

УДК 504.6:502.175(477.86)

Т.В. КУНДЕЛЬСЬКА, М.Т. МИКИЦЕЙ

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ,
УСКЛАДНЕНОГО ