

THE STUDY OF THE URBAN ENVIRONMENT



O. O. Shugurov 
A. P. Novoselova


Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 504.055

*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin av., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

MODERN DISTRIBUTION OF WAVES WITH FREQUENCY 2,4 GHZ ON THE TERRITORY OF THE DNIPRO CITY

Abstract. In our time the use of devices, emitted microwave radiation such as mobile phones, wireless fidelity (Wi-Fi) routers, etc. is increased rapidly. The full effects of the influence of such fields on society have not been finally elucidated. In many developed countries have begun to control the levels of electromagnetic radiation which appeared in various educational institutions, but these studies are single and not massive. Therefore, continuous monitoring of the distribution of high-frequency fields in cities of Ukraine is required. In the period 2015–2016 years we have made analysis of electromagnetic fields with a frequency of 2,4 GHz (Wi-Fi-diapazon) in all district of the city of Dnipro. For registration such waves and their initial processing was used computer program Wi-Fi Analyzer v.1.0. This program worked on the tablet and governed by operating system Android 4.0. The program presents the output data on the screen of tablet as a set of graphs which showing the power of all Wi-fi signals (in dBm) at a given point of space. For investigation the power level of the field in the nearest environment from the source a standard router TL-WR841N was used. Carrying the tablet in the direction from the router gave a set of data on the standard attenuation of electromagnetic waves, passing only through air or through the air and walls of the house. The walls of the houses reduced the sought signal but did not change the characteristic of its attenuation related to the distance. In investigation revealed that the main sources of Wi-Fi pollution in Dnipro was a routers, each of which was identified by name, by power and the point of locations in the city. The measurements of electromagnetic fields were carried out in all eight districts and nearly 500 streets of Dnipro-city. In a result we analyzed about 12000 signals of Wi-Fi-routers. The highest power Wi-Fi field (50–60 dBm) was found in the downtown district with a large number of large apartment buildings, offices and public places of entertainment the population. The districts of Dnipro in which are located the private houses, factories and place of construction buildings – less vulnerable from Wi-Fi contamination (average force 70–90 dBm). The number of routers in the «Central» and «Cathedral» district was the maximum for the city (> 10,000 units for each of them), the minimum number of routers is noted for «Samarskiy» district (≈ 600 units). In certain parts of the city where is the natural ravine was found a significant reduction of electromagnetic waves energy value. According to power value of Wi-Fi-fields in different locations of the city of Dnipro we created a map their total spatial distribution. On this map, the values of the electromagnetic field power in the city are indicated in

 Tel.: +38066-509-44-99. E-mail: shugu@yandex.ua

DOI: 10.15421/031706

different colors, which is convenient for understanding current situation of anthropogenic pollution. In general, the tendency to increase the total number of sources of electromagnetic pollution in the city and increase their total power was detected. It is concluded that the development of maps with a certain level of background contamination of electromagnetic waves with different frequencies are important for monitoring the overall ecological state of cities and for increase understanding of the impact of such pollution and possible negative effects on public health of Ukraine.

Keywords: electromagnetic fields, pollution, monitoring, map of districts.

УДК 504.055

О. О. Шугуров
А. П. Новоселова

д-р биол. наук, проф.

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38066-509-44-99, e-mail: shugu@yandex.ua*

СОВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ЧАСТОТОЙ 2,4 ГГц НА ТЕРРИТОРИИ г. ДНЕПРА

Аннотация. В период 2015–2016 гг. проводили анализ мощностей волн с частотой 2,4 ГГц (*Wi-Fi*) на территории г. Днепра. Для регистрации сигналов использовали программу *Wi-Fi Analyzer v.1.0* на компьютерном планшете под управлением операционной системы *Android 4.0*. Выявлено, что главными источниками *Wi-Fi*-загрязнения в городе являются роутеры, наибольший уровень мощности поля ($-40 \div -60$ dBm) был в центральной части города. На территориях, на которых находятся частные дома, заводы и фабрики, в местностях, где находятся природные балки, обнаружено существенное уменьшение уровня загрязнения – ($-70 \div -90$ dBm). По значениям мощностей *Wi-Fi*-полей построена карта их распределения в районах и улицах г. Днепра. Сделан вывод, что разработки карт местности с выявленными уровнями фона электромагнитных загрязнений волнами различной частоты важны для мониторинга экологического состояния городов Украины с целью понимания последствий дальнейшего роста таких загрязнений и возможных негативных воздействий на здоровье населения Украины.

Ключевые слова: электромагнитные волны, загрязнение, карта местности.

УДК 504.055

О. О. Шугуров
А. П. Новосолова

д-р біол. наук, проф.

