з відомих обмежень по магнітному полю становлять 0,4 мкТл (Нідерланди), в багатьох інших країнах вони коливаються від 1 до 50 мкТл. Як видно, виміряні значення ЕМВ у лабораторії не перевищують жодних допустимих санітарно-гігієнічних нормативів як за електричною, так і за магнітною складовою поля. Затверджені в Україні санітарні норми захисту населення від впливу ЕМВ є одними з найжорсткіших у світі (встановлений гранично допустимий рівень (ГДР) густини потоку енергії для передавальних об'єктів становить 2,5 мкВт/см^2. Для порівняння нормативні значення ЕМВ в різних частотних діапазонах наведені в табл. 1-3 [6].

Таблиця 1

Максимально допустима напруженість електромагнітного випромінювання радіочастот в діапазоні (0,6-300) МГц на робочому місці і в місцях можливого розташування персоналу, пов'язаного професіонально з впливом ЕМП

Складові поля, по яких оцінюється його взаємодія, і діапазон частот, МГц	Гранично допустима напруженість протягом робочого дня
Електрична складова:	
0,06-3	50 В/м
3-30	20 В/м
30-50	10 В/м
50-300	5,0 В/м
Магнітна складова:	
0,06-1,5	5,0А/м
30-50	0,3 А/м

Зауваження: інтенсивність електромагнітного поля в діапазоні частот (0,06-300) МГц на робочих місцях оцінюється збільшенням напруженості його складових – електричної і магнітної в вольтах на метр (В/м) і амперах на метр (А/м).

Таблиця 2

Гранично допустима щільність потоку енергії електромагнітного поля радіочастот в діапазоні 300 МГц -300 ГГц і час перебування на робочих місцях і в місцях можливого розміщення персоналу, пов'язаного професійно з взаємодією ЕМП

№ п/п.	Щільність потоку енергії		Допустимий час перебування протягом робочого дня
	Вт/м^2	мкВт/см^2	
У всіх випадках (крім випадків випромінювання від обертових і скануючих антен БС і ПС)			
1	До 0,1	До 10	Робочий день
2	0,1-1,0	10-100	Не більше 2 год.
3	1,0-10	100-100	Не більше 20 хв.
У випадках випромінювання від обертових і скануючих антен (БС і ПС)			
4	До 1,0	До 100	Робочий день
5	1,0-10	100-1000	Не більше 2 год.
За наявності рентгенівського випромінювання чи високої температури повітря в приміщенні (вище 28 °С)			
6	До 0,1	До 10	Робочий день
7	1,0	100	Не більше 2 год.

Зауваження: 1. Інтенсивність електромагнітного поля в діапазоні 300 МГц - 300 ГГц і час перебування на робочих місцях оцінюється значенням щільності потоку електроенергії в ватах на квадратний метр чи в мікроватах на квадратний сантиметр (Вт/м^2, мкВт/см^2). 2. В інший робочий час гранично допустима щільність потоку енергії ЕМП не повинна перевищувати 0,1 Вт/м^2. 3. Вказані норми допустимі за умови використання захисних

пристроїв (окулярів).

Таблиця 3

Гігієнічні норми впливу на людину електричного поля струмів промислової частоти

Напруженість електричного поля, кВ/м	Час перебування людини в електричному полі протягом 1 доби, хв., не більше
Менше 5	Без обмежень
Від 5 до 10	180
Більше 10 до 15	90
Більше 15 до 20	10
Більше 20 до 20	5

Зауваження: 1. Вказівки таблиць поширюються на електричне поле створене струмами частотою 50 Гц за напруги 400 кВ і більше. 2. Зазначені норми поширюються на персонал, який за умовами роботи систематично (протягом кожного робочого дня знаходиться в зонах електричного поля струмів промислової частоти). 3. Зазначені норми дійсні, якщо інший час людина знаходиться в місцях, де напруженість електричного поля дорівнює або менша 5 кВ/м, і якщо виключена можливість дії на людський організм електричних зарядів.

В польових умовах заміри проводились у зонах впливу різних БС (для п’яти різних операторів) на території Волинської області [2]. Фіксувались значення напруженості електромагнітного поля та щільності потоку енергії (приладом ПЗ-17). Всього дослідженням було охоплено більше 30 БС, обстежено 11 моделей МС різних виробників у різних режимах роботи та на різних відстанях від обслуговуючих БС. При замірах поблизу БС не було виявлено перевищень допустимого рівня ЕМВ, у більше 80% випадків він був меншим 0,15 ГДР. Значною мірою це пов’язано із правильним встановленням БС, коли передавальні сектори спрямовуються у напрямках повз будинки, відповідно точки замірів (дахи і верхні поверхи прилягаючих споруд) виявлялись поза основним потоком ЕМВ. Але у двох випадках зафіксований рівень наближався до ГДР (2,2- 2,35 мкВт/см^2) на невеликих ділянках, розміщених навпроти нестандартно нахилених та низько розміщених антенно-фідерних пристроїв. Очевидно, що для кожної конкретної БС необхідне окреме дослідження рівнів ЕМВ за умови різної передавальної потужності, завантаженості мережі тощо. Значення рівня ЕМВ, створюваного МС, коливалась у дуже широких межах – від 0,02 до 240 мкВт/см^2. Найінтенсивніше випромінювання МС очікувано спостерігалось у режимах прийому виклику і користування мобільним інтернетом, а також на значно віддалених від БС, сильно екранованих територіях. Велика амплітуда отримуваних значень та значна їх залежність від кількох динамічних факторів ставить певні вимоги до організації таких вимірювань. На думку фахівців [2], важливим є дотримання таких складових: визначення конкретного місцезнаходження обслуговуючої БС на досліджуваній території; виявлення конкретного місця розміщення антени у досліджуваній моделі телефону, відключення за наявності додаткових антен (Bluetooth, GPS); вибір точок для замірів на різних відстанях до БС за двома напрямами через 60° (один з них вздовж спрямування передавального сектору); на однаковій відстані від БС вибір місця замірів з різними гіпсометричними та екрануючими характеристиками; підбір часу вимірювань для охоплення як стандартних, так і пікових навантажень на мережу; врахування можливості періодичного регулювання потужності БС операторами; забезпечення достатньої вибірки замірів за рахунок кількості точок, різного часу та повторюваності вимірювань.

Врахування вказаних особливостей дозволить значно підвищити точність та репрезентативність отримуваних результатів вимірювань величин ЕМВ, що створюється пристроями мобільного зв’язку.

Висновки. Проведені дослідження показують, що ЕМВ мають різні величини електромагнітних складових залежно від умов, а отже їх наслідки можуть бути різними. Можливо, необхідно розробити концепцію комплексного дослідження таких впливів у різних регіонах з урахуванням сумарних ЕМВ та інших факторів – наслідків Чорнобильської катастрофи, забруднюючих викидів вуглецю тощо, та створити науково-дослідний центр для дослідження висвітлених проблем за умови забезпечення відповідним фінансуванням і обладнанням.

Інформаційні джерела

1. Баховський П.Ф., Окремі аспекти дослідження впливу електромагнітних випромінювань

на біологічні структури в регіонах, що постраждали від наслідків Чорнобильської катастрофи. Луцький національний технічний університет / Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Енергетична безпека навколишнього середовища», м. Луцьк, 2013. - с.40-42.
2. Федонюк М.А. До питання організації вимірювань рівнів електромагнітних випромінювань пристроїв мобільного зв`язку. М. Федонюк, А. Федонюк, А. Цалковський. Матеріали IX міжн. нук-практ. конф. «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об`єктів-2010». Кременчуг, КНУ ім. М. Остроградського, 2010. - с. 149-150.
3. Баховський П.Ф., Євсюк М.М. Ймовірний підхід до захисту базових станцій мобільного зв'язку від впливів коротких замикань, що виникають на високовольтних ЛЕП. Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут» / Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи, м. Київ, 2013. - с. 59-60.
4. Бурлаков А.Б., Падалка С.М., Супруненко Е.А., Влияние внешних злектромагнитных воздействий на процессы самоорганизации сложных биологических систем / Материалы конференции «Этика и наука будущего». Ежегодник «Дельфис 2003». М., 2003. - с. 252-255.
5. Г.М. Франчук, д.т.н., проф., А.С. Конахович., асп. Аналіз екологічної безпеки систем стільникового зв'язку за фактором електромагнітного випромінювання. / ISSN 1813-1166. Вісник НАУ, 2010, №2. - с. 114 - 119.
6. П.А. Долин, Справочник по технике безопасности / Издание пятое, переработанное и дополненное. Москва, Энергоатомиздат, 1982. - с. 529-533, с. 591.
7. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань / №239 від 1.08.96.
8. Electromagnetic fields and public health: mobile phones // http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193

П.Ф. Баховский, *к.т.н.*, **Н.Н. Евсюк,** *к.т.н.* **Лишук В.В.**, *к.т.н.*
Луцкий национальный технический университет

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ В СИСТЕМАХ СОТОВОЙ СВЯЗИ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР

В статье рассматриваются отдельные обобщающие составляющие исследований, проведенных с применением средств измерительной техники, которые использовались для измерения электромагнитных излучений от базовых станций мобильной связи, расположенных в лаборатории Луцкого НТУ и полевых условиях.

Ключевые слова: *электромагнитное излучение, напряженность электрического поля, напряженность магнитного поля, плотность потока энергии, базовая станция мобильной связи.*

P. Bakhovskiy, M. Evsyuk, Lyshuk V.
Lutsk National Technical University

THE MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC RADIATIONS IN SYSTEMS OF MOBILE COMMUNICATIONS FOR THE PURPOSE OF TO PROVIDING ECOGENING SAFETY OF TRICKY BIOLOGICAL STRUCTURES

In paragraph considered some components of generalizing studies conducted with the use of measuring instruments and used for measuring electromagnetic radiation from base stations of mobile communications that are placing in the Lutsk National Technical University's laboratory and in the field conditions.

Keywords*: electromagnetic radiation, electric field's tension, magnetic field's tension, energy flux density, the base stations of mobile communications.*