

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ
ВІД БАЗОВИХ СТАЦІЙ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ У М.ЛУЦЬКУ

ШИФР: «ЕМВ-ЗАМІРИ»

2019 р.

АНОТАЦІЯ

Мобільний зв'язок сьогодні є однією з найбільш динамічних галузей, постійно розвивається його технологічне оснащення. При цьому оператори збільшують кількість базових станцій, що викликає занепокоєння населення. У зв'язку з цим потрібні незалежні оцінки рівнів створюваного випромінювання із проведенням замірів у конкретних умовах міської забудови.

Об'єктом дослідження є базові станції стільникового зв'язку у м.Луцьку, предметом – рівні створюваного ними електромагнітного випромінювання та його потенційний вплив.

Мета роботи – виявити діапазон значень електромагнітного випромінювання від базових станцій у різних умовах міської забудови, та оцінити їх по відношенню до діючих нормативів.

У роботі коротко проаналізовано сучасні відомості щодо побудови стільникових мереж та їх потенційного негативного впливу, описано розроблену методику проведення польових і камеральних досліджень, подано результати власних вимірювань електромагнітного забруднення по мікрорайонах міста, наведено відповідні картографічні матеріали.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ, МОБІЛЬНИЙ ЗВ'ЯЗОК, БАЗОВІ СТАНЦІЇ, ДОПУСТИМИ РІВНІ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ВИМІРЮВАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Розділ 1. МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНЕ НОРМУВАННЯ.....	5
1.1. Загальні принципи побудови мережі.....	5
1.2. Санітарно-екологічні вимоги до розміщення базових станцій.....	7
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	11
2.1. Алгоритм проведення вимірювань.	11
2.2. Методика картографічного моделювання	13
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА РІВНІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ОСНОВІ ВЛАСНИХ ВИМІРЮВАНЬ.....	16
3.1. Результати та їх аналіз	16
ВИСНОВКИ.....	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	28
ДОДАТКИ	30

ВСТУП

Занепокоєння щодо можливого негативного впливу електромагнітних полів на здоров'я посилюється із впровадженням систем 4G, а також пом'якшенням раніше існуючих санітарно-екологічних нормативів. Очевидно, що для кращої обізнаності з цього питання необхідні незалежні оцінки, що ґрунтуються на вимірюваннях рівнів електромагнітних випромінювань у реальних умовах.

Сукупність цих чинників зумовлює актуальність вибраної теми.

Отже, об'єктом дослідження є базові станції стільникового зв'язку у м.Луцьку, предметом – їх функціонування та екологічний вплив.

Мета дослідження – виявити рівні електромагнітного забруднення, спричиненого стаціонарними джерелами мобільного зв'язку у м.Луцьку.

Відповідно до мети були поставлені та вирішувались такі завдання:

- опрацювати існуючі літературні дослідження з питань організації систем мобільного зв'язку та їх впливу на довкілля;
- провести вимірювання рівня електромагнітного випромінювання (ЕМВ) від базових станцій, зафіксувати максимальні та мінімальні рівні ЕМВ від БС;
- виявити ділянки існуючих чи потенційних перевищень гранично допустимих рівнів випромінювання;
- здійснити картографічне моделювання розподілу ЕМВ навколо БС.

При написанні роботи використані такі методи дослідження, як опрацювання літературних джерел, інструментальні вимірювання, математико-статистична обробка даних, картографічного моделювання

РОЗДІЛ 1. МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ЇХ САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНЕ НОРМУВАННЯ

1.1. Загальні принципи побудови мережі

Як відомо, мережі стільникового зв'язку одержали свою назву відповідно до територіального принципу розподілу малих робочих зон (стільників). В центрі кожної робочої зони розташована базова станція (БС, або BTS), яка здійснює зв'язок по радіоканалах з багатьма абонентними станціями, встановленими на мобільних об'єктах, що знаходяться в її робочій зоні.

Для кожного стільника в рамках всієї мережі при проектуванні проводиться комплекс спеціальних заходів, у тому числі і частотне планування, яке враховує умови розповсюдження радіохвиль і загальну частотну обстановку (середній рівень промислових перешкод, сигнали від суміжних базових станцій тощо). Облік всіх параметрів (кількість каналів у виділеному частотному діапазоні, розрахункове навантаження на одного абонента, допустима інтенсивність втрат, мінімальна прийнятна напруженість поля) та їх топографічна прив'язка до планованої зони обслуговування, знову ж таки, з врахуванням типу місцевості, існуючих споруд, - все це вимагає великих трудових та фінансових затрат. До того ж, проектування мережі - це процес нескінченний. Діючі сегменти мережі видають інформацію про розподіл трафіку і приріст числа абонентів, і ця інформація, у свою чергу, може впливати на складені раніше проекти, доповнюючи і розширюючи мережу [1].

Базові станції мережі через контролери (BSC) сполучені кабельними телефонними (або радіорелейними) лініями зв'язку з центральною станцією даного регіону (міста, області) - MSC (Центр комутації мобільного зв'язку), яка забезпечує з'єднання мобільних абонентів з абонентами телефонної мережі загального користування (ТФЗК, або PSTN) за допомогою комутаційних пристроїв [3]. Таким чином, кожний MSC обслуговує групу стільників, здійснюючи при цьому перемикання каналів в стільнику, естафетну передачу абонентів між стільниками, формує дані, необхідні для виписування рахунків за

надані мережею послуги зв'язку, накопичує дані по розмовах, що відбулися, і передає їх в центр розрахунків.

Під час набору номера радіотелефон займає один з вільних каналів, рівень сигналу базової станції в якому в даний момент максимальний. У міру віддалення абонента від базової станції або у зв'язку з погіршенням умов розповсюдження радіохвиль рівень сигналу зменшується, що веде до погіршення якості зв'язку. Поліпшення якості розмови досягається шляхом автоматичного перемикавання абонента на інший канал зв'язку. Це відбувається через спеціальну процедуру передачі управління викликом, або естафетною передачею (в іноземній технічній літературі - handover, або handoff), яка дозволяє перемкнути розмову на вільний канал іншої базової станції, в зоні дії якої виявився в цей час абонент.

Аналогічні дії робляться при зниженні якості зв'язку через вплив перешкод або при виникненні несправностей комутаційного устаткування. Для контролю таких ситуацій базова станція забезпечена спеціальним приймачем, що періодично вимірює рівень сигналу стільникового телефону розмовляючого абонента і порівнює його з допустимою межею.

В Україні оператори стільникового зв'язку найчастіше використовують наступні стандарти: GSM-900, GSM-1800, CDMA, UMTS, HSPA, LTE.

Терміни 3G і 4G використовуються для опису сервісів мобільного зв'язку нового покоління, які забезпечують більш високу якість звуку, а також високошвидкісний Інтернет-зв'язок і мультимедійні сервіси. Зауважимо, що поняття 3G, 4G позначають просто стандарт зв'язку, тому з точки зору потенційного впливу на здоров'я варто оперувати не цими термінами, а назвами конкретних технологій, від яких залежить, зокрема, потужність, дальність, і спрямованість сигналу базових станцій.

1.2. Санітарно-екологічні вимоги до розміщення базових станцій

Чимало вчених, як вітчизняних, так і зарубіжних, вивчали (переважно експериментально) вплив ЕМП на живий організм. Результати впливу ЕМВ на організм людей та тварин, що наведені в літературі, є дуже неоднорідними та суперечливими.

Всесвітня організація охорони здоров'я засвідчує, що малі дози ЕМВ, які наявні при використанні мобільного зв'язку, не шкодять людському організму.

Але результати окремих досліджень показали, що випромінювання цих діапазонів може спричиняти підвищену втомленість, прогалини в пам'яті, головний біль, зниження концентрації уваги та працездатності, а в окремих осіб з підвищеною чутливістю - серцево-судинні розлади і передчасне старіння [14].

Дія електромагнітних хвиль залежить від інтенсивності джерела, тривалості опромінення, довжини хвиль, характеру випромінювання та режиму опромінення. Основою функціонування організму є дуже слабкі біоелектричні струми, що синхронізують природні біологічні режими. Штучні ЕМП якщо співпадають з частотами біологічних ритмів мозку або біоелектричною активністю серця чи інших органів людини? можуть призвести до десинхронізації функціональних процесів в організмі.

Численні експериментальні дані свідчать про високу біологічну активність електромагнітних випромінювань (ЕМВ) в усіх частотних діапазонах. Вона значно перевищує природний рівень, що встановився в процесі розвитку біосистем і обумовлений впливом природних випромінювань. Всі діапазони техногенних електромагнітних випромінювань інтенсивно впливають на здоров'я людей і стан природного середовища. Високий ступінь їх небезпеки посилюється тим, що наслідки можуть проявлятися протягом досить тривалого часу і негативно впливати на стан імунної та генетичної стійкості поколінь. Магнітна складова електромагнітного випромінювання має високий ступінь небезпеки для здоров'я людини [2]

Наведемо кілька оглядів досліджень з цього питання.

Крушевський Ю.В., Кравцов Ю.І. та Бородай Я.О. у 2008 р. досліджували вплив електромагнітного випромінювання пристроїв стільникового зв'язку на людину. Через оцінювання густини потоку електромагнітного випромінювання мобільного телефону, були надані рекомендації щодо допустимої тривалості розмов по телефону.

Проводилися дослідження на замовлення Norwegian Radiation Protection Board, Національним інститутом «Робоче життя», а також SINTEF Unimed, щодо впливу випромінювання на молодих людей. Аналіз показав, наявність скарг на погіршення самопочуття, неприємне розігрівання в області голови, біля вуха. На найбільший ризик наражаються молоді люди. (Вплив електромагнітного випромінювання пристроїв стільникового зв'язку на людину 2008 р.)

Галетич І.К., Решетченко А.І. та Бекетов В.Є. проводили аналіз впливу електромагнітних полів на стан сельбищних територій. Проведено аналіз впливу комплексного фізичного забруднення сельбищних територій, факторів і негативних наслідків впливу ЕМП на природні об'єкти і населення урбанізованих територій. Висновком даної роботи є те, що ЕМП викликають в живих організмах комплекс різноманітних ефектів, що залежать від інтенсивності та часу дії, тому важливий постійний контроль такого забруднення довкілля. [4]

О.О.Остапенко провів роботу на тему «Дослідження електромагнітного забруднення міста Вінниця». В ході роботи було створено таблицю із захворюваністю населення, що проживає під впливом електромагнітного випромінювання. Проаналізувавши можна сказати, що випромінювання найбільш згубно впливає на органи дихання, систему кровообігу та органи травлення. Також було створено карту, яка відображає результати вимірів напруженості на місцевості. Отож, найбільш електромагнітного навантаження зазнають вінничани, які мешкають на центральних густонаселених районах міста, унаслідок підвищеної концентрації розміщення базових станцій стільникового зв'язку в центральній частині міста. [5].

Електромагнітне забруднення довкілля потребує гігієнічного нормування.

Міжнародні керівні принципи по допустимих рівнях дії були розроблені Міжнародною комісією по захисту від неіонізуючої радіації (ICNIRP, 1998 р.) і Інститутом інженерів по електротехніці і радіоелектроніці (2005 р.) з метою захисту від встановлених дій РЧ полів.

Відповідно до діючого наказу Міністерства охорони здоров'я, електромагнітні випромінювання включено до переліку несприятливих виробничих факторів, при роботі з якими обов'язковими є попередні й періодичні медичні огляди з метою попередження професійних захворювань. У наказі передбачено всі види робіт із джерелами електромагнітної енергії різних діапазонів (електричні й магнітні поля радіочастот) та всі види робіт із джерелами постійних електричних та магнітних полів.

Для попередження негативного впливу на населення електромагнітного випромінювання МОЗ України введені в дію «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання», № 239-96 [12], якими передбачені вимоги щодо розміщення та експлуатації радіотехнічних об'єктів. Цим документом допускається розміщення базових станцій та їх антен на дахах житлових, громадських та інших будинків за умови, що рівень електромагнітного випромінювання на території населених місць, у приміщеннях житлових, громадських будинків, лікувально-профілактичних, оздоровчих, дитячих дошкільних, шкільних закладів, у будинках інвалідів, на дитячих і спортивних майданчиках не перевищуватиме відповідних гігієнічних нормативів.

З метою запобігання негативному впливу електромагнітних випромінювань на населення встановлені диференційовані за частотою гігієнічні нормативи. В діапазоні частот 300—3000 МГц, який використовується в системі стільникового мобільного зв'язку, був встановлений для населення гігієнічний норматив — $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ або 3 В/м .

Однак у 2017 році, у зв'язку із широким впровадженням мереж 4-го покоління, цей норматив був змінений на 10 мкВт/см^2 .

Відстань базових станцій від житлових, громадських лікувально-профілактичних будівель, шкіл та дитячих садочків устанавлюється індивідуально на основі теоретичного розрахунку розподілу рівнів електромагнітного випромінювання у навколишньому просторі для кожного конкретного випадку.

Дозвіл на установку базової станції дає Укрчастотнагляд на підставі заявки оператора зв'язку, що здійснює свою діяльність на підставі ліцензії, яка видається Національною комісією з питань зв'язку України . Перед видачею дозволу УЧН проводить попереднє вивчення проектної документації радіотехнічного об'єкту, сертифікатів на обладнання, проводить аналіз електромагнітної сумісності. Крім того, УЧН проводить постійний моніторинг об'єктів на предмет виявлення порушень: станцій, що введені в експлуатацію, без наявності належних погоджень. При цьому на базову станцію обов'язково оформляється санітарний паспорт з розрахунками норм по випромінюванню. Введення в експлуатацію базової станції мобільного стільникового зв'язку здійснюється лише після отримання позитивного висновку органів санітарно — епідеміологічної служби.

Як бачимо, екологічне нормування у галузі ЕМВ в Україні є досить жорстким, і ретельне дотримання його вимог і правил дозволяє уникнути негативних впливів. Втім, постійне розширення мобільних мереж, встановлення нових базових станцій, вимагають постійного санітарно-екологічного контролю.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Алгоритм проведення вимірювань.

Основні результати нашої роботи отримані в ході власних польових досліджень та інструментальних вимірювань, проведених весною 2018 року та взимку 2018-2019 рр на території різних мікрорайонів м.Луцька.

Вимірювання рівнів ЕМВ проводились за допомогою 3-вісного тестера електромагнітного поля МІС-98195 (аналог більш поширеної моделі Tenmars-195).

Тестер МІС-98195 має режими безперервного відображення поточних значень, усереднених значень, а також фіксації максимальних показників.

Прилад вимірює напруженість електричного (В/м) та магнітного (А/м) поля, а також густину потоку енергії (Вт/м²) у діапазоні частот від 50МГц до 3,5 ГГц.. Функціонування мобільних мереж на досліджуваній території забезпечується технологічними стандартами зв'язку на частотах від 800 до 2450 МГц. Оскільки раніше в таких діапазонах величина випромінювання оцінювалась лише як густина потоку енергії, усі результати замірів наведені у мкВт/см².

Основна частина дослідження полягала у визначенні електромагнітного фону, створюваного стаціонарними джерелами, найпоширенішими з яких власне є базові станції стільникового зв'язку різних поколінь (2G, 3G, а віднедавна – і 4G).

Дослідження проводили за таким алгоритмом:

1) вибір конкретної ділянки місцевості навколо певної базової станції (чи кількох з них). В першу чергу обирались ділянки густонаселених мікрорайонів (33-й, Варшавський ринок, Центр);

2) підбір за картами/знімками маршрутів і точок майбутніх вимірювань на вибраній ділянці. При цьому намагались підібрати по 3 маршрути у різних напрямках від станції, відповідно до спрямованості передавальних секторів БС - через 120 градусів. Очевидно, що в умовах міської забудови це не завжди

реально, іноді маршрути прокладались вздовж доріг у наближених до секторів напрямках (рис. 3.2). Кількість точок замірів – найчастіше по 5 на маршрут, по 15 на одну БС;



Рис. 2.1. Приклад позначення точок і маршрутів для вимірювань

3) позначення обраних маршрутів та точок на карті (довжина маршрутів вибиралась від 150 м до 1км, залежно від конкретних умов – висоти БС, наявності кількох БС різних операторів, екранованості території забудовою тощо);

4) виїзд на місце заміру і підготовка (контроль статусу батареї, вимкнення власних телефонів для уникнення завад, віднайдення на місці попередньо обраних точок, вибір режиму приладу);

5) безпосередні вимірювання густини потоку енергії в обраних точках. Фіксація середнього і максимального значення. Запис значень у підготовлену відомість замірів;

6) за можливості, проведення повторних вимірювань для формування більшої вибірки та достовірності отриманих значень;

7) математико-картографічне моделювання просторового розподілу електромагнітного забруднення у досліджених мікрорайонах.

Особливості такого моделювання опишемо в наступному пункті.

2.2. Методика картографічного моделювання.

Для моделювання просторового поширення електромагнітного забруднення ми використовували програми Google Earth і Surfer.

Для початку визначали на карті точки і маршрути для обстеження навколо конкретної базової станції. У програмі Google Earth проставляли ці точки маркерами.

Після здійснення вимірювань отримані значення записували у відповідну відомість замірів, а потім ці ж значення прив'язували до відповідних точок (як на рис. 3.1).

Після цього у Surfer створювали базову карту (Base Map), завантажуючи попередньо сформоване зображення із Google Earth.

Далі маємо оцифрувати координати точок для подальшого створення карт – Map-Digitize (рис.3.2).

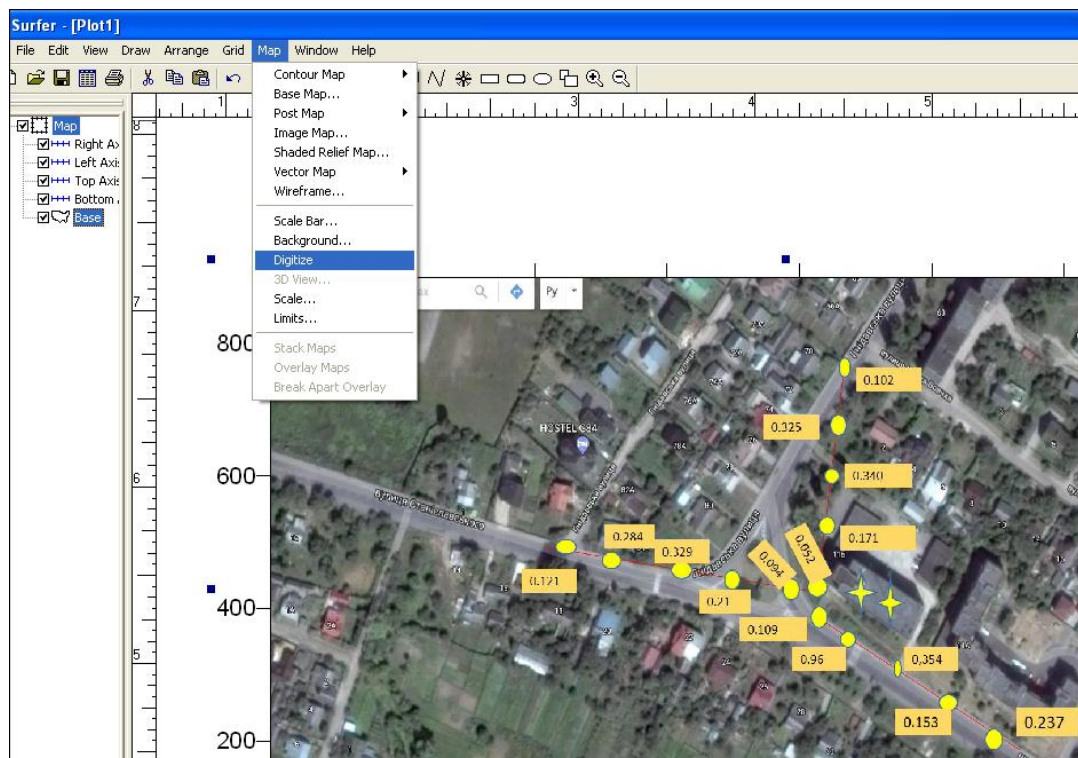


Рис.3.2. Оцифрування базової карти у Surfer 7.0

При цьому при кліку на кожну точку у новий файл автоматично записуються її координати.

Пізніше цей файл у форматі .bln зберігаємо, перезапускаємо, витираємо перший рядок із атрибутивною інформацією про кількість точок та область бланкування, і пере зберігаємо ще раз.

Наступний крок – внесення даних про рівні ЕМВ у кожній із цих точок.

Відкриваємо збережений файл у табличному процесорі Surfer (схожий на MS Excel), і навпроти кожного набору координат вписуємо відповідне значення рівня електромагнітного випромінювання. Зберігаємо файл.

Далі програма має проінтерполювати отримані дані для побудови адекватної просторової моделі. Способів інтерполяції є десятки, і в різних ситуаціях потрібно підбирати найбільш відповідний конкретному процесу чи явищу. Ми поки що обмежились найпоширенішим із способів – кригінгом.

Для інтерполяції потрібно створити сітковий файл, або grid-файл. Для цього відкриваємо наш табличний файл через інтерфейс grid-data (рис.3.3)

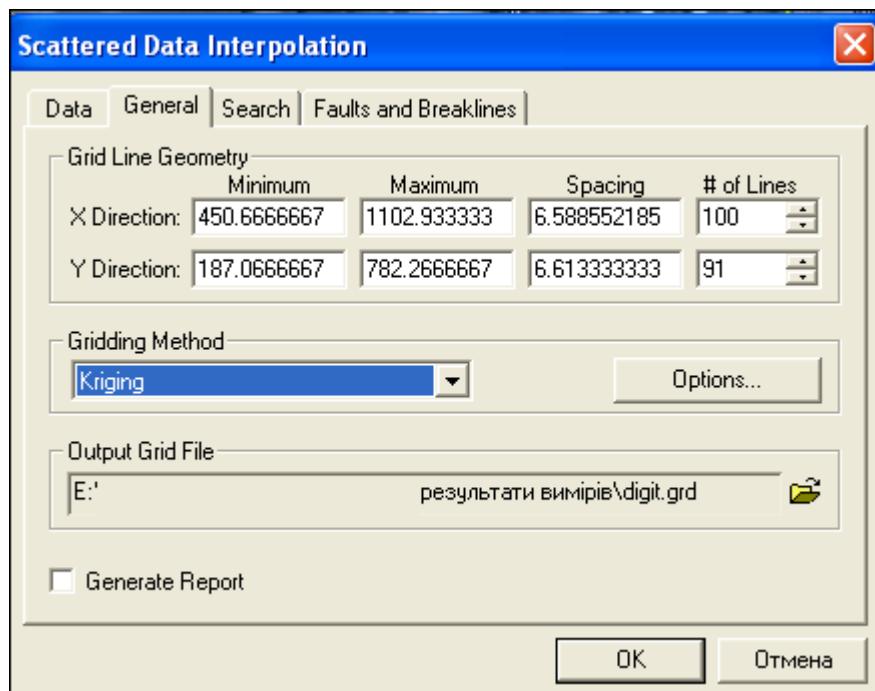


Рис.3.3. Інтерфейс вікна інтерполяції даних у Surfer

У новому вікні обираємо діапазон значень координат, спосіб інтерполяції (тут – кригінг), та інші налаштування.