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38066-509-44-99, e-mail: shugu@yandex.ua*

СУЧАСНИЙ РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ З ЧАСТОТОЮ 2,4 ГГц НА ТЕРИТОРІЇ м. ДНІПРА

Анотація. У період 2015–2016 років проводили аналіз потужностей хвиль з частотою 2,4 ГГц (*Wi-Fi*) на території м. Дніпра. Для реєстрації сигналів використали програму *Wi-Fi Analyzer v.1.0* на комп'ютерному планшеті під управлінням операційної системи *Android 4.0*. Виявлено, що головними джерелами *Wi-Fi*-забруднення у місті є роутери, найбільший рівень потужності поля ($-40 \div -60$ dBm) був у центральній частині міста. Території, на яких знаходяться приватні будинки, заводи та фабрики, у місцевостях, де знаходяться природні балки, виявлено суттєве зменшення рівня забруднення – ($-70 \div -90$ dBm). За значеннями потужностей *Wi-Fi*-полів побудована карта їх розподілу за районами та вулицями м. Дніпра. Зроблено висновок, що розробки карт місцевості з виявленими рівнями фону електромагнітних забруднень хвилями різної частоти є важливими для моніторингу екологічного стану міст України з метою розуміння наслідків подальшого зростання таких забруднень та можливих негативних впливів на здоров'я населення України.

Ключові слова: електромагнітні хвилі, забруднення, карта місцевості.

ВСТУП

Електромагнітні поля (ЕП) надвисокої частоти – це новий клас антропогенних впливів на людину і тварин, який досі досліджувався недостатньо. Достойно з'ясовано, що такі хвилі здатні негативно впливати на цілий ряд фізіологічних функцій організму людини і тварин. Так, під дією електромагнітних хвиль порушується робота серцевих та ендокринних клітин (Black, Heunick, 2003; Badginjan et al., 2013), змінюються морфометричні параметри нейронів (Shugurov et al., 2011). Деякі дослідження важливі для розуміння змін температури біологічних тканин після отримання додаткової енергії від опромінення ЕП з частотою від 1 до 30 ГГц (Mogimoto et al., 2017). Результати показали, що стала часу термічності (час для досягнення 63 % стаціонарного підйому температури) зменшується з підвищенням частоти випромінювання. Ця стала у головному мозку більша, ніж у поверхневих тканинах, що підтверджує можливість змін у роботі клітин навіть у глибині тіла. У кінцевому результаті це призводить до змін клітинної збудливості, рівня функціонування регуляторних механізмів центральної нервової системи (Smoljarenko, et al., 2008) та інших порушень, що впливають на інформаційні та управлінські дії організму (Chizenkova, 2014).

Одним із фізичних факторів, що входить до вказаного діапазону частот, є *Wi-Fi*-хвилі, які також здатні негативно впливати на організм людини (Kumar, Pathak, 2011; Кургіанов, Нунтала, 2014; Lee et al., 2014). Джерелом таких хвиль у першу чергу є роутери, які присутні практично в кожній квартирі, інтернет-кафе, потягах та готелях, а також смартфони при їх обміні інформацією з точками доступу. Існує думка (Enaleeva, Kalemina, 2009), що людина, яка проводить багато часу в оточенні електромагнітних приладів (далі – ЕП), неодмінно відчує їх негативну дію. У довгостроковій перспективі ЕП підвищують імовірність виникнення онкологічних захворювань та впливу на майбутні покоління.

Ряд наукових робіт присвячено оцінці рівня радіочастотних полів від бездротових локальних мереж (*WLAN*) з використанням технології *Wi-Fi*. Автори провели 356 вимірювань на 55 ділянках (у тому числі приватних будинках, фірмах, закладах охорони здоров'я, навчальних установах) у чотирьох країнах (Foster, 2007). Якщо було можливо, виміри проводили в громадських місцях, як можна ближче до точок доступу *Wi-Fi*, на відстані близько 1 м від ноутбука при завантаженні файлів через бездротову мережу. Показано, що тіло користувача змінює величину поля, що свідчить про його проникнення та поглинання в біологічному об'єкті. Незважаючи на те що виміряні сигнали *Wi-Fi* були нижче міжнародних меж впливу (IEEE C95.1-2005 і ICNIRP), підтверджено важливість контролю таких впливів на суспільство. Використання *Wi-Fi* у школах породило занепокоєність, що ЕП *Wi-Fi* мають несприятливий вплив на дітей (Karipidis et al., 2017). У цьому дослідженні виміряно типові і пікові рівні випромінювання від *Wi-Fi* та інших джерел у 23 школах Австралії. Треба відзначити, що всі величини ЕП були значно нижчі від граничних (відповідно міжнародних стандартів захисту здоров'я). Типові і пікові рівні полів у класах були порядку 10^{-4} і 10^{-2} % від гранично допустимого, подібні показники виявлені для радіохвиль, але на вищому, ніж у інших джерел, рівні. У дворі шкіл потужність ЕП була вища для радіо, телебачення та мобільних телефонів базових станцій відносно *Wi-Fi*.

Із аналізу сучасного стану розвитку бездротових систем стає зрозумілим, що у великих містах світу постійно розширюються та посилюються штучні ЕП, які стали новим антропогенним фактором, здатним суттєво змінити нервову, психологічну та генетичну складову суспільства в часовій перспективі. Специфіка сучасного розподілу *Wi-Fi*-полів на території головних міст України до нашого часу не досліджувалася, не з'ясовано, яким чином іде їх поширення, як змінюється потужність ЕП від концентрації населення на території міст. Відповідно метою

даного дослідження було встановлення специфіки розподілу значень *Wi-Fi*-хвиль за рівнем потужності у м. Дніпро в поточний період часу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проходили в м. Дніпрі протягом 2015–2016 рр. Реєстрація наявності *Wi-Fi*-хвиль та їх потужності була виконана за допомогою програми *Wi-Fi Analyzer v.1.0*, яка працювала на планшеті під управлінням операційної системи на базі *Android*. Програма дала можливість фіксувати рівень потужності відповідних хвиль у різних точках м. Дніпра. Значна увага в роботі була приділена до тих районів та місць, де населення розташоване досить щільно та де знаходяться громадські місця з високим відвідуванням людей. Оцінка рівня випромінювання проводилася в різні часи доби протягом указанного часу. У своїй роботі програма реєструє зовнішній *Wi-Fi*-сигнал та, опрацьовуючи, видає значення потужності останнього у вигляді відповідного графіка. При роботі на екрані планшета формується зображення графіка, який відображає радіоканал та рівень його потужності. Якщо в даній точці присутні декілька сигналів, то всі вони піддаються аналізу (рис.1).

Для первинного аналізу електромагнітного поля використовували стандартний *Wi-Fi*-роутер типу *TL-WR841N* виробника *TP-Link*. Пристрій відповідає стандарту 802.11n, IEEE 802.11g та IEEE 802.11b (Draft 2.0) і забезпечує передачу даних у локальній мережі на швидкості до 300 Мбіт/с. Технологія 2*2 MIMO і дві зовнішні антени прискорюють передачу даних і дозволяють домогтися на порядок більш стійкого прийому на великих відстанях.

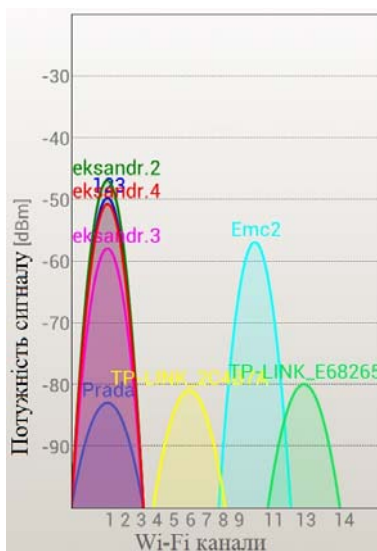


Рис. 1. Приклад скриншоту екрану програми *Wi-Fi Analyzer v.1.0* із зазначенням назв каналів та значенням потужності сигналу таких каналів.

На осі *Y* відкладено потужність сигналу (у дБм),
на осі *X* – кількість виявлених джерел випромінювання

Розглянуті хвилі мають відповідну енергетичну потужність, та після обробки кожній присвоюється значення потужності сигналу (у дБм). Наведена програма аналізує інформацію, яка є відображенням роботи лише бездротових *Wi-Fi*-полів за вказаними вище протоколами, що діють у діапазоні частот 2,4 та 5 ГГц. Причому електромагнітні хвилі, що генеруються побутовими пристроями (мікрохвильові надвисокочастотні (НВЧ) печі та ін.) не реєструються програмою, що зручно для роботи.

Після реєстрації скріншоту у визначеній точці простору (місцевості) різні енергії кожного з виявлених каналів підсумовувалися, також вираховували середні рівні потужності. У процесі роботи всього було зроблено 1200 скріншотів екрану із середньою кількістю каналів у реєстрації від 10 до 15 одиниць. За даними реєстрацій будували карту сучасного розподілу *Wi-Fi*-хвиль на території м. Дніпра. Значення вказаних полів за щільністю потоку енергії аналізували відповідно до сучасних державних санітарних норм (ДСНіП № 239-96).

