
ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 57.043:534.29:613.648.2

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.36>

ГЛОБАЛЬНЕ ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В ЕКОЛОГІЧНОМУ СТАНІ СУЧАСНОЇ УРБОЕКОСИСТЕМИ

Балабак О.А. – д.с.-г.н., с.н.с., завідувач відділу генетики,
селекції та репродуктивної біології рослин,
Національний дендрологічний парк «Софіївка»
Національної академії аграрних наук України

Балабак А.В. – к.с.-г.н., доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет садівництва

Василенко О.В. – к.с.-г.н., доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет садівництва

У статті наведено результати дослідження стану техногенного електромагнітного навантаження на урбоекосистему міста Умань та обґрунтовано особливості оцінки потенціалу впровадження технології захисту навколишнього середовища від акустичного забруднення в межах міста Умань. Крім того, охарактеризовано акустичне забруднення від транспортного шуму на центральних вулицях міста.

Електромагнітні поля – це електричні та магнітні поля, що поширюються в просторі у формі хвиль зі швидкістю світла. Нині електромагнітні поля антропогенного походження суттєво перевищують природний фон і є несприятливим чинником, вплив якого на людину зростає. Джерелами, що генерують електромагнітні поля антропогенного походження, є телевізійні та радіотрансляційні станції, установки для радіонавігації та радіолокації, високовольтні лінії електропередач, пристрої, які забезпечують мобільний і стільниковий телефонні зв'язки, антени, трансформатори, промислові установки високочастотного нагрівання.

У містах рівні електромагнітних полів значно вищі, ніж, наприклад, в умовах сільської селітебної території. Підвищення рівнів електромагнітного випромінювання там відбувається внаслідок практично безперервної роботи щільної мережі базових станцій стільникового зв'язку, телерадіостанцій та інших можливих джерел електромагнітного випромінювання.

В межах сучасних урбоекосистем шумове забруднення є однією із найактуальніших проблем сьогодення. Населення великих міст проживає в умовах акустичного дискомфорту, викликаного різними шумовими джерелами: транспортна рухливість населення, технічне оснащення міського господарства, будівництво нових житлових кварталів. Шум є невід'ємною частиною міського середовища, і зростає розуміння того, що його необхідно розглядати на тому ж рівні важливості, що і візуальну естетику у процесі містобудування та проектування. Тому шумовий фон є важливим аспектом придатності урбоекосистеми для життя та його якості.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, електричне поле, магнітне поле, акустичне забруднення, урбоекосистема.

Balabak O.A., Balabak A.V., Vasylenko O.V. Global electromagnetic stress and noise pollution of the environment in the ecological state of the modern urban ecosystem

The article presents the results of a study of the state of technogenic electromagnetic stress on the urban ecosystem of the city of Uman and substantiates the features of assessing the potential for the introduction of technology to protect the environment from acoustic pollution within the city of Uman. In addition, the article describes the acoustic pollution with traffic noise on the central streets of the city.

Electromagnetic fields are electric and magnetic fields that spread in space as waves at the speed of light. At present, electromagnetic fields of anthropogenic origin significantly exceed the natural background and are an unfavorable factor, the influence of which on humans is increasing. Sources that generate electromagnetic fields of anthropogenic origin are television and radio broadcasting stations, radio navigation and radar facilities, high-voltage power lines, devices that provide mobile and cellular telephony, antennas, transformers, industrial high-frequency heating units, etc.

In cities, the levels of electromagnetic fields are much higher than, for example, in a rural residential area. The increase in the levels of electromagnetic radiation occurs there due to the almost incessant functioning of a dense network of base stations of cellular telephony, television and radio stations and other possible sources of electromagnetic radiation.

Within the modern urban ecosystems, noise pollution is one of the most pressing problems of our time. The population of big cities lives in the conditions of acoustic discomfort caused by various noise sources: transport mobility of the population, technical equipment of urban economy, construction of new residential areas, etc. Noise is an integral part of the urban environment and there is a growing realization that it should be considered at the same level of importance as visual aesthetics in urban planning and design. Therefore, background noise is an important aspect of the suitability of the urban ecosystem for living and the quality of life.

***Key words:** electromagnetic radiation, electric field, magnetic field, acoustic pollution, urban ecosystem.*

Постановка проблеми. Інтенсивне використання електромагнітної енергії в сучасному інформаційному суспільстві призвело до того, що на початку ХХІ століття сформувався новий значущий фактор забруднення навколишнього середовища - електромагнітні поля (далі – ЕМП) техногенного походження.

ЕМП отримують все більш широке поширення як у виробничих, так і в побутових умовах, створюючи дедалі більшу небезпеку для здоров'я населення. Йдеться про комп'ютери, телевізори, мобільні телефони, мікрохвильові печі. Дія електромагнітного випромінювання (далі – ЕМВ) посилюється тривалим впливом (цілодобово і протягом років), що може призводити до трагічних наслідків. Останніми роками увага до рівня випромінювання побутових і промислових приладів істотно зросла, особливо для зразків нової техніки [3].

Одним із найпотужніших чинників екологічної небезпеки урбоєкосистем є і шумове забруднення. В межах сучасних урбоєкосистем шумове забруднення є однією з найактуальніших проблем сьогодення. Згідно даних Всесвітньої організації охорони здоров'я, майже 40% жителів Європи відчують вплив міського шуму, інтенсивність якого перевищує 60 дБ у денний і нічний часи [9; 10]. Населення великих міст проживає в умовах акустичного дискомфорту, викликаного різними шумовими джерелами: транспортна рухливість населення, технічне оснащення міського господарства, будівництво нових житлових кварталів [11].

Люди до кінця не усвідомлюють важливості проблеми урбаністичного шуму в контексті сприйняття якості середовища проживання в межах урбоєкосистеми. Шум є невід'ємною частиною міського середовища, і зростає розуміння того, що його необхідно розглядати на тому ж рівні важливості, що і візуальну естетику у процесі містобудування та проектування. Тому шумовий фон є важливим аспектом придатності урбоєкосистеми для життя та його якості [8; 13].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у вивчення впливу ЕМП радіочастотного діапазону на біоту здійснили дослідники О.М. Адаменко,

Є.І. Крижанівський, Є.М. Нейко, Л.В. Міщенко, Н.І. Кольцова, М.М. Назарук, Н.В. Фоменко, В.К. Сельський, М.І. Сав'юк, Л.В. Міщенко, Ю.М. Сподобаєв, A. Ahlbom, J. Bridges, W. De Jong, D.R. Black, L.N. Heynick, L. Hardell, C. Sage, K. Hecht, J.R. Jauchem, C. Johansen та інші.

Із 1995 року Всесвітня організація охорони здоров'я (далі – ВООЗ) офіційно ввела термін «глобальне електромагнітне забруднення навколишнього середовища». Таким чином ВООЗ визнала електромагнітне забруднення однією із пріоритетних екологічних проблем людства [12].

Одним із найважливіших завдань електромагнітної екології є прогнозування електромагнітної обстановки навколо випромінюючих об'єктів, яке повинно проводитися на стадіях проектування, будівництва або реконструкції випромінюючих об'єктів і дозволяє оцінити електромагнітну обстановку з точки зору виконання діючих нормативів, окреслити комплекс заходів організаційного та містобудівного характеру [6; 7].

Дослідженнями шумового забруднення міст займалися дослідники В.Е. Абракітов, В.С. Дідковський, А.Н. Марзєєв, В.В. Нікіфоров, Л.М. Перович, П.Н. Саньков, О.І. Павлова, В.П. Подольський, Л.В. Кучеренко, Н.О. Ткач, О.А. Сакун.

Постановка завдання. Для міста Умань характерна наявність значного автомобільного парку (на 1000 осіб, які проживають у місті, припадає більше 220 автомобілів, не враховуючи транзитних потоків), що створює відчутне шумове навантаження на прилеглі житлові райони міста. При цьому найбільша проблема створюється низькочастотним шумом. Останнім часом проблема загострюється в контексті того, що основні автомобільні магістралі міста тісно пов'язані із селищною зоною, в результаті чого значна кількість населення міста потрапляє під дію акустичного забруднення. Тому метою проведеного дослідження є оцінка впливу електромагнітного навантаження та шумового забруднення на стан урбо-екосистеми міста Умань для подальшого прогнозування змін станів екологічної безпеки міста та для використання в системі екологічного урбомоніторингу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження електромагнітного забруднення були обрані техногенні джерела ЕМВ на території міста Умань у чотирьох точках. Аналогічні виміри проведено у контрольній точці (сільська місцевість, неурбанізована територія, село Родниківка).

Базові станції і передавачі на них розташовуються на різній висоті і різноспрямовано один відносно одного по куту місця і азимуту. Кількість передавачів, розташованих в одній точці, насамперед залежить від необхідності, тобто чим більше абонентів, тим більше встановлено передавачів. У місті Умань та його передмісті із липня 2015 року «Київстар» почав надавати послуги зв'язку у мережі 3G (технологія HSPA+). Із лютого 2016 року оператор мобільного зв'язку «lifecell» запустив свою мережу 3G+ в Умані, з вересня цього ж року «Vodafone» також запустив 3G у місті. У липні 2018 року оператор «lifecell» запустив мережу 4.5G четвертого покоління в технології LTE Advanced Pro, а 31 серпня 2018 року «Київстар» підключив до високошвидкісного інтернету 4G/LTE місто Умань і ще 15 населених пунктів. На основі експериментальних даних апаратного вимірювання електромагнітних полів у точках дослідження урбоекосистеми міста Умань ми створили відповідну базу даних (табл. 1).

В урбоекосистемі міста Умань перевищення ГДР поверхневої густини потоку електромагнітного поля μ не спостерігається як у розрізі середніх значень цього фактору, так і у розрізі максимальних значень (ГДР становить 10 мкВт/см²). Середнє значення $\mu_{\text{сер}}$, вираховане з урахуванням показників $\mu_{\text{сер}}$ у чотирьох точках

тест-полігону, становить $0,996 \text{ мкВт/см}^2$, а середнє значення $\mu_{\text{макс}}$ вираховане з урахуванням показників $\mu_{\text{макс}}$ у чотирьох точках, становить $1,528 \text{ мкВт/см}^2$ [4]. Перевищення ГДР напруженості електричного поля E у розрізі середніх значень цього фактору не спостерігається в досліджуваних точках тест-полігону. Значення $E_{\text{сер}}$ становить від $0,391 \text{ В/м}$ до $3,198 \text{ В/м}$, а у розрізі максимальних значень цього фактору – від $0,768 \text{ В/м}$ до $3,561 \text{ В/м}$ (ГДР становить 6 В/м) [4].

Найбільші значення напруженості магнітного поля виявлено на вулиці Степана Бандери ($9,381 \text{ мА/м}$) та на вулиці Інтернаціональній ($9,432 \text{ мА/м}$), у досліджуваних точках тест-полігону урбанізованої території міста Умань напруженість магнітного поля не перевищувала $0,16 \text{ А/м}$. Середнє значення H по місту Умань, вираховане з урахуванням показників $H_{\text{сер}}$ у чотирьох точках тест-полігону, становить $4,686 \text{ мА/м}$, а середнє значення H , вираховане з урахуванням показників $E_{\text{макс}}$ у чотирьох точках, становить $6,655 \text{ мА/м}$. У контрольній точці (неурбанізована територія, сільська місцевість, село Родниківка) спостерігаємо нижчі показники E , H та μ , перевищення ГДР не виявлено.