Після натискання кнопки «Ок» програма генерує ґрід-файл просторово модельованих значень.

Із цього файлу вже можна легко створювати різні карти. Нам потрібна карта ізоліній, поєднана із способом кількісного фону.

Для цього обираємо Map-New contour map, і вказуємо шлях до створеного ґрід-файлу. Програма генерує потрібне зображення, яке можна довільно налаштувати за кольорами, відтінками, розмірами.

Далі потрібно поєднати отриману карту із знімком місцевості, щоб унаочнити картину розподілу рівнів ЕМП на місцевості. Для цього можна експортувати отриману карту малюнком у GoogleEarth, і прив'язати до місцевості через інструмент «Додати накладання зображення». Простіший спосіб – безпосередньо у Surfer створити накладання (оверлей) карти ізоліній на вихідну базову карту (Map-Overlay maps). При цьому потрібно для верхньої карти підібрати необхідний рівень прозорості.

Приклад створеної комбінованої карти можемо побачити на рис. 3.4.

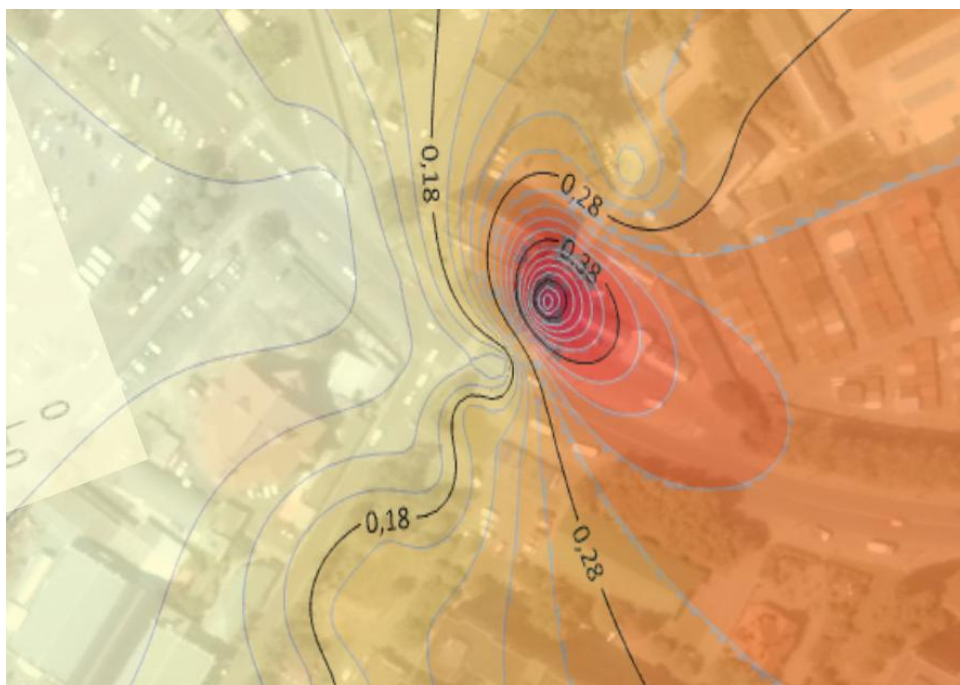


Рис.3.4. Комбіноване зображення, отримане накладанням карти ізоліній на космознімок місцевості.

Таким чином було побудовано карти розподілу рівнів ЕМВ для усіх досліджених ділянок.

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА РІВНІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ОСНОВІ ВЛАСНИХ ВИМІРЮВАНЬ.

3.1. Результати та їх аналіз

В ході нашого дослідження було обстежено 10 ділянок навколо різних базових станцій чи їх скупчень у різних мікрорайонах міста (рис.3.1), зокрема:

- Варшавський ринок, РАЦС, ТЦ «Варшавський», міст (п-т Перемоги), готель «Україна», вул. Станіславського, вул. Д.Галицького, вул. Л.Українки, «Пакко» (вул. Ковельська, 68), «Зося» (вул. Ковельська, 1).

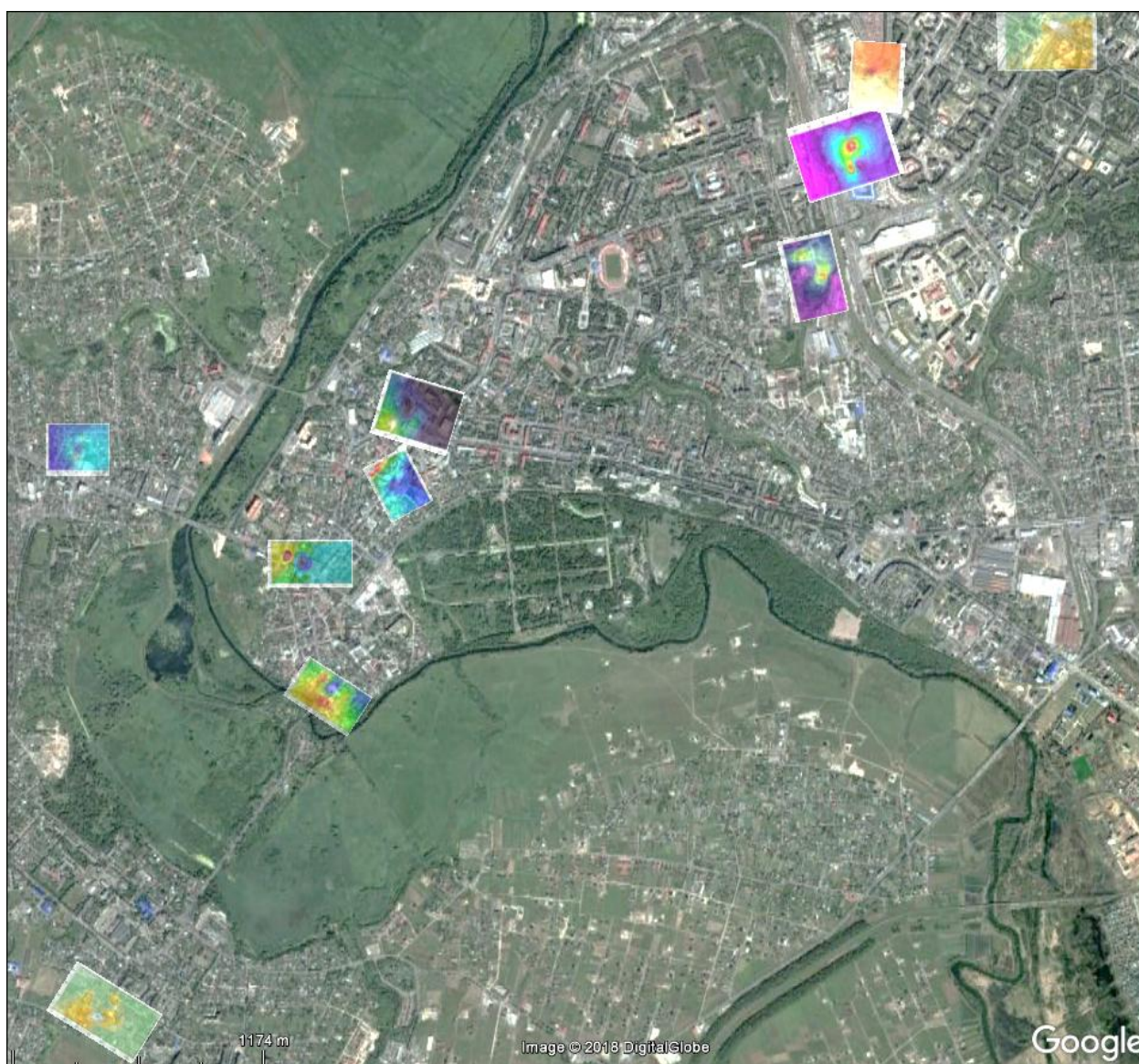


Рис.3.1. Взаємне розміщення досліджених ділянок.

Розглянемо окремі з результатів детальніше.

Вулиця Станіславського. На будинку колишньої АТС-6 (Укртелеком) розміщено 4 базових станції різних операторів, судячи із зовнішнього вигляду, стандартів GSM і WCDMA. Висота розташування над рівнем дороги – 17-19м. Заміри проводились у 3 напрямках (рис.3.2)

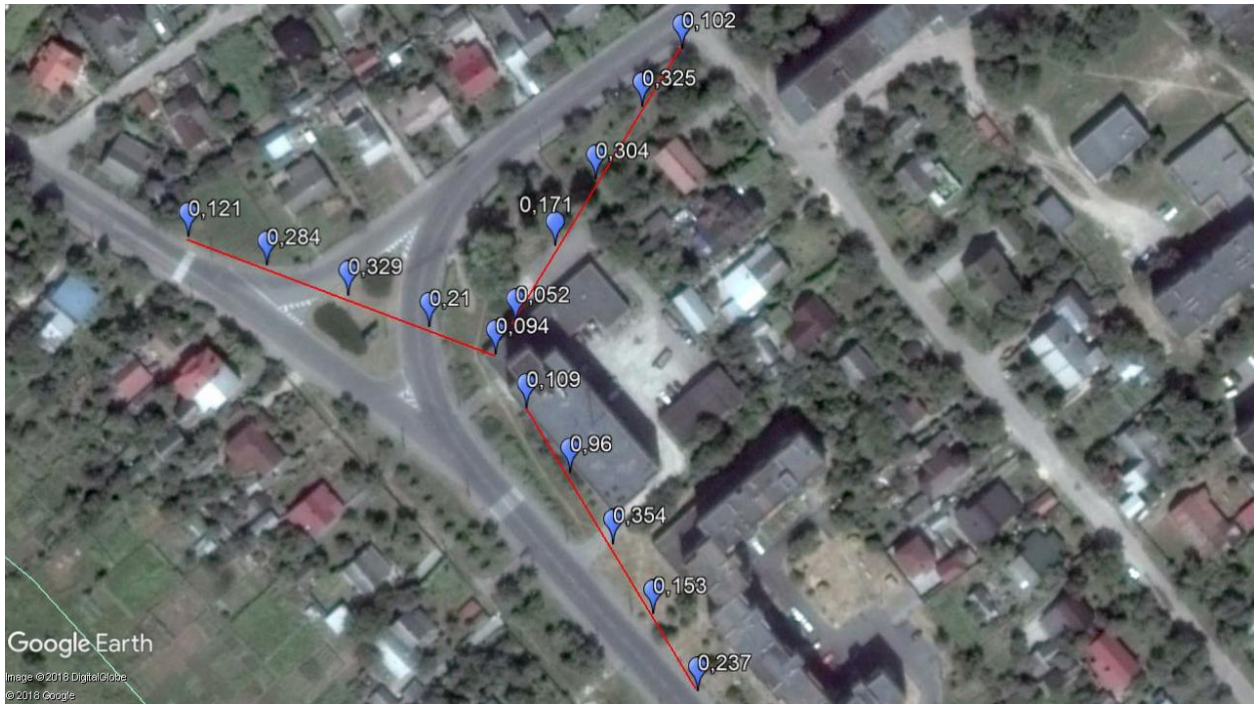


Рис.3.2. Результати замірів на перехресті Станіславського-Гнідавська.

Як бачимо, мінімальні значення (0,05-0,09 мкВт/см²) спостерігались безпосередньо під спорудою, на якій розташовані БС (так звана «сліпа зона»). На відстанях 100-150м значення зростали до 0,3-0,35 мкВт/см², а далі поступово знижувались до 0,1-0,12 мкВт/см². середнє значення склало 0,178 мкВт/см²..

Варшавський ринок. 3 БС розташовані на споруді готелю «Нива» та ТЦ «Караван». Ймовірно, потужність сигналу регулюється залежно від завантаженості мережі відповідно до робочих чи вихідних днів. Наші вимірювання проводились у «пікові» години.

Мінімальне значення – 0,901 мкВт/см².

Середнє значення – 1,15 мкВт/см².

Максимальне значення – 2,296 мкВт/см².

Зауважимо, що максимальне з вимірних значень наближалось до попереднього ГДР ($2,5 \text{ мкВт/см}^2$). Знову ж, найбільші значення спостерігались на відстанях 100-250 м від станцій, а далі зменшувались. Разом з тим, тут фактично не було «сліпої зони» - через особливості розташування і спрямованості секторів БС.

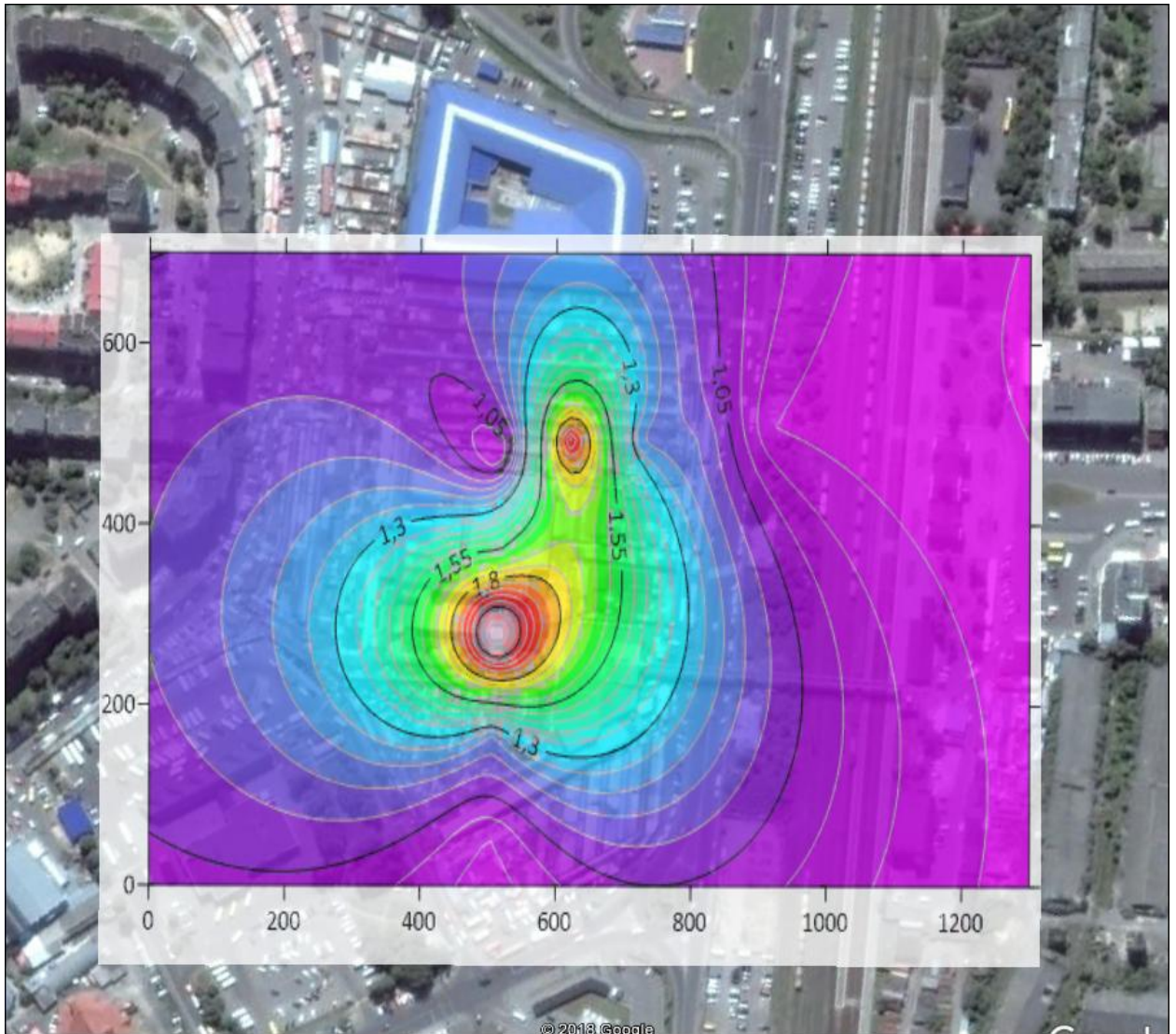


Рис. 3.3. Просторовий розподіл рівнів ЕМП в р-ні Варшавського ринку.

РАЦС. По 2 БС розміщені на самому приміщенні РАЦСу і на сусідньому (через перехрестя) нежитловому будинку.

Мінімальне значення – $0,085 \text{ мкВт/см}^2$.

Середнє значення – $0,271 \text{ мкВт/см}^2$.

Максимальне значення – $0,726 \text{ мкВт/см}^2$.

Мінімальні значення – знову ж безпосередньо біля станцій, максимальні – на відстанях 100-150м у південно-східному напрямку (власне, у секторі спрямованості сусідніх БС).

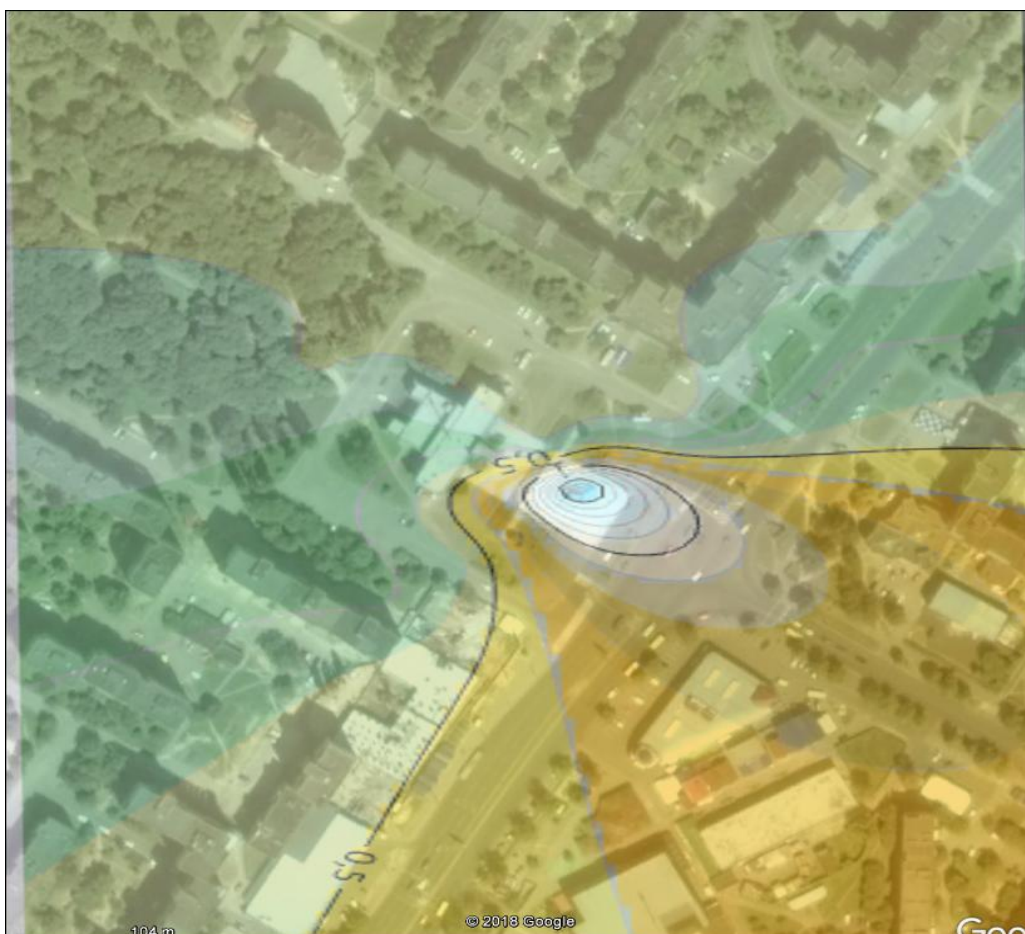


Рис. 3.4. Просторовий розподіл рівнів ЕМП у 33-му мікрорайоні (РАГС)

Як бачимо, безпосередньо житлові будинки фактично знаходяться у зонах мінімальних значень випромінювання.

ТЦ «Варшавський». 2 БС розташовані на сусідньому 5-поверховому нежитловому будинку, ще 2 – на трубі котельні.

Мінімальне значення – 0,091 мкВт/см².

Середнє значення – 0,203 мкВт/см².

Максимальне значення – 0,548 мкВт/см².

Просторовий розподіл показано на одному з попередніх рисунків (3.6). Загалом рівні випромінювання закономірно зменшуються із збільшенням відстані. Дещо підвищені значення у північно-східному напрямку.

Міст на проспекті Перемоги. Одна БС розташована на окремо встановленій щоглі, між мостом та залізничною колією.

Мінімальне значення – 0,091 мкВт/см².

Середнє значення – 0,203 мкВт/см².

Максимальне значення – 0,548 мкВт/см².

Майже в усьому околі станції густина потоку енергії становить від 0,2 до 0,4 мкВт/см². На рівні найближчого житлового будинку рівень випромінювання 0,181 мкВт/см².