Для аналізу поширення хвиль у місті ми оцінювали стандартну потужність вказаного вище роутера при наявності його прямої видимості щодо пристрою реєстрації (планшету) та в умовах наявності стандартних перешкод (стіни), що масово зустрічаються в містах. Оцінка форми кривої зміни потужності електромагнітних хвиль у просторі та вирахування її параметрів проводили за допомогою програми *Curve Expert 1.34*.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Попередньо було досліджено зміни потужності сигналу на різних відстанях від джерела – роутера *TL-WR841N*, який розроблений для створення мереж для невеликих офісів і будинків як за допомогою дротового, так і бездротового підключення.

Треба враховувати, що величина сигналу вимірюється вказаною вище програмою в дБ (міжнародний запис – dB) – дольній одиниці Бела, що дорівнює 0,1 Б. Бел виражає відношення значень двох енергетичних величин (наприклад, P_1 та P_2) десятковим логарифмом цього відношення:

$$D_p = 10 \lg\left(\frac{P_1}{P_2}\right). \quad (1)$$

У наших вимірюваннях початковим (так званім «опорним») сигналом є величина, що дорівнює 1 мВт, тому відношення до такого опорного значення виражається в дБм (dBm) (при опорному сигналі в 1 Вт аналогічна величина виражається як dBW). Виявлено, що максимальна потужність сигналу фіксується безпосередньо біля роутера і складала 30 дБм (що відповідає заявленій технічній характеристиці пристрою). Послідовний відхід від роутера призводить до нелінійного зниження рівня сигналу на планшеті (графік 1 на рис. 2), який на відстані в 10 м знижується до –50 дБм. Виміри показали, що величина сигналу, який можна зареєструвати від роутера, практично не відрізняється у стані «відносного покою» (немає активного переносу інформації з роутера до приймача (у нашому випадку – ноутбука) та для випадку обробки пакетів даних при постійному використанні Інтернету).

Форма кривої зменшення потужності сигналу в умовах безперешкодного розповсюдження хвиль, розрахованої програмою *Curve Expert 1.34*, відповідає рівнянню (з коефіцієнтом кореляції з теоретичною моделлю $r = 0,998$):

$$y = a(b - e^{-cx}), \quad (2)$$

де $a = -15,8$; $b = 1,91$; $c = 0,031$; x – відстань від роутера до приймача. Коефіцієнти a та b відповідають за початковий рівень функції при $x = 0$; c – визначає швидкість падіння потужності при віддаленні.

Наші дослідження показали, що дальність дії звичайного *Wi-Fi*-роутера при роботі в стандарті *802.11g* з використанням штатної антени (коефіцієнт посилення – 2 дБ) на відкритій місцевості дорівнює приблизно 150–300 м, у приміщенні – до 50–70 м. З'ясовано, що відхід від роутера на відстань до 50 м у будинку знижував рівень сигналу до –80 дБм.

У той же час відомо, що цегляні та бетонні стіни і металеві конструкції можуть блокувати в першу чергу короткі електромагнітні хвилі сантиметрових та дециметрових діапазонів (на відміну від FM- та радіохвиль) (Büyüköztürk, Rhim,

1995). У місті на дані хвилі можуть суттєво впливати також дерева, туман, транспорт, інші перешкоди. Також на радіус дії *Wi-Fi*-мереж сильно впливають шуми від мікрохвильових печей. Реальні розрахунки поглинання електромагнітних хвиль тканинами людини вивчають у першу чергу на різного роду симуляторах таких фізичних процесів (Hossain, Amin, 2011).

Наші вимірювання рівня сигналу в будинку при проходженні хвиль крізь стіну показали наявність суттєвого зниження підсумкової потужності (графік 2 на рис. 2). Безпосередньо за стінкою на рівні 50 см від джерела поля (наблизиться в цьому випадку ближче неможливо, оскільки стіна має певну товщину) вихідна потужність зменшується з -33 до -38 дБм, що відповідає загальному зниженню графіка на -5 дБм. У цьому випадку коефіцієнти для рівняння (2) стають такими: $a = -17,9$; $b = 2,01$; $c = 0,065$ при рівні кореляції $r = 0,987$. Можна сказати, що при наявності перешкод для електромагнітних полів змінюються фактично лише початкові умови (за рахунок первинного блокування хвиль) та швидкість падіння потужності на певному віддаленні від джерела поля. Відповідно за рівнем зареєстрованого сигналу в будь-якій точці міста можна вирахувати і потужність роутера, який знаходиться навіть у будинку з декількома стінами.

