

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА АВТОМАТИКА

УДК 621.396

<https://doi.org/10.31713/vt1202127>

Наумчук О. М., к.т.н, доцент, Сидорчук Б. П., к.т.н., доцент
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Мазурек П., Ph.D, професор**
(Люблінський технологічний університет, м. Люблін, Польща)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ В М. РІВНОМУ

В статті приведено результати дослідження впливу електромагнітного випромінювання від базових станцій стільникової телефонії, радіотехнічних об'єктів, електроустановок та ліній електропередач високої та дуже високої напруги на навколишнє середовище в м. Рівному і його околицях та визначено заходи щодо його зменшення та загального поліпшення електромагнітної ситуації.

Ключові слова: стільникова телефонія; базова станція; електромагнітне випромінювання; електромагнітна енергія; лінії електропередач.

Вступ. Електромагнітні поля зустрічаються в природі і завжди існували на Землі, але упродовж XX–XXI століть, а особливо за останні 30 років, вплив штучних джерел електромагнітних полів на навколишнє середовище, включаючи живі організми, значно зріс і став предметом численних наукових досліджень. Розвиток сучасних промислових технологій та безпроводної передачі даних сприяє тому, що цей вплив і далі продовжує зростати. А це, у свою чергу, призводить до зростання занепокоєння та різних припущень і домислів щодо його походження і дії. Оскільки, на даний час всі верстви населення, в тій чи іншій мірі піддаються впливу електромагнітних полів і їх рівень постійно зростає, тому питання дослідження його впливу є актуальним [1].

Постановка проблеми. Інтенсивний розвиток економіки, промислової, інформаційної та інших видів діяльності людини викликав появу нового небезпечного фактору - електромагнітне забруднення навколишнього середовища. Джерелами цього забруднення в містах та інших населених пунктах є радіотехнічні об'єкти, електроустанов-

ки та лінії електропередач високої та дуже високої напруги. А за останні 15 років до цих джерел приєдналася велика кількість радіостанцій стільникового зв'язку. Щорічно кількість таких станцій збільшується в сотні разів, що, безумовно, впливає на ріст рівня забруднення навколишнього середовища електромагнітним випромінюванням. У даній статті приведені результати досліджень небезпечного впливу електромагнітного випромінювання на навколишнє середовище, а також запропоновані способи зниження електромагнітного забруднення.

Результати досліджень. Для дослідження та моніторингу електромагнітної ситуації використовувалися різноманітні пристрої. Вимірювання напруженості електричного поля дуже низьких (3–30 кГц) та крайньо низьких (3–30 Гц) частот, проводились за допомогою вимірювача TRACER EF90 фірми Radiation Technology (США), а вимірювання напруженості магнітного поля в тому ж діапазоні частот – TRACER MF100S фірми Radiation Technology (США). Завдяки широкому діапазоні вимірювань ці пристрої здатні фіксувати електричне та магнітне поля в широкому діапазоні частот з високою точністю. Для вимірювань електромагнітного поля використовувався вимірювач TES-92 фірми TES Elektrical Elektronik Corp. (Тайвань). Цей прилад дає змогу широкосмугового вимірювання електромагнітного випромінювання в діапазоні частот від 50 МГц до 3,5 ГГц.

Методика досліджень. У кожній досліджуваній точці для вимірювання параметрів електромагнітних полів використовувались три вимірювачі, які описані вище. Вимірювач TRACER EF90 використовувався для вимірювання напруженості електричного поля в двох діапазонах частот (30...2000 Гц і 2...400 кГц). Вимірювач TRACER MR100S використовувався для вимірювання напруженості магнітного поля в двох діапазонах частот (5...2000 Гц і 2...400 кГц). Для систематизації отриманих результатів з кожної серії вимірювань, відповідних діапазонів, виконувалась фіксація вимірюваних параметрів за відповідною орієнтацією чутливого елементу пристрою з розташуванням у певних площинах, які відповідають координатним осям. За вісь OX приймали площину горизонтально розташовану до досліджуваної лінії електропередачі (ЛЕП), або до горизонтального напрямку поширення електромагнітних хвиль від направленої антени базових станцій стільникової телефонії (вимірювач TES-92). У якості осі OY приймали площину вертикально розташовану до досліджуваної ЛЕП, або до вертикального напрямку розповсюдження електромагнітних

хвиль від направленої антени базових станцій (вимірювач TES-92). У свою чергу, у якості осі OZ використовувалася вертикальна площина, яка перпендикулярна до лінії ЛЕП або до напрямку поширення електромагнітних хвиль від направленої антени базових станцій (вимірювач TES-92). При цьому, здійснювалося вимірювання миттєвих та максимальних значень потужності електричного та магнітного полів, а також напруженості та густини електромагнітного поля в діапазоні частот від 50 МГц до 3,5 ГГц (вимірювач TES-92).

Моніторинг електромагнітної ситуації здійснюється нами з 2011 р. з певною періодичністю [2]. У якості характерних місць, в яких визначалися параметри електричного, магнітного та електромагнітного полів, нами вибрані місця скупчення джерел потужних електромагнітних випромінювань, наприклад ЛЕП 110 кВ, 330 кВ, антени базових станцій стільникової телефонії різних стандартів, радіорелейні прийомопередавачі, трансформаторні підстанції, а також засоби передачі сигналу теле та радіо каналів. Представлені результати досліджень виконані в м. Рівному та його околицях. Вимірювання проводилися на рівні поверхні землі (2 м), дахах багатоповхоних будинків, поблизу ліній електропередач та розподільчих підстанцій у межах прямої видимості джерела сигналу. Також, для порівняння результатів досліджень здійснювалися вимірювання у місцях відсутності джерел електромагнітного випромінювання у межах прямої видимості. Варто зазначити, що використаний нами підхід може бути придатний до застосування в інших територіях з урахуванням, забудови, рельєфу місцевості та скупчень джерел електромагнітних випромінювань.

Перша серія досліджень відбувалася у густонаселеному районі м. Рівного. Одне з місць, яке було вибрано для моніторингу електромагнітної ситуації знаходиться на перехресті вулиць Київської, Відінської та Грушевського, поблизу НВК Школа-ліцей № 12. Джерела електромагнітного випромінювання знаходяться на даху торговельного центру. Особливістю даної території є те, що на даху одного будинку (торгівельний центр) розміщені одразу 4-и щогли з розташованими антенами базових станцій, а навколо знаходяться школа, коледж, офісні і торговельні приміщення та багатоквартирні будинки. Вибране місце є найбільш характерним з точки зору необхідності забезпечення електромагнітної безпеки. При цьому, враховувався ситуаційний план забудови та особливості рельєфу місцевості.

Згідно санітарних вимог, які діють в Україні, гранично допустимий рівень (ГДР) електромагнітного поля для радіотехнічних об'єктів, що працюють у діапазонах дуже високих та ультрависоких частот, встановлюється на рівні 10 мкВт/см^2 [3]. За дотриманням цих норм стежать Центри контролю та профілактик хвороб МОЗ України (колишня санітарно-епідеміологічна служба), а саме, здійснюють вибіркові вимірювання та відслідковують дотриманням санітарних вимог.

Особливо гостро постає питання визначення рівня електромагнітного забруднення у місцях перебування дошкільнят, школярів та молоді, оскільки вони найбільш вразливі до негативного впливу електромагнітного випромінювання. У багатьох містах в Україні дошкільні та навчальні заклади знаходяться у густозаселених районах з великою щільністю інфраструктури, торгових центрів та громадських будівель, що у свою чергу, спонукує операторів мобільного зв'язку розвивати свою власну інфраструктуру і, відповідно, збільшувати загальний рівень електромагнітного навантаження. Варто зауважити, що для зменшення шкідливого впливу електромагнітного випромінювання в Україні встановлено обмеження чинних гігієнічних нормативів на території, або поблизу таких закладів до 50% від гранично допустимих рівнів. Саме такий ситуаційний приклад був вибраний нами для проведення досліджень.

У результаті проведених досліджень та постійного моніторингу електромагнітної ситуації навколо даного радіотехнічного об'єкту (РТО) щільність потоку електромагнітної енергії на висоті 2 м від землі і на відстанях 0–250 м, як того вимагають державні санітарні норми і правила, складає не більше $0,4297 \text{ мкВт/см}^2$, тобто, значно нижче від гранично допустимих рівнів. Такі рівні не здійснюють суттєвого впливу на стан здоров'я населення і є безпечними для довкілля. Але на висоті від 19,4 м і вище від поверхні землі та на відстані до 175 м від місця встановлення антен, у деяких напрямках, рівні електромагнітного випромінювання у наших спостереженнях перевищували гранично допустимі значення (рис. 1), які на початкових етапах досліджень становили – $2,5 \text{ мкВт/см}^2$. Оскільки, ці норми у 2017 р. були збільшені до 10 мкВт/см^2 [2], то таким чином перевищення, які фіксувалися раніше, зараз не спостерігаються. Разом з цим, варто зауважити, що хоча гранично допустимі норми електромагнітного випромінювання збільшилися в 4-и рази, від цього величина електромагнітного забруднення за останні роки не зменшилася, а навпаки збільшилася, оскільки власники радіотехнічних об'єктів можуть збі-