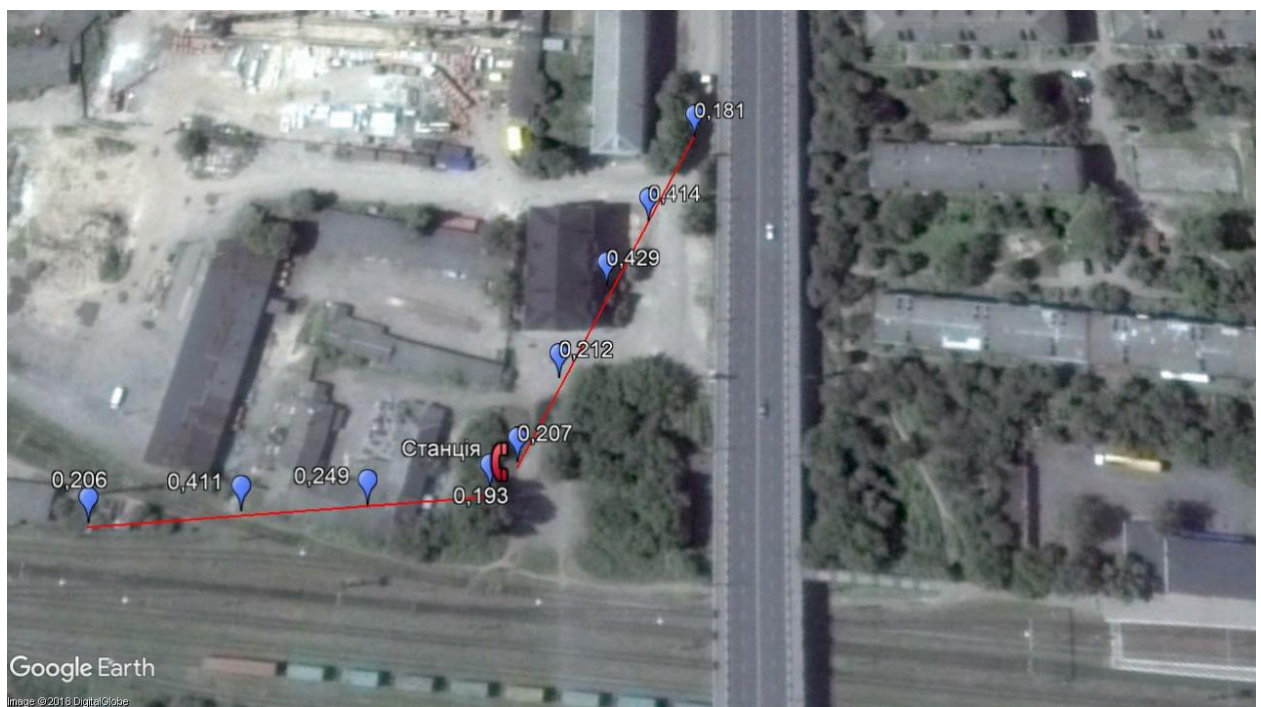


Рис. 3.5. Результати замірів біля мосту на п-ті Перемоги.

Готель «Україна». Ділянка розміщена в центрі міста. На 16-поверховому будинку знаходиться 4 БС, ще 2 – на будівлі ЦУМу.

Мінімальне значення – 0,277 мкВт/см².

Середнє значення – 16,1 мкВт/см².

Максимальне значення – 50,32 мкВт/см².

Це єдина із досліджених нами ділянок, де рівні випромінювання суттєво перевищують як раніший, більш жорсткий (2,5 мкВт/см²), так і сучасний, більш

«м'який» норматив (10 мкВт/см^2). В окремих місцях перевищення складає 5 разів (рис. 3.6).

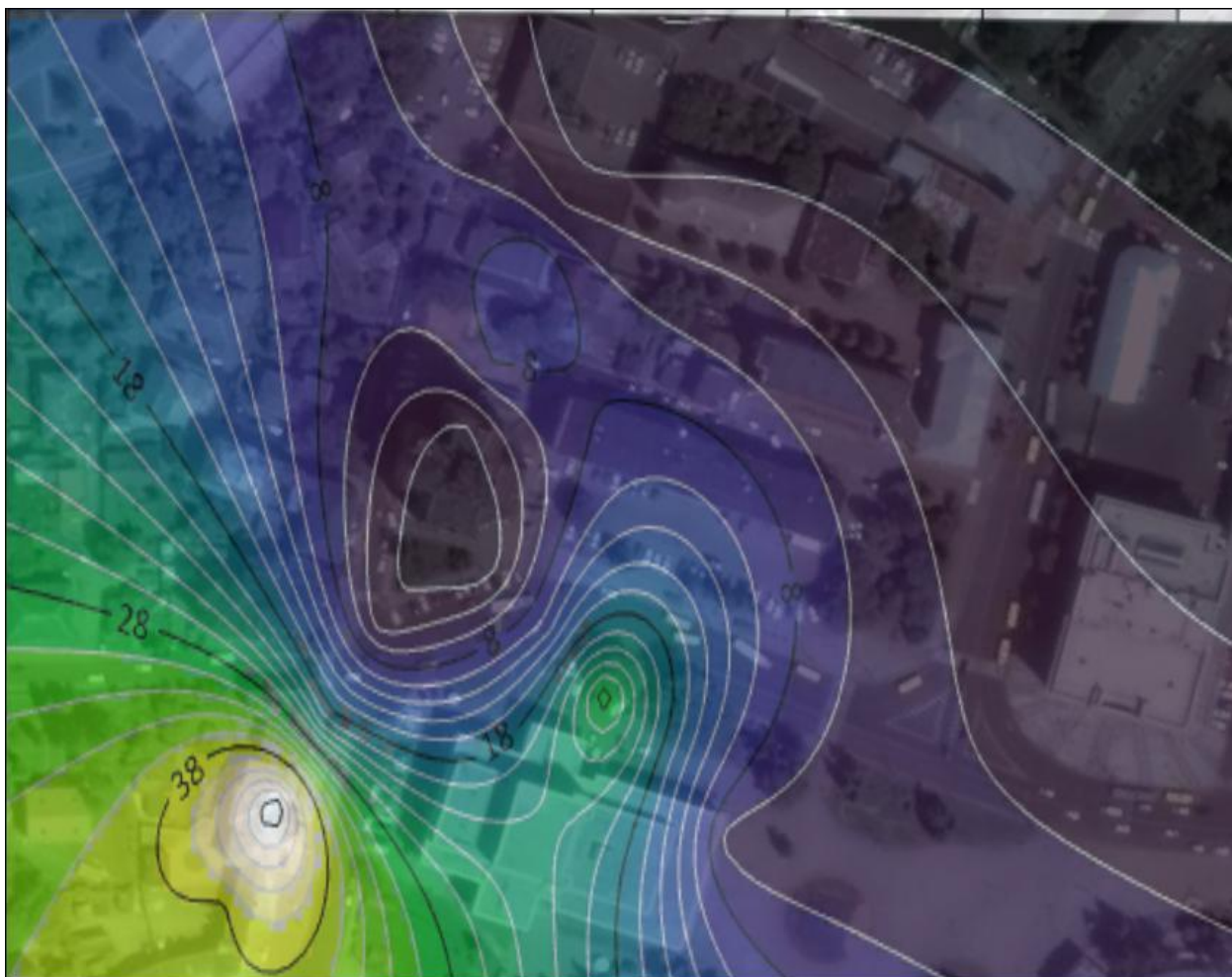


Рис. 3.6. Просторовий розподіл рівнів ЕМП у центрі міста (готель «Україна»)

Раніше ми вважали, що найбільш імовірне пояснення таких високих рівнів – наявність ще одного джерела випромінювання (телевізійний ретранслятор, встановлений поруч на даху житлового 16 поверхового будинку). Однак при проведенні повторних вимірювань у 2019 році ми виявили, що ЕМВ від ретранслятора незначне (в т.ч. досліджували ще більший ретранслятор у сусідньому с.Підгайці) – менше 1 мкВт/см^2 . Це підтвердилось і різними замірами на Театральній площі: коли підходили ближче до будівлі театру, щоб усі БС вже були «сховані», але телетранслятор виднівся, рівні ЕМВ менші $1,0$, а коли відходили трохи далі, щоб у полі зору з'являлись БС – рівень зростав зразу до $3-7 \text{ мкВт/см}^2$ (рис. 3.7)

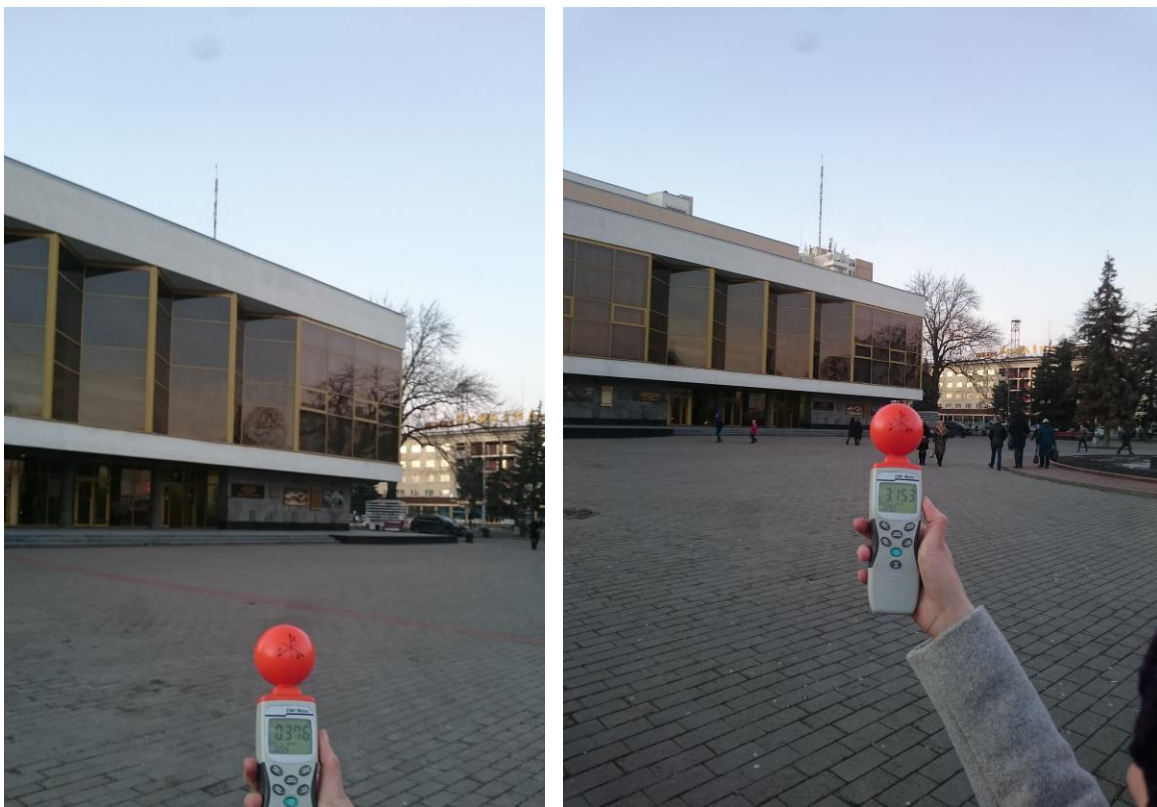


Рис. 3.7. Відмінності рівнів ЕМВ на Театральній площі при «екрануванні» будівлею театру та без нього.