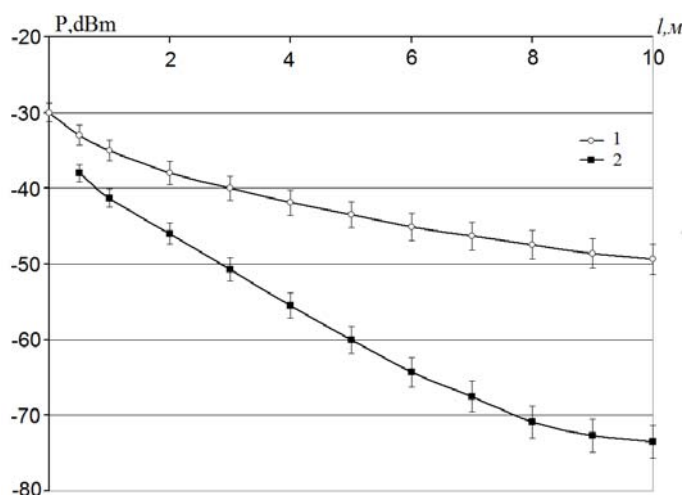


Рис. 2. Графік змін потужності сигналу без перешкод від роутера до приймача (а) та при наявності перешкоди у вигляді бетонної стіни (б).

На осі Y – потужність (P) сигналу (дБм), на осі X – відстань (l) від роутера до приймача, м.

Представлено усереднені дані 12 вимірів (у вигляді середньоквадратичних відхилень).

1 – експеримент з реєстрацією поля з прямою видимістю роутера,

2 – при реєстрації з перешкодою у вигляді цеглової стіни

У подальших експериментах були виміряні рівні потужності *Wi-Fi*-сигналів на території м. Дніпра. Традиційно м. Дніпро ділять на 8 адміністративних районів – Соборний, Шевченківський, Центральний, Чечелівський, Новокодацький, Самарський, Індустріальний, Амур-Нижньодніпровський, і саме такий поділ міста має чіткі офіційні кордони і широко використовується державними, адміністративними установами, комунальними службами та іншими організаціями. У кожному з 8 районів міста проводили вимірювання електромагнітного випромінювання від працюючих приладів мережі *Wi-Fi*. Середню кількість каналів оцінювали за допомогою формули

$$D_{сер} = N * D * d, \quad (3)$$

де $D_{сер}$ – величина середньої кількості *Wi-Fi*-каналів, що поширюються в даному районі; N – кількість досліджуваних вулиць району; D – середня кількість вимірювань уздовж однієї вулиці; d – кількість роутерів, що доводиться на одну

точку території (на 1 вимір). Статистичні дані сумарного розповсюдження *Wi-Fi* у різних районах м. Дніпра наведено в таблиці. Значення потужності кожного окремого з описаних вище джерел були пораховані за формулою

$$P = 10^{(A_{дБм}/10)}, \quad (4)$$

де P – загальна потужність поля; $A_{дБм}$ – амплітуда вхідного (відносно планшету) сигналу (у дБм).

З цієї формули випливає, що потужності, які менші за величину 1 мВт, мають негативне значення (у децибелах). Тобто значення потужності в дБм реальне та позитивне, але конкретний вимірюваний сигнал менший за опорний (яким у даному випадку є 1 мВт) за логарифмічною шкалою.

Кількість видимих <i>Wi-Fi</i>-роутерів на території різних районів м. Дніпра	
Назва району	Кількість роутерів
Соборний	17700
Центральний	10920
Шевченківський	9464
Індустріальний	8745
Чечелівський	5863
Амур-Нижньодніпровський	4620
Новокодацький	2576
Самарський	600

Як правило, кількість *Wi-Fi*-джерел в офісних та житлових будинках міста сягає кількох десятків. При цьому можна припустити, що практично всі такі роутери працюють на повній потужності (який у приладі програмно виставлений «за умовчанням»). Як наслідок, населення в будівлі та біля неї отримує максимально можливу (відповідно, для *Wi-Fi*-джерел з частотою 2,4 ГГц) дозу електромагнітного опромінення. Загальні підходи щодо вимірювань таких полів досить відомі (Andronov, Glazov, 2010).

За результатами наших вимірювань установлено, що жителі Соборного району найбільше піддаються дії електромагнітних випромінювань, які виникають через активну роботу *Wi-Fi*-роутерів. На деяких його вулицях потужність сигналу має досить високі значення в порівнянні з вулицями інших районів. Це обумовлено густим та близьким розташуванням роутерів у точках, що при підсумовуванні отриманих даних дає високі значення потужності (від –46 до –58 дБм). У результаті вимірювань рівня електромагнітних *Wi-Fi*-полів у різних районах була складена карта їх розподілу в м. Дніпрі (рис. 3), де щільність кольору відображає потенціальну небезпеку для людей.

Аналізуючи наведену карту, треба відзначити, що на правобережжі та в центральних районах м. Дніпра значення *Wi-Fi*-полів є суттєвим і має помітну тенденцію як поширення на периферичні зони, так і зростання потужності на кожній вулиці міста. Описане електромагнітне забруднення проявляє антропогенність явища, оскільки місто включає в територію великі балки, які розташовані перпендикулярно р. Дніпро. Як наслідок, у таких зонах концентрація населення відносно невелика, тому й рівень полів тут менший (рис. 3). Подібна тенденція проявляється для територій, де знаходяться заводи та фабрики, які продукують електромагнітні хвилі інших діапазонів.

На лівій частині міста головним забруднювачем є *Wi-Fi*-роутери та точки доступу, що знаходяться в центральній частині Індустріального району, уздовж Слобожанського проспекту, де велика кількість багатоквартирних висотних будинків та офіси різних фірм. Інші частини міста менше схильні до впливів від указаних електромагнітних хвиль.

Дані реєстрацій указаних полів виявили високі рівні фону на територіях центральних частин міста – у Соборному, Центральному та Шевченківському районах. Тут найчастіше спостерігаються досить високі потужності *Wi-Fi*-випромінювань у діапазоні від –50 до –60 дБм. Середні рівні електромагнітного фону в районах, які оточують центр міста, – Індустріальному, Чечелівському, Амур-Нижньодніпровському. Тут середній рівень потужності поля сягає –49 ÷ –68 дБм. Підвищені рівні електромагнітного фону в Амур-Нижньодніпровському районі пояснюються великим скупченням людей у масивах Лівобережний-1 та 3. Новокодацький та Самарський райони мають достатньо безпечні концентрації *Wi-Fi*-частот. Це обумовлено малою населеністю районів та невеликою кількістю великих торгово-розважальних комплексів.

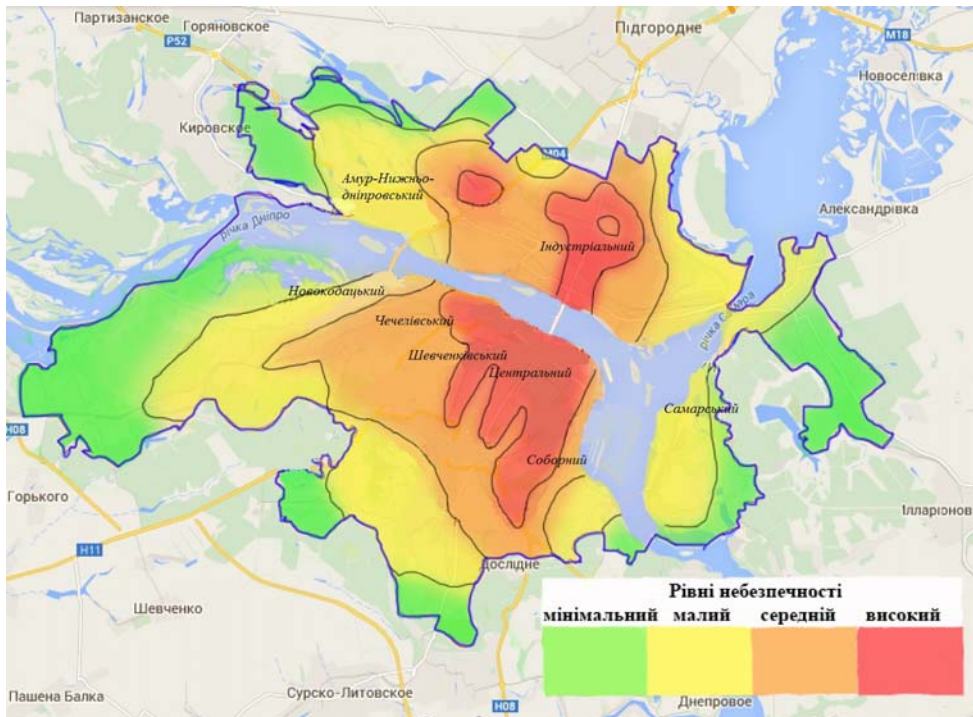


Рис. 3. Схема розподілу *Wi-Fi*-полів за їх небезпечністю (зазначено різним кольором) у всіх районах міста Дніпро

Те, що саме *Wi-Fi*-роутери є головним джерелом електромагнітного забруднення у діапазоні 2,4 та 5 ГГц, свідчить наявність маркерів роутерів біля графіків або індивідуальних назв (наданих користувачами) таких точок (рис. 1). Таким чином, побудови карт фізичних забруднень дозволять більш детально вивчати динаміку розповсюдження полів та контролювати аналогічні процеси на різних територіях міст у часі.