льшувати рівень електромагнітного випромінювання у 4-и рази. Таким чином і далі зберігається небезпека від постійної дії електромагнітного випромінювання. З огляду на це, в межах вказаного радіотехнічного об'єкта, ми рекомендуємо: дотримуватися структуризації мережі покриття електромагнітним сигналом (рівномірність та рівноцінність поширення), використовувати більш екологічні моделі радіотехнічного обладнання, зменшуючи його потужність та і далі застосовувати раціональну містобудівну політику.

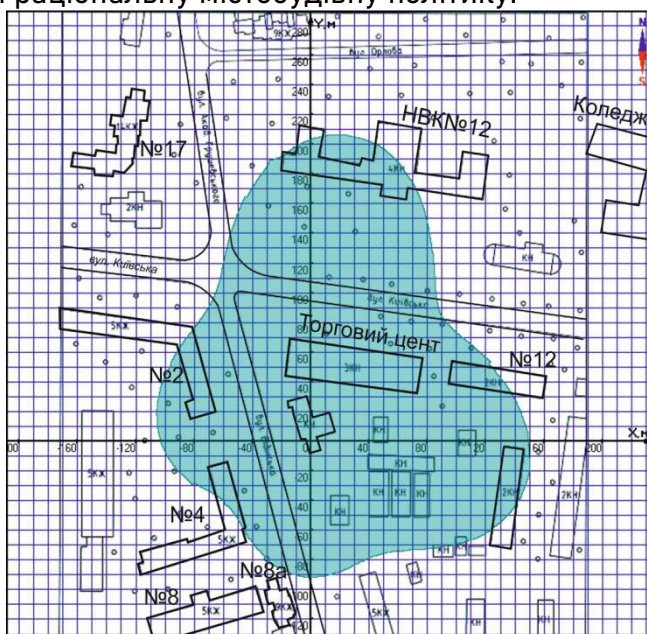


Рис. 1. Ситуаційний план досліджуваної території з нанесеною зоною максимальних рівнів електромагнітного випромінювання на висоті від 19,4 м

Варто звернути увагу, що при розміщенні кількох базових станцій та їх передавально-приймального обладнання у місцях загального користування наприклад, на дахах промислових, громадських, житлових та інших будівель щільність потоку електромагнітного випромінювання, у порівнянні з поодиноким розташуванням збільшується. У таких випадках необхідно організовувати додаткові заходи обмеження впливу електромагнітного випромінювання. Такі заходи також варто застосовувати у разі сумісного використання потужного електроенергетичного обладнання та точкових джерел електромагнітного випромінювання [4]. Саме така ситуація спостерігається у декількох районах м. Рівного та в його околицях.

Одна з таких локацій знаходиться на вул. Енергетиків. Її особливістю є наявність ЛЕП високої напруги, трансформаторних підстанцій, а також приймально-передавального обладнання базових станцій стільникової телефонії на невеликій території. Оскільки лінії електропередач, трансформаторні підстанції та інші пристрої створюють в навколишньому середовищі електричне поле, напруженість якого знижується в міру віддалення від них, а ситуацію погіршує те, що у безпосередній близькості до цього об'єкта знаходяться житлові будинки, то цей об'єкт потребує особливої уваги. Гранично допустимі рівні напруженості електричного поля на території зони житлової забудови за державними санітарними нормами становлять 1 кВ/м [3]. Проведені нами дослідження показали, що поблизу цього об'єкта максимальне значення напруженості електричного поля становило 0,054 кВ/м, а щільність потоку електромагнітної енергії на висоті 2 м – 0,008 мкВт/см², що значно менше допустимих значень. Незважаючи на це, ми вважаємо, що небезпека негативного впливу електромагнітного поля на населення, особливо на те яке, постійно проживає у цій території значно вища ніж у інших частинах міста. Тому, що постійне та довготривале знаходження людей, а особливо дітей, у межах концентрації об'єктів електромагнітного випромінювання носить накопичувальний характер і потребує довготривалого дослідження з залученням фахівців у медичній сфері [5].

У якості іншого об'єкта досліджень з різнотипними РТО нами вибрано радіотелевізійна передавальна станція (РТПС) в с. Антопіль Рівненського району. На щоглі висотою 239 м розміщено телевізійний передавач потужністю 50 кВт та радіопередавачі по 4 кВт, а також антени базових станцій різних операторів стільникового зв'язку. Цей об'єкт характеризується широким спектром частот та складною електромагнітною ситуацією. Особливістю якої є використання джерел випромінювання, що характеризуються значною різницею частотного діапазону. Оцінку рівнів електромагнітного випромінювання необхідно здійснювати для кожного каналу окремо, що значно ускладнює процес досліджень, оскільки кожен частотний діапазон має окремий ГДР.

У результаті проведених досліджень отримано показники, які свідчать, що загалом електромагнітна ситуація навколо цього РТО відповідає гранично допустимим нормам. Як і у інших досліджуваних локаціях, у прилеглий території до цього об'єкта знаходяться земельні ділянки, житлові та промислові будівлі. Нами було опрацьовано

результати вимірювання напруженості та густини електромагнітного поля, отримано спектральну густину електромагнітного випромінювання в діапазоні метрових та дециметрових довжин хвиль у відповідному спектрі частот. Узагальнивши ці показники побудовано графік сумарного електромагнітного навантаження при роботі всіх встановлених на вежі радіотехнічних засобів на заданій потужності (рис. 2).

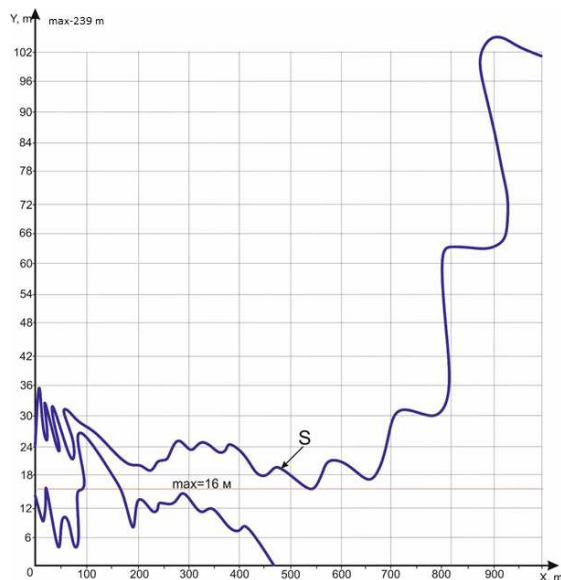


Рис. 2. Розподіл сумарного електромагнітного навантаження при роботі встановлених на вежі радіотехнічних засобів на заданій проектній потужності, S – межа перевищення ГДР [6]

Варто зазначити, що при проведенні вимірювань у певних місцях прилеглої до цього РТО території, нами були зафіксовані значні перевищення щільності потоку енергії, які становили 11 мкВт/см^2 , а подекуди навіть до 30 мкВт/см^2 в діапазоні 900–1800 МГц, що може вказувати на факт недотримання проектних показників та паспортних даних цього об'єкту, або на неправильні умови експлуатації приймально-передавального обладнання. З огляду на вищевказане, електромагнітна ситуація навколо даного РТО потребує постійного моніторингу та детального вивчення.

Крім того, у вказаній місцевості проходять декілька ЛЕП 110 кВ і 330 кВ, які вносять суттєвий вплив на загальну електромагнітну ситуацію. Поблизу с. Біла Криниця Рівненського району нами зафіксо-

вані значення напруженості електричного поля – 4,15 кВ/м і вище, а щільність потоку електромагнітної енергії на висоті 2 м – 0,23 мкВт/см². Цей фактор вказує на те, що на загальну картину електромагнітної безпеки, крім інших джерел електромагнітного випромінювання, суттєво впливають ЛЕП. Ситуація ускладнюється наявністю у цій місцевості приватної забудови та закладів бізнесу. Всі ці фактори варто враховувати при подальшому використанні прилеглих територій, а також варто здійснювати постійний моніторинг електромагнітної ситуації.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, в статті представлено результати довготривалих досліджень електромагнітної ситуації в м. Рівному та у прилеглих територіях. Виконано аналіз впливу різнотипних джерел на електромагнітну ситуацію, а також запропоновано шляхи її покращення. Запропоновано: надалі проводити структуризацію покриття базових станцій стільникової телефонії з урахуванням наявності всіх джерел електромагнітного випромінювання; модернізувати електротехнічне обладнання та здійснювати його експлуатацію у відповідності до норм і стандартів та проектних показників; обмежувати забудову та господарську діяльність у територіях з високим рівнем електромагнітного забруднення та здійснювати моніторинг електромагнітної ситуації.

1. URL: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/emf> (дата звернення: 12.07.2021).
2. Ekspozycja na pola elektromagnetyczne wysokich częstotliwości w środowisku zamieszkania / Paweł Mazurek, Artur Wdowiak, Oleksandr M. Naumchuk. [W]: *V Konferencja Naukowo-Szkoleniowa : Dni trzech Kultur w Medycynie, innowacyjne technologie medyczne – znaczenie i zastosowanie*, 20.10.2017, Lublin : [streszczenia], 2017. S. 86–88
3. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96/page> (дата звернення: 12.07.2021).
4. P. A. Mazurek and O. M. Naumchuk. Electromagnetic emission testing in GSM band. *Electromagnetic Devices and Processes in Environment Protection with Seminar Applications of Superconductors* : International Conference on (ELMECO & AoS), 2017. Pp. 1–4, doi: 10.1109/ELMECO.2017.8267730.
5. Paweł A. Mazurek, Oleksandr M. Naumchuk, Krzysztof Kot, Artur Wdowiak, Małgorzata Zybała. Exposure of high frequency electromagnetic fields in the living environment. *European Journal of Medical Technologies*. 2018. 4(21). S. 33–39.
6. Naumchuk O. Determination of electromagnetic radiation emitted by telecommunication equipment of

transmission centers. *Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska*. IAPGOŚ 2013; 3 (4): 74–76.

REFERENCES:

1. URL: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/emf> (data zvernennia: 12.07.2021).
2. Ekspozycja na pola elektromagnetyczne wysokich częstotliwości w środowisku zamieszkania / Paweł Mazurek, Artur Wdowiak, Oleksandr M. Naumchuk. [W]: *V Konferencja Naukowo-Szkoleniowa : Dni trzech Kultur w Medycynie, innowacyjne technologie medyczne – znaczenie i zastosowanie*, 20.10.2017, Lublin : [streszczenia], 2017. S. 86–88.
3. Derzhavni sanitarni normy i pravyla zakhystu naselennia vid vplyvu elektromahnitnykh vyprominiuvan. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96/page> (data zvernennia: 12.07.2021).
4. P. A. Mazurek and O. M. Naumchuk. Electro-magnetic emission testing in GSM band. *Electromagnetic Devices and Processes in Environment Protection with Seminar Applications of Superconductors : International Conference on (ELMECO & AoS)*, 2017. Pp. 1–4, doi: 10.1109/ELMECO.2017.8267730.
5. Paweł A. Mazurek, Oleksandr M. Naumchuk, Krzysztof Kot, Artur Wdowiak, Małgorzata Zybata. Exposure of high frequency electromagnetic fields in the living environment. *European Journal of Medical Technologies*. 2018. 4(21). S. 33–39.
6. Naumchuk O. Determination of electromagnetic radiation emitted by telecommunication equipment of transmission centers. *Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska*. IAPGOŚ 2013; 3 (4): 74–76.

Naumchuk O. M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Sydorchuk B. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Mazurek Paweł, Ph.D., Professor** (Lublin University of Technology, Lublin, Poland)

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF ELECTROMAGNETIC EMISSIONS ON THE ENVIRONMENT IN THE CITY OF RIVNE

The article presents the results of a research on the impact of electromagnetic emissions from base stations of cellular telephony, radio facilities, electrical installations and electric lines of high and very high voltage on the environment in Rivne and its surroundings and identifies measures for its reduction and general improvement of

the electromagnetic situation.

Keywords: cellular communication; base station; electromagnetic emissions; electromagnetic energy; electrical power lines.

Наумчук А. Н., к.т.н., доцент, Сидорчук Б. П., к.т.н., доцент
(Национальный университет водного хозяйства и
природопользования, г. Ровно), **Мазурек П., Ph.D, профессор**
(Люблинский технологический университет, г. Люблин, Польша)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В Г. РОВНО

В статье приведены результаты исследования влияния электромагнитного излучения от базовых станций сотовой телефонии, радиотехнических объектов, электроустановок и линий электропередач высокого и очень высокого напряжения на окружающую среду в г. Ровно и его окрестностях и определены меры по его уменьшению и общего улучшения электромагнитной ситуации.

Ключевые слова: сотовая телефония; базовая станция; электромагнитное излучение; электромагнитная энергия; линии электропередач.