Вулиця Д.Галицького. 2 БС встановлені на будівлі колишньої синагоги

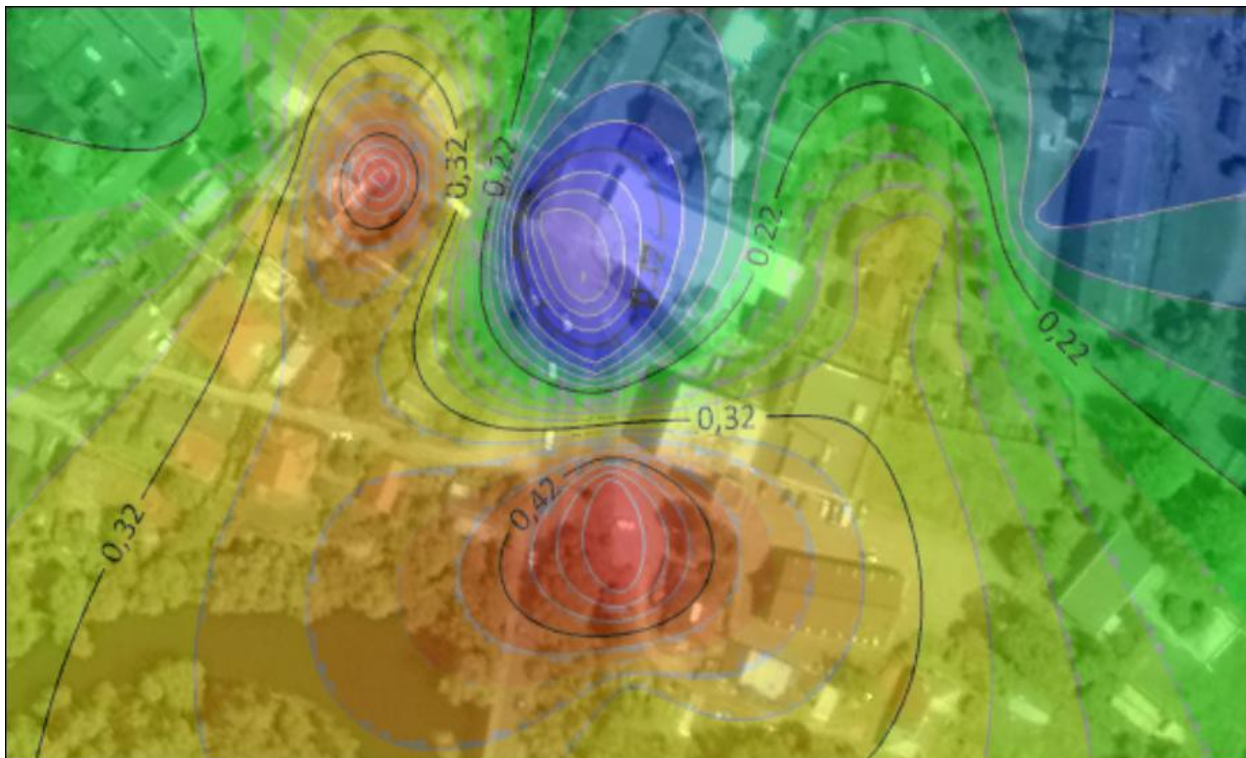


Рис. 3.8. Просторовий розподіл рівнів ЕМП по вул. Д.Галицького.

Мінімальне значення – 0,051 мкВт/см².

Середнє значення – 0,315 мкВт/см².

Максимальне значення – 0,501 мкВт/см².

Рівні знаходяться в межах норми, але просторовий розподіл є досить нерівномірним, що може бути пов'язано із перепадами рельєфу (р.Стир) та забудованістю території.

Вулиця Лесі Українки. 2 БС знаходяться на приміщенні Укртелекому на перехресті вул. Лесі Українки та Кривий Вал.

Мінімальне значення – 0,094 мкВт/см².

Середнє значення – 0,26 мкВт/см².

Максимальне значення – 0,728 мкВт/см².

По основних напрямках просторовий розподіл звичайний, із мінімумом у сліпій зоні, максимумом на 100-200м та подальшим поступовим зменшенням. Однак в західному напрямку спостерігається поступове зростання рівнів ЕМП, до 0,73 мкВт/см², що може бути пов'язано із наближенням до вже згаданого раніше телевізійного ретранслятора.

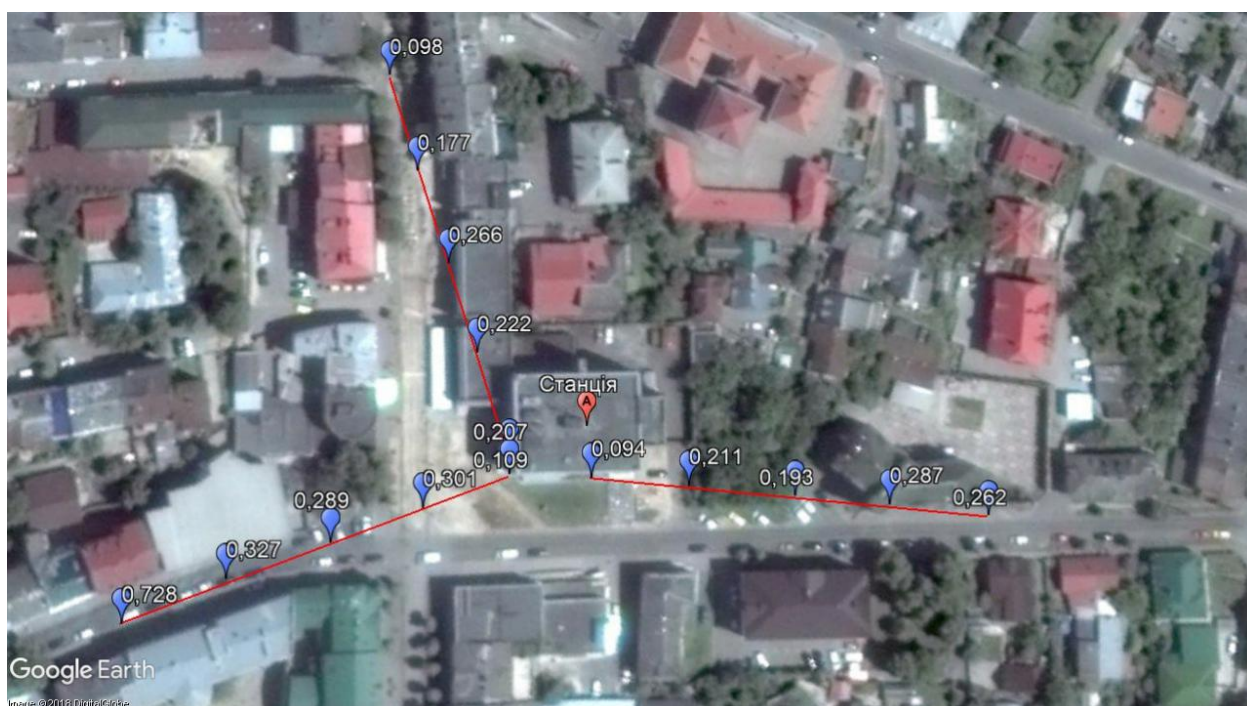


Рис. 3.9. Просторовий розподіл рівнів ЕМП по вул. Л.Українки.

Магазин «Пакко» (вул. Ковельська). 2 БС розташовані на окремо розташованих щоглах у дворах між будинками

Мінімальне значення – 0,149 мкВт/см².

Середнє значення – 0,213 мкВт/см².

Максимальне значення – 0,631 мкВт/см².

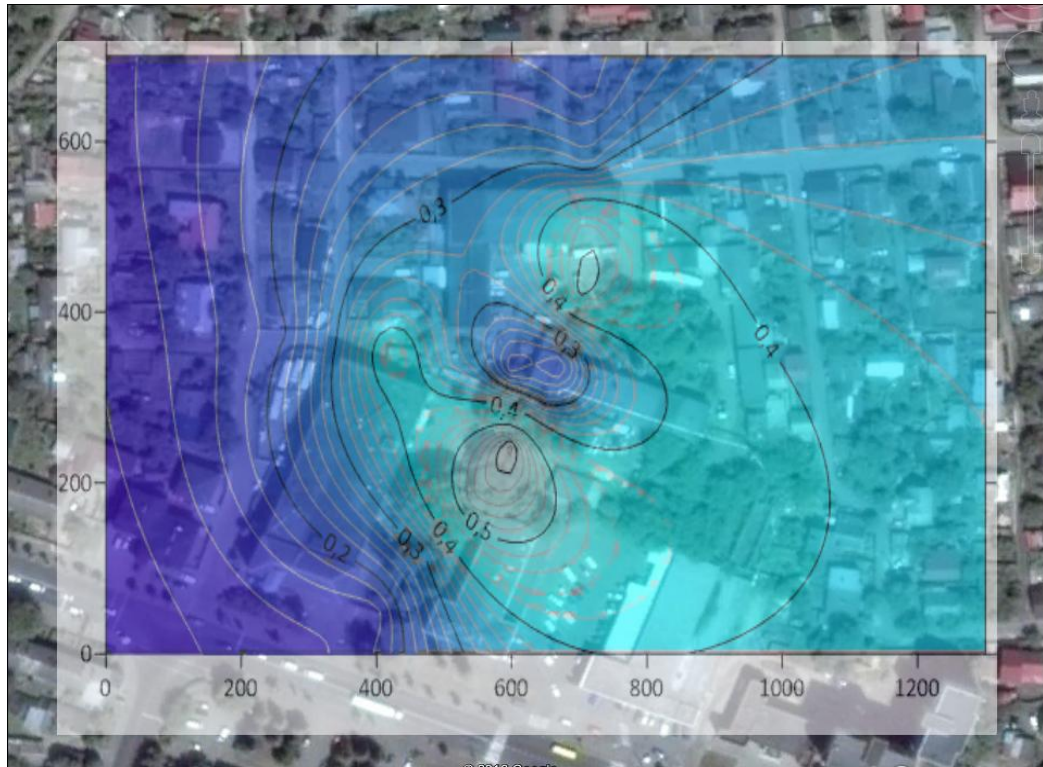


Рис. 3.10. Просторовий розподіл рівнів ЕМП біля магазину «Пакко»

Деякі вищі значення безпосередньо біля станцій можуть пояснюватись сумациєю полів сусідніх станцій та їх відносно невеликою висотою.

Магазин «Зося» (вул. Ковельська, 1). 4 різних БС встановлені на даху нежитлового 5-поверхового будинку.

Мінімальне значення – 0,081 мкВт/см².

Середнє значення – 0,186 мкВт/см².

Максимальне значення – 0,494 мкВт/см².