При оцінці отриманих результатів слід пам'ятати, що в наш час добре з'ясовано, що саме вода в живому об'єкті є первинною мішенню для впливу електромагнітних хвиль різної природи (Kugik, Pavlenko, 2014). Саме на цьому принципі діють сучасні НВЧ-печі, що використовують у побуті для розігріву їжі. Відповідно і *Wi-Fi*-хвилі, які за частотою сумісні з НВЧ-печами, призводять аналогічний, але суттєво слабший ефект. Метал, який присутній в одязі та гаджетах людини, також є певним «збирачем» енергії сигналу.

У наш час є протилежні думки щодо рівня негативного впливу високочастотних електромагнітних хвиль на різні частини організму людини і тварин. Так, вивчення

біологічних ефектів впливу GSM (1,8 ГГц), DECT (1,88 ГГц), UMTS (2,1 ГГц) і бездротової локальної мережі (5,6 ГГц) на розвиток ембріонів курчат (Woelders, et al., 2017) не знайшли їх морфологічних і гістологічних параметрів.

Інші дані опромінення високочастотними ЕП свідчать про протилежні тенденції. Так, у дослідженнях на деяких мікроорганізмах (*Salmonella*, *Staphylococcus aureus*) результатом впливу НВЧ є зміни морфологічних ознак, що передаються генетично (Lee, et al., 2014), тобто мікрохвилі можуть давати мутагенні зміни в клітинах та репродуктивну функцію (Shibkova, et al., 2015). Відома велика чутливість клітинних мембран до дії опромінення: морфологічні та функціональні порушення мембран виявляються практично відразу після опромінення навіть при дуже малих дозах (Kumar, Pathak, 2011). Зміна йонного складу, що виникає при цьому, може ініціювати в клітині цілий ряд проліферативних процесів. Навіть самі мембранні процеси проникнення речовин можуть змінюватися під дією хвиль, що використовують для мобільних телефонів.

Сказане свідчить, що, з одного боку, потрібно вивчати всі види (частоти) електромагнітних хвиль, які щогодини опромінюють людину та можуть бути або безпечними, або надавати негативний вплив на організм. З другого боку – потрібно безперервно контролювати поширення таких хвиль на важливих для суспільства територіях. Ось чому моніторинг таких полів уже проводять у багатьох державах (Vasiliev, Rozenberg, 2007), а метод формування електронних карт розподілу радіаційного забруднення давно довів свою ефективність (Polezhaeva, 2009), що підтверджується і нашими дослідженнями.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Джерелами електромагнітного *Wi-Fi*-випромінювання в діапазонах хвиль 2,4 та 5 ГГц є роутери, місцезнаходження та потужність яких можна відстежити за назвою джерела на графіку розподілу каналів у конкретній точці простору.

2. Центральні зони м. Дніпра, у яку входить значна кількість великих багатоквартирних будинків, магазинів, офісів та точок розваг населення, мають забруднення електромагнітними хвилями на рівні 50 – 60 дБм. Території, на яких розташовано будинки приватного сектора, заводи та фабрики, менш схильні до *Wi-Fi*-забруднення (– 70 ÷ – 90 дБм).

3. Найбільш забруднені електромагнітними *Wi-Fi*-полями у м. Дніпрі райони Соборний, Центральний та Шевченківський, середній рівень електромагнітного фону зараз присутній у районах, які оточують центр міста, – Індустріальному, Чечелівському, Амур-Нижньодніпровському, відносно низький рівень спостерігається в Самарському районі. Виявлено, що населені зони у «балкових» частинах міста частково приховані від такого забруднення.

4. Розробка карт місцевості з визначенням фону електромагнітних забруднень (на різних частотах) може бути важливою для розуміння змін в екологічному стані міст України та наслідків таких впливів на здоров'я населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Andronov, E. V., Glazov, G. N., 2010. Theoreticheskij apparat izmerenija SVCH diapazona [The theoretical apparatus of measurement of microwave]. V. 1. Methods of measurement of high-frequency wave. TML-Press, Tomsk (in Russian).
- Badginjan, S. A., Malakjan, M. G., Egiazarjan, D. E., 2013. Vlijanie electromagnitnogo izluthenija s chastotoj 900 MHz na nekotore pokazateli krovi [Influence of 900 MHz frequency electromagnetic radiation on some blood indices]. Radiat. biol., Radioecol. 53 (1), 63–70 (in Russian).
- Black, D. R., Heynick, L. N., 2003. Radiofrequency (RF) effects on blood cells, cardiac, endocrine and immunological functions. Bioelectromagnetics Supplement. 6, 187–195.
- Büyükoztürk, O., Rhim, H. C., 1995. Modeling of electromagnetic wave scattering by concrete