Таблиця 1

**Значення напруженості електричного (E), магнітного (H) полів
і густини потоку енергії електромагнітного поля (μ)
у точках тест-полігону міста Умань**

Точка дослідження	Максимальні значення			Середні значення		
	$E_{\text{макс.}}$ (В/м)	$H_{\text{макс.}}$ (мА/м)	$\mu_{\text{макс.}}$ (мкВт/см ²)	$E_{\text{сер.}}$ (В/м)	$H_{\text{сер.}}$ (мА/м)	$\mu_{\text{сер.}}$ (мкВт/см ²)
вул. Степана Бандери	3,175	9,381	3,042	2,262	6,022	1,057
вул. Інтернаціональна	3,561	9,432	1,831	3,198	7,823	1,835
вул. Шевченка	0,768	2,050	0,193	0,391	1,032	0,172
вул. Європейська	2,169	5,758	1,044	2,071	3,867	0,920
с. Родниківка (контрольна точка)	0,235	0,630	0,03	0,207	0,583	0,03

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на персонал і населення, яке знаходиться у зоні дії радіоелектронних засобів, потрібно вжити низку захисних заходів. Разом із санітарними лабораторіями установ та підприємств, які використовують джерела ЕМВ, необхідно проводити поточний санітарний нагляд за об'єктами, які використовують джерела випромінювання, вживати заходи із гігієнічної оцінки нового будівництва та реконструкції об'єктів.

Ще на стадії проектування повинно бути забезпечене таке розташування опромінюваних об'єктів, яке б зводило до мінімуму інтенсивність опромінення. Оскільки повністю уникнути опромінення не можливо, потрібно зменшити ймовірність проникнення людей у зони з високою інтенсивністю електромагнітних променів, скоротити час перебування під опроміненням. Потужність джерел випромінювання повинна бути мінімально потрібною. Економічно найдоцільніше використовувати природні екрани – лісонасадження, нежитлові будівлі. Високо встановивши антену, можна зменшити інтенсивність електромагнітного поля, яке опромінює населений пункт, у багато разів.

Локальний захист дуже ефективний. Він базується на використанні радіозахисних матеріалів, які забезпечують високе поглинання енергії випромінювання

у матеріалі та віддзеркалення від його поверхні. Для екранування шляхом віддзеркалення використовують металеві сітки та листи. Захист приміщень від зовнішніх випромінювань можна здійснити завдяки захисту вікон сітками, металізованими шторами, обклеюванню стін металізованими шпалерами. Опромінення у такому приміщенні зводиться до мінімуму, але віддзеркалене від екранів випромінювання розповсюджується у просторі та потрапляє на інші об'єкти [2].

Стрімка урбанізація міст призвела до значного збільшення міських мешканців, що стало причиною зростання кількості наземного транспорту, перевищення допустимих рівнів шуму та погіршення екологічно безпечного стану акустичного простору. Шум транспортних потоків міста із часом змінюється. Вимірювання рівня шуму проводилися протягом стандартного робочого часу міських жителів, зокрема в години «пік» на магістральних вулицях міста та прилеглих до них житлових районах. Покриття доріг – асфальтобетон. Вимірювання проводилися у кожній точці протягом 30 хв. Результати вимірювань наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Рівні шумового забруднення житлових районів міста Умань

Точка дослідження	Інтенсивність руху автотранспорту, авт./год.	Час вимірювання, год.	Рівень шуму, дБ
вул. Незалежності	528	8 ⁰⁰	86–88
	528	13 ⁰⁰	84–88
	670	17 ³⁰	83–89
вул. Європейська	668	8 ⁰⁰	85–93
	531	13 ⁰⁰	85–91
	711	17 ³⁰	88–90
вул. Шевченка	426	8 ⁰⁰	86–87
	316	13 ⁰⁰	80–81
	487	17 ³⁰	81–83
вул. Герцена (контрольна точка)	85	8 ⁰⁰	65–68
	40	13 ⁰⁰	62–67
	61	17 ³⁰	66–69

Згідно діючого в Україні стандарту [1] існують безпечні рівні шуму для міського середовища: для магістральних вулиць міста – 70 дБ, у житлових приміщеннях – 30–55 дБ, у громадських приміщеннях – 50–70 дБ, перевищення яких свідчить про наявність екологічної небезпеки для урбосередовища.

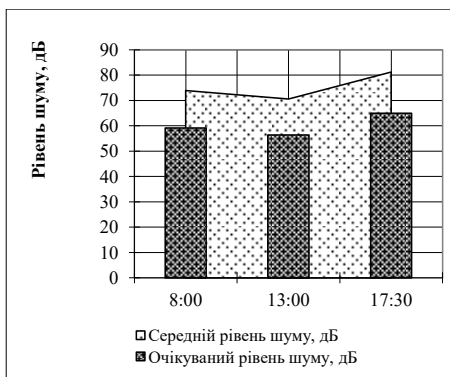
Шляхом аналізу результатів вимірювань на вулицях міста та їх порівняння із нормативними вимогами було встановлено, що найбільші перевищення рівня шуму спостерігаються на головних транспортних артеріях міста: вул. Незалежності – найбільше перевищення спостерігалось в межах 13–19 дБ о 17³⁰, коли інтенсивність руху автотранспорту на цій локації найбільша, аналогічна ситуація і на вул. Європейська – перевищення в межах 18–20 дБ, вул. Шевченка – на 11–13 дБ; рівень шумового навантаження у дворах житлових будинків і на вул. Герцена, віддаленій від транспортних артерій міста, знаходиться в допустимих межах. Причому рівень шуму на цій вулиці найбільший о 8⁰⁰. Це можна пояснити тим, що на цій вулиці знаходиться одна із найбільших шкіл мікрорайону і багато батьків у ранкову годину привозять дітей на заняття до школи. На усіх

локаціях вищий рівень шуму протягом доби зафіксований у кінці середньостатистичного робочого дня – о 17³⁰, що пояснюється найбільшою інтенсивністю руху автотранспорту на 1 годину.

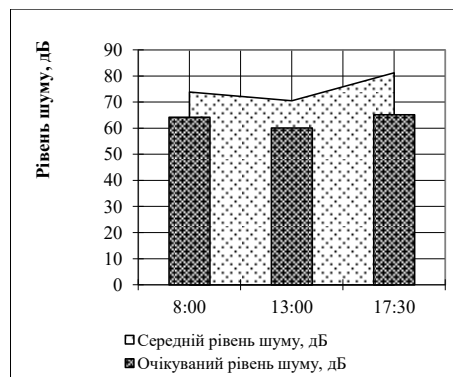
Отже, шумове навантаження, створене основними транспортними потоками міста, знаходиться в межах акустичних областей звукового сприйняття людей, але впливає на організм людини, оскільки подекуди в певний час доби перевищує безпечний рівень у 70 дБ. Результати проведених досліджень свідчать про необхідність запровадження заходів, спрямованих на зменшення акустичного навантаження на житлові райони міста, які прилягають до автомагістралей.

За сучасних умов містобудування боротьба із шумом є технічно складною та високоартісною. Одним із засобів зниження шуму у приміщеннях будинків, розташованих біля автомагістралей, можна вважати використання вертикального озеленення. Такий вид урболандшафту знижує запиленість і акустичне забруднення, покращує мікроклімат приміщень. В умовах українського клімату для вертикального озеленення можливе використання близько 50 видів ліан. Найбільш популярними вважаються гліцинія, кірказон, види жимолості, лимонник, плющ звичайний. Вертикальне озеленення фасадів здатне знизити їхню температуру до 35%. Крім того, листя ліан поглинають до 20% енергії падаючих на них звукових хвиль, а відбивають і розсіюють до 74% [5].