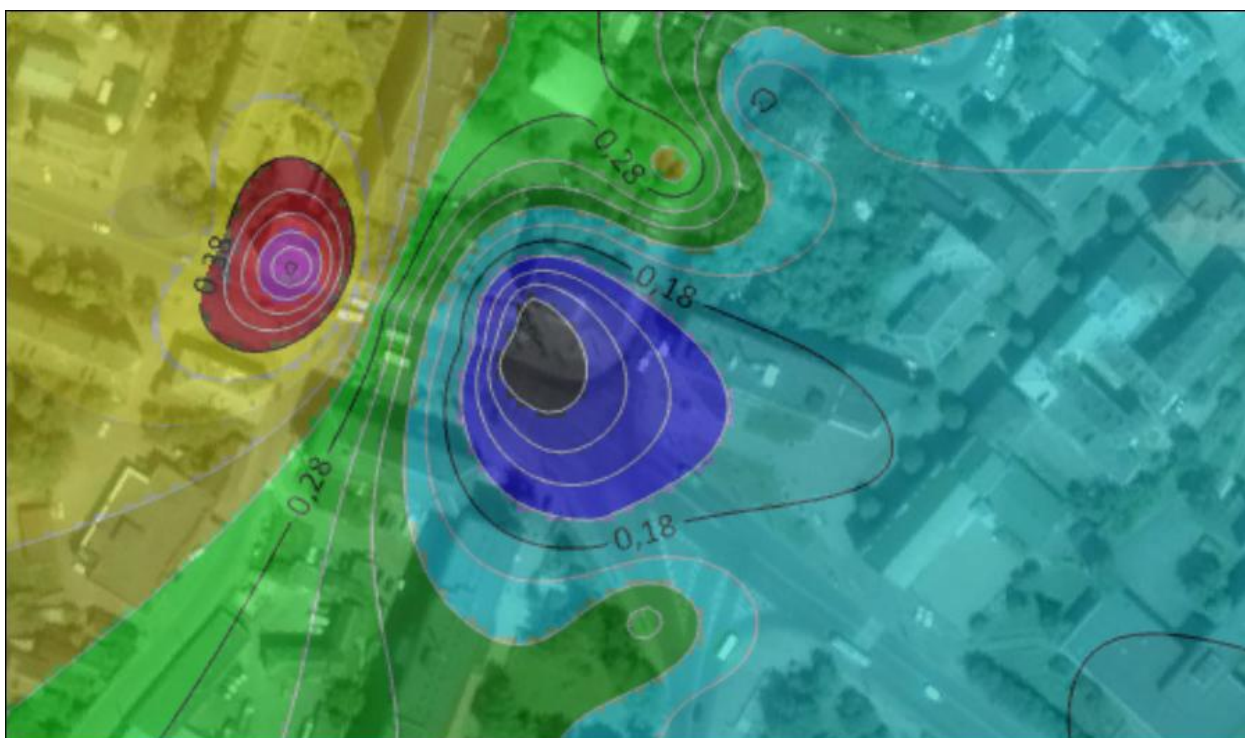


Рис. 3.11. Просторовий розподіл рівнів ЕМП (вул.. Ковельська, 1).

Як бачимо, незважаючи на значну концентрацію БС, їх узгоджене взаємне розміщення не викликає сумачі полів в однакових напрямках, і тому рівні випромінювання значно менші від допустимих.

Таким чином, у 9 з 10 проаналізованих ділянок рівні ЕМВ були меншими від гранично допустимого рівня, і лише на одній – суттєво вищими. Найімовірніше, що цей випадок пов'язаний з більшою потужністю базових станцій мобільного зв'язку для центральної частини міста.

Ще в 1 випадку (район Варшавського ринку) рівні ЕМВ наближались до позначки $2,5 \text{ мкВт/см}^2$, що раніше було допустимою нормою.

У більшості інших випадків рівні випромінювання досить низькі (в середньому $0,1-0,4 \text{ мкВт/см}^2$), але все ж є вищими від фонового рівня (який становить від 0 до $0,007 \text{ мкВт/см}^2$).

За наявності одиничного джерела БС розподіл ЕМП на різних відстанях переважно схожий – мінімальний під станцією, більший на відстанях від 100 до 200-300м (залежно від висоти і потужності), і згасаючий на більших віддальх (рис. 3.12).

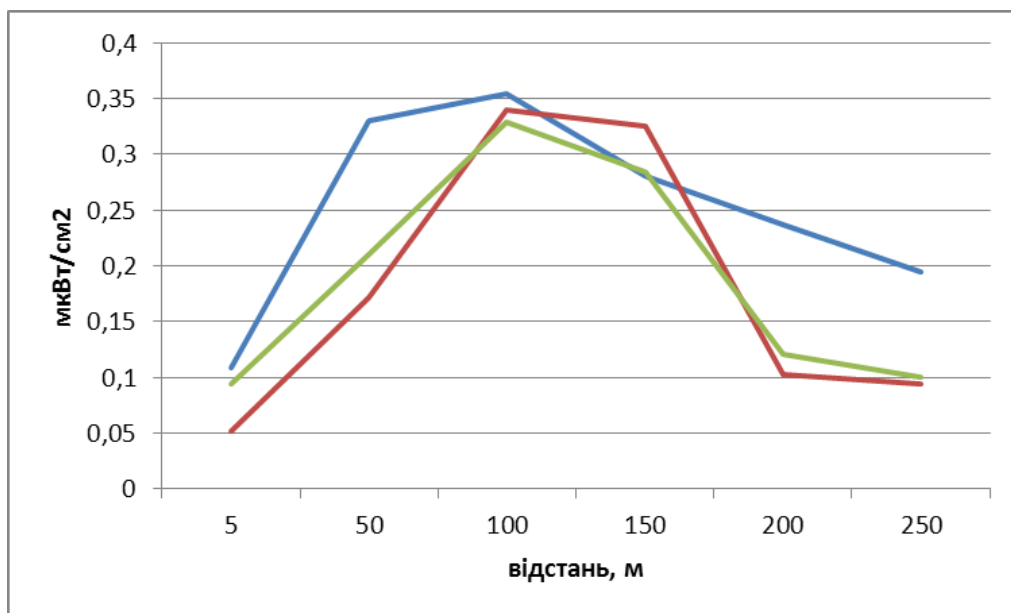


Рис. 3.12. Усереднені показники зміни рівня ЕМВ із відстанню від БС (по 3 різних напрямках).

Втім, часто наявність сусідніх станцій, особливості рельєфу, або ж різна ступінь екранованості території вносить суттєві зміни у характер просторового розподілу ЕМП.

Тому в подальшому, особливо із встановленням і розвитком 4G-мереж, важливо оцінювати рівні електромагнітних випромінювань навколо кожної конкретної станції, з урахуванням місцевих просторово-часових особливостей.

ВИСНОВКИ

1. Постійний розвиток мобільних мереж та відповідне зростання числа базових станцій є вагомим чинником формування електромагнітного забруднення міських територій і тому потребує детального моніторингу.

2. У м. Луцьку розміщено більше 350 базових станцій мобільних операторів зв'язку, чимало з них розташовані на дахах чи поблизу житлових будинків, що викликає занепокоєння населення.

3. Проведення вимірювань у різних мікрорайонах Луцька дозволило оцінити діапазон рівнів ЕМВ навколо базових станцій та виявити ділянки перевищення гігієнічних нормативів.

4. У більшості випадків рівні випромінювання досить низькі (в середньому 0,1-0,4 мкВт/см²), але все ж є вищими від фонового природного рівня.

5. Виявлено одну ділянку із перевищеннями гранично допустимого рівня – від 16 до 50 мкВт/см² (ГДР – 10 мкВт/см²), що знаходиться навколо будинку із кількома БС та телеретранслятором.

6. Для просторового розподілу електромагнітного поля навколо міських БС характерні низькі рівні безпосередньо біля станції, підвищені на відстанях 100-200м, середні та низькі із подальшим віддаленням. В окремих випадках на розподіл суттєво впливають місцеві природні умови та характер забудови.

7. Отримані фактичні дані та побудовані на їхній основі картосхеми можуть бути використані для подальших деталізованих досліджень рівнів електромагнітного забруднення у місті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безверха А.П. Гігієнічне обґрунтування вимог до розміщення та експлуатації радіотехнічних засобів транкінгового обладнання (базові станції, персональні радіотелефони транкінгового зв'язку) / Гігієна населених місць. №66. 2015.
2. Бондаренко О. Усовершенствование методики определения биологически-безопасной для населения зоны излучения антенны базовой станции мобильной связи / Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2016, № 2
3. Василенко В.В. Аналіз впливу електромагнітних випромінювань на організм людини та методи захисту / В.В. Василенко, С.Г. Павлов // Енергетика і автоматика. — 2011. — № 4(10). — С. 1–14
4. Галак С. С. Гігієнічна оцінка електромагнітного випромінювання, що створюється базовими станціями та мобільними радіотелефонами стандарту DCS-1800. Гігієна населених місць, 2014.–Вип 64. С.171-183.
5. Думанський, В. Ю. "Гігієнічна оцінка електромагнітного випромінювання, що створюється обладнанням стільникового мобільного зв'язку стандарту GSM 900." Гіг. насел. місць, К (2004): 133.
6. Думанський В.Ю. Гігієнічна характеристика стану електромагнітного забруднення міст України / Думанський В.Ю., Біткін С.В., Думанський Ю.Д., Нікітіна Н.Г. // Гігієна населених місць : Зб. наук. пр. – К., – 2012. – Вип.59. – С. 160-171.
7. Думанський Ю.Д. Електромагнітне забруднення навколишнього середовища — сучасна гігієнічна проблема (підсумки та перспектива досліджень) // Гіг. насел. місць. — К., 2003. — Вип. 42. — С. 195-204.
8. Запорожець О.І. Засади електромагнітного моніторингу міста в умовах підвищення електромагнітного навантаження на довкілля / О.І. Запорожець, Л.О. Левченко // Екологічна безпека та природокористування, № 1(17), 2015.
9. Коваль Р.Р. Аналіз стану електромагнітного забруднення міста Києва / Галузеві проблеми екологічної безпеки, 2016, Харків. – С.97-100.
10. Никитина Н.Г., и др. Мониторинг здоровья населения, проживающего в условиях воздействия электромагнитных излучений / Гігієна населених місць, 2012.–Вип 59. С.203-206.
11. Остапенко О.О., Вега А. Дослідження електромагнітного забруднення міста Вінниця / Нук.праці ВНТУ, 2016, с.2-7.
12. Про затвердження Змін до Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. – Наказ МОЗ

України № 266 від 13.03.2017. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 16 травня 2017 р. за № 625/30493. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0625-17>.

13. Селюк М.М. Вплив електромагнітних полів надвисокого діапазону на серцево-судинну систему / М.Селюк, В. Потаскалова // Артеріальна гіпертензія, № 5 (7), 2009.

14. Тараканець О. Оцінка рівнів електромагнітного забруднення від базових станцій мобільного зв'язку / Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 63с.

15. Томашевська Л.А. До питання про біологічні ефекти дії електромагнітних випромінювань / Гігієна населених місць. №62. 2013. – С.193-198.

16. Федонюк М. А. До питання організації вимірювань рівнів електромагнітних випромінювань пристроїв мобільного зв'язку / М. А. Федонюк, А. А. Федонюк, А. О. Цалковський // Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів : матеріали ІХ Міжнар. наук.-техн. конф. – Кременчук : КНУ ім. М. Остроградського, 2010. – С. 149–150.

17. Федонюк М.А. Оцінка електромагнітного забруднення від базових станцій мобільного зв'язку у м. Луцьку / М.Федонюк, В.Федонюк// 5-й Міжнародний конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”: збірник матеріалів. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. – С.70.

18. Koprivica, Mladen, et al. Statistical analysis of electromagnetic radiation measurements in the vicinity of GSM/UMTS base station installed on buildings in Serbia. Radiation protection dosimetry 168.4 (2015): 489-502.

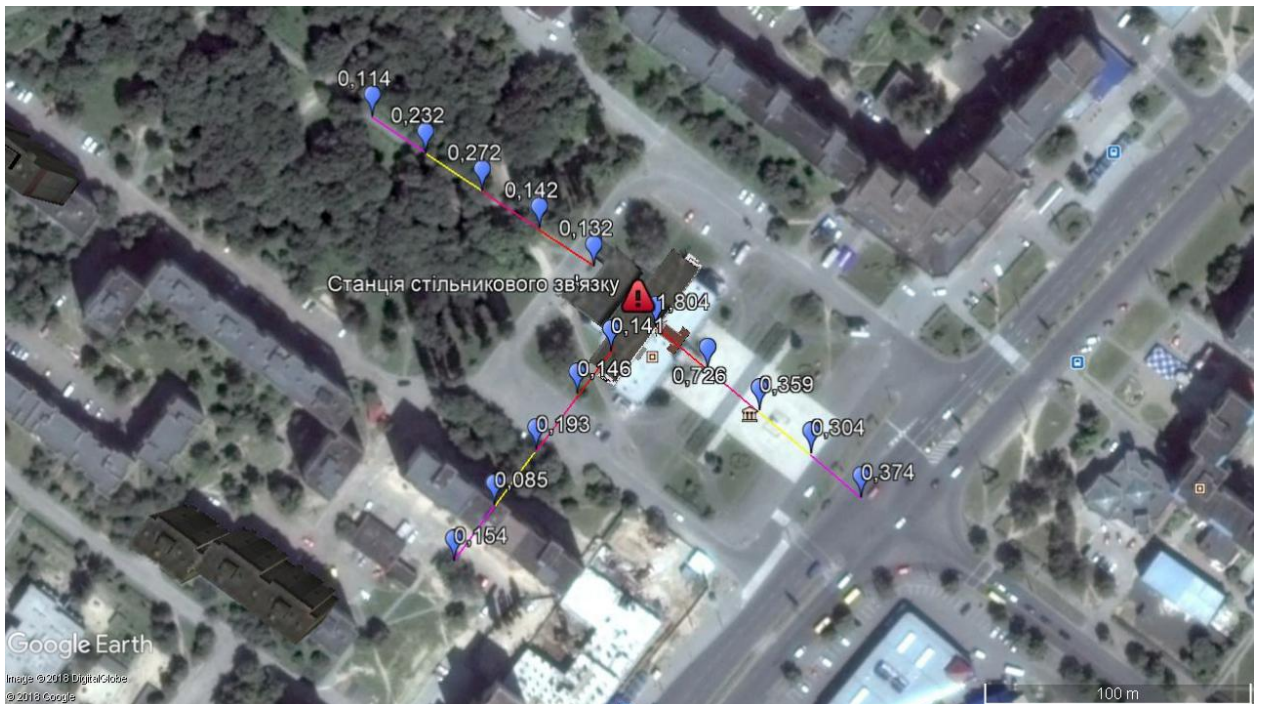
ДОДАТКИ

Додаток А

Картосхеми маршрутів та точок проведених вимірювань із внесеними результатами



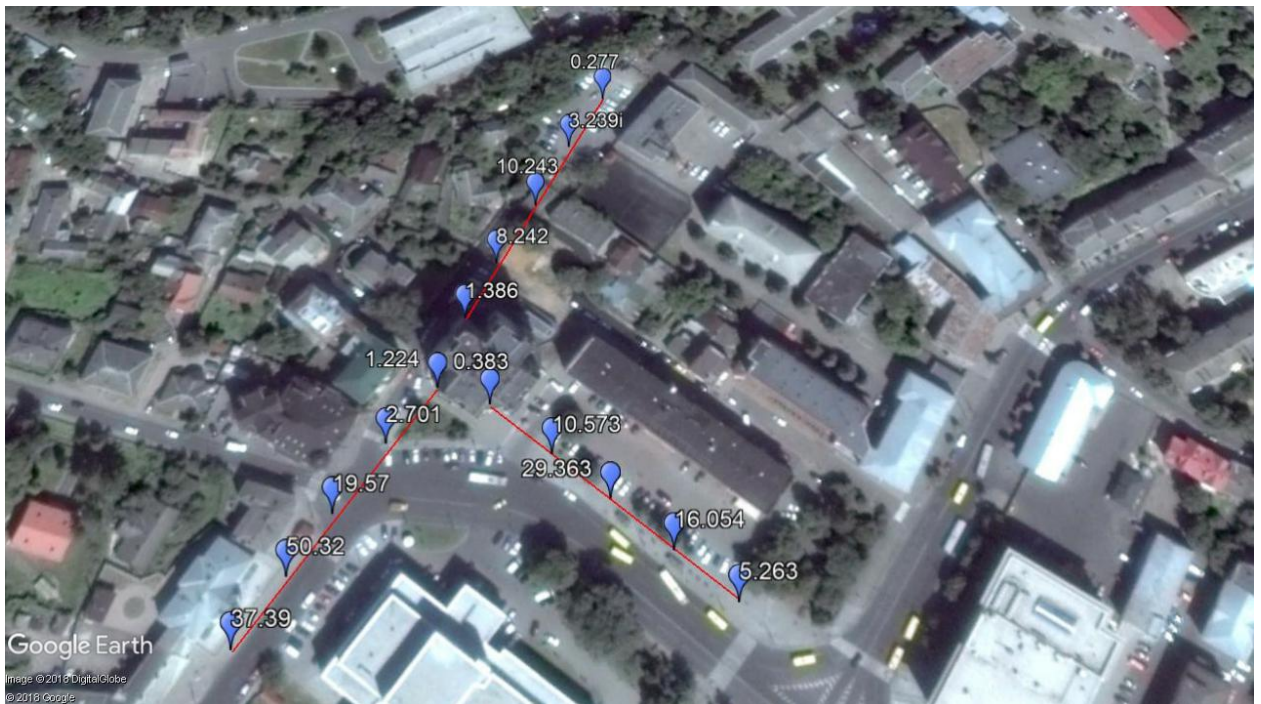
A1 – Варшавський ринок



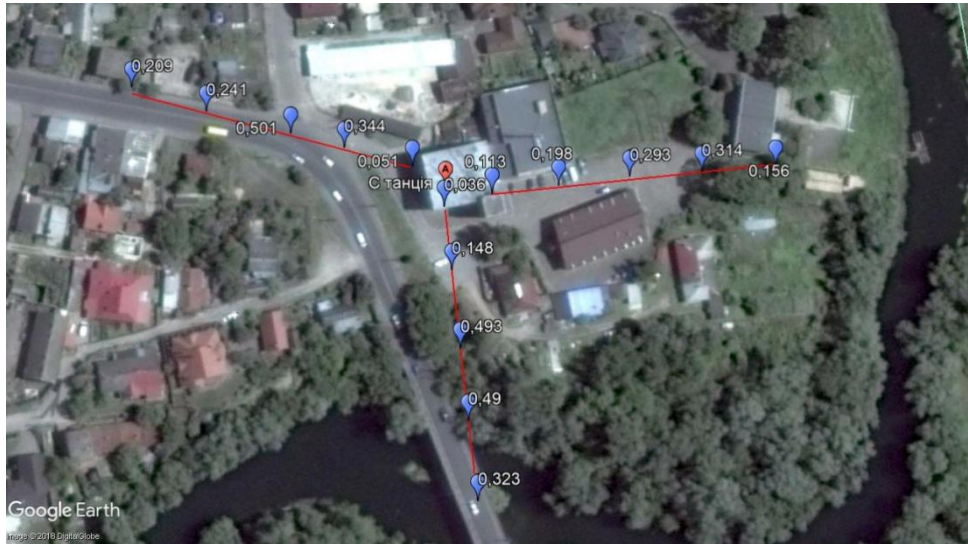
A2 - РАЦС



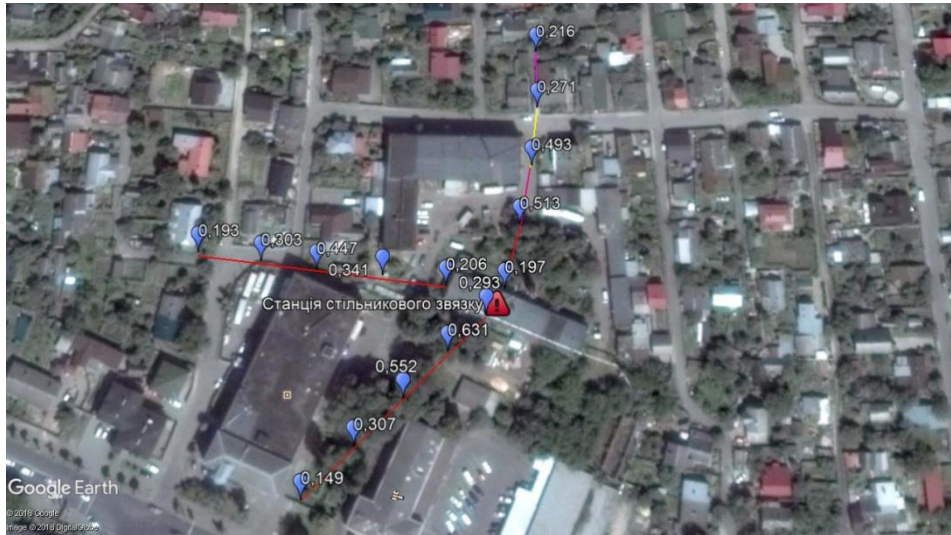
А3 – ТЦ «Варшавський»



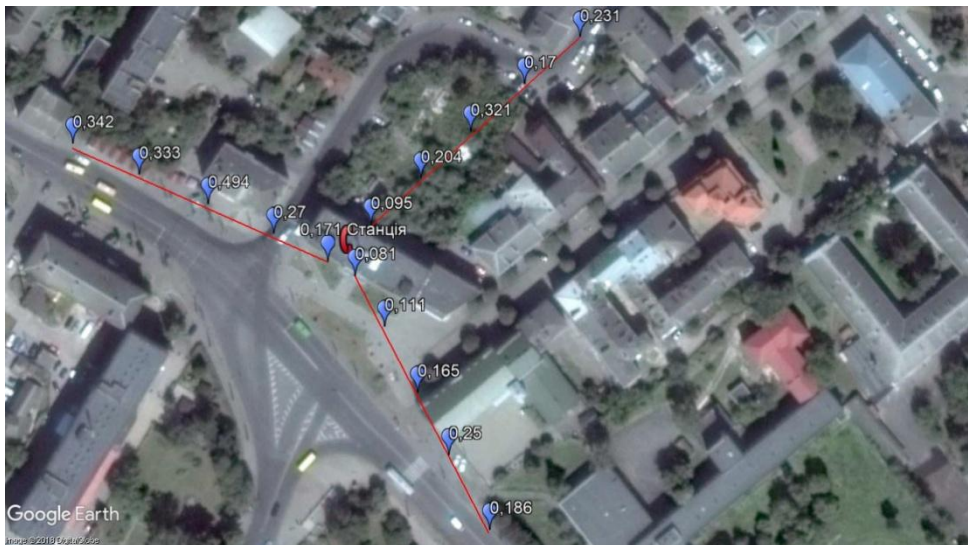
А4 - Центр



A5 – Д.Галицького



A6 – «Пакко»



A7 - Ковельська

Додаток Б. Ілюстрації перевищення рівнів біля готелю Україна