- specimens. *Cement and Concrete Res.* 25(5), 1011–1022.
- Chizenkova, R. A., 2014. Impulsnie potoki populatsij korkovih neyroniv pri nizkointensivnom impulsnom SVC-obluchenii: mejspajkovie intervali [Impulse flow of cortical neurons population after low-intensity SHF-influence: inter-spade intervals]. *Radiobiology. Radioecology* 54(4), 393–404 (in Russian).
- Enaleeva, I. N., Kalemına, V. O., 2009. Influence of electromagnetic radiation on the human body. *Occupational safety in catering*, 57–59.
- Foster, K. R., 2007. Radiofrequency exposure from wireless lans utilizing Wi-Fi technology. *Health Physics*, 92(3), 280–289.
- Hossain, S., Amin, R., 2011. Computation of electromagnetic energy absorption in the human body tissues by high frequency structure simulator. *J. Smart Sys. Technol.* 1(1), 10 p.
- Karipidis, K., Henderson, S., Wijayasinghe, D., Tjong, L., Tinker, R., 2017. Exposure to radiofrequency electromagnetic fields from Wi-Fi in Australian schools. *Radiat. Prot. Dosimetry.*, Jan 10. doi: 10.1093/rpd/new370.
- Kumar, S. Pathak, P. P., 2011. Effect of electromagnetic radiation from mobile phones towers on human body. *Indian journal of radio & space physics.* 40, 340–342.
- Kurik, M. V., Pavlenko, A. R., 2014. Electromagnitni smog okrushenija ludey [The electromagnetic smog of human environment]. IV International scientific and practical conference «Torsion fields and informational interactions» (Moscow, 20–21 sept. 2014). Moscow, 258–262 (in Russian).
- Kyprianou, M. A. Hountala, C. D., 2014. The impact of Wi-Fi signal to received from adipose tissue stem cells. *Univ. Athens, 1st Depart. of Psychiatry, Hosp. Definition, Greece*, 31–34.
- Lee, S. S., Kim, H. R., Kim M. S., 2014. Influence of smartphone Wi-Fi signals on adipose-derived stem cells. *J. Craniofacial Surg.* 25(5), 15–17.
- Morimoto, R., Hirata, A., Laakso, I., Ziskin, M. C., Foster, K. R., 2017. Time constants for temperature elevation in human models exposed to dipole antennas and beams in the frequency range from 1 to 30 GHz. *Phys. Med. Biol.* 62(5), 1676–1699.
- Polezhaeva, E. Ju., 2009. Formirovanie bazi danih dlja sozdaniya electronnoj karti radiatsionnoj obstanovki. *Samarski gos. stroit. univ.* 81–82 (in Russian).
- Shibkova, D. Z., Shilkova, T. V., Ovchinnikova, A. V., 2015. Rannie i otdalennie effecti vlijanija elektromagnitnogo polja radiochastotnogo diapazona na reproductivnuju funktsiju I morfofunctionalnoe sostojanie potomstva ecsperimentalnih givotnih [Early and long-term effects of the electromagnetic field of the radio frequency range on the reproductive function and the morphofunctional state of the offspring of experimental animals]. *Radiobiology. Radioecology* 55(5), 514–519 (in Russian).
- Shugurov, O. A., Smoljarenko, I. K., Shugurov O. O., 2011. Morphologithni zminu u promiznih neyronah spinnogo mozky pislja SVC-oprominennja [The morphological changes of spinal cord interneurons after SHF-irradiation]. *Visn. probl. biol. i med.*, 3, 2(88), 229–232 (in Ukrainian).
- Smoljarenko, I. K., Shugurov, O. A., Shugurov, O. O., 2008. Izmenenie negativnih komponentov vizvannogo potentsiala spinnogo mozga pod vlijaniem voln SVCh [The change of negative components of the evoked potentials of spinal cord after irradiating of a SHF-waves]. *Radiobiology. Radioecology (Russia)* 48(1), 92–101 (in Russian).
- Vasiliev, A. V., Rozenberg, G. S., 2007. Monitoring of electromagnetic pollution residential areas in Togliatti and evaluation of its impact on public health. *Safety in Technosphere*, (3), 9–12.
- Woelders, H., de Wit, A., Lourens, A., Stockhofe, N., Engel, B., Hulsegge, I., Schokker, D., van Heijningen, P., Vossen, S., Bekers, D., Zwamborn, P., 2017. Study of potential health effects of electromagnetic fields of telephony and Wi-Fi, using chicken embryo development as animal model. *Bioelectromagnetics*, Jan 6.

Стаття надійшла в редакцію 06.03.2017