Крім вертикального озеленення для зниження рівнів акустичного забруднення в межах урбоєкосистем, ми пропонуємо як альтернативу застосувати антишумову технологію у вигляді шумозахисного екрану. Ми підрахували очікуваний рівень зниження відбитого шуму від будівлі (рис. 1) в умовах використання вертикального озеленення та влаштування шумозахисного екрану.



Вертикальне озеленення



Шумозахисний екран

Рис. 1. Очікуваний рівень зниження шуму, відбитого від будівлі, після впровадження шумознижувальних заходів

Встановлено, що відбитий рівень шуму не перевищуватиме допустиму норму у 70 дБ, а отже ці заходи є ефективними для зняття акустичної напруги у житлових районах, які межують із міськими автомагістралями.

Висновки і пропозиції. Отже, внаслідок проведених досліджень електромагнітного навантаження в місті Умань перевищення ГДР напруженості електричного,

магнітного поля і поверхневої ГПЕ електромагнітного поля не виявлено. Захисні заходи щодо зменшення впливу ЕМП техногенного походження радіочастотного діапазону дадуть можливість знизити антропогенний вплив на урбоекосистему та зменшити ризик негативного впливу ЕМВ на соціальний складник міста.

На основі проведених досліджень можна стверджувати, що рівень шумового забруднення на головних вулицях міста Умань вище допустимої норми. Ми пропонуємо технологію зниження такого рівня впливу шляхом озеленення фасадів будівель або влаштування шумозахисного екрану, при цьому очікується зниження рівня шуму до безпечного.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования. Система безопасности.
2. Довгуша В.В. Влияние естественных и техногенных электромагнитных полей на безопасность жизнедеятельности. *Экология человека*. 2009. № 12. С. 3–9.
3. Нікітіна Н.Г. Вплив електромагнітних випромінювань на здоров'я населення (науковий огляд). *Гігієна населених місць*. 2007. № 50. С. 209–214.
4. Норми і правила захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання. URL: <http://www.consumer-cv.gov.ua/normy-pravyla-zahystu-naselennya-vid-vplyvu-elektromagnitnoho-vyprominyuvannya/>.
5. Нормы и правила проектирования объектов нетрадиционных видов озеленения на территории города Москвы. URL: <http://docplayer.ru/27916783-Normy-i-pravila-proektirovaniya-obektov-netradicionnyh-vidov-ozeleneniya-na-territorii-goroda-moskvy.html>.
6. Ризики тривалої дії мікрохвильового випромінювання засобів стільникового зв'язку на організм людини. Доповідь НАН України. 2016. С. 158–163.
7. Сподобаєв Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. Москва : Радио и связь, 2016. 240 с.
8. B. Coensel et al. Application of a model for auditory attention to the design of urban soundscapes. Slovenia : Cong Sound Vib (2010).
9. Bilaşco Ş., Govor C., Roşca S., Vescan I., Filip S., Fodorean I. GIS model for identifying urban areas vulnerable to noise pollution. *Front. Earth Sci.* V. 11(2). P. 214–228.
10. Ming Cai, Jingfang Zou, Jiemin Xie, Xialin Ma. Road traffic noise mapping in Guangzhou using GIS and GPS. *Applied Acoustics*. 2015. Vol. 87. P. 94–102.
11. J. Kang. Urban Soundscape: from Research to Practice, Local Authority Noise Action Forum group, University of Sheffield, UK, 2011. P. 212–213.
12. E. Sobel, Z. Davanipour, R. Sulkava etc. Occupations with Exposure to Electromagnetic Fields: a Possible Risk Factor for Alzheimer's Disease. *American Journal of Epidemiologi*. 1995. URL: <http://aje.oxfordjournals.org/content/142/5/515.short>.
13. T. Beatley. Celebrating the Natural Soundscapes of Cities. USA, 2013 (retrieved: 10.08.2014). URL: <https://www.smartcitiesdive.com/ex/sustainablecitiescollective/celebrating-natural-soundscapes-cities/111251/>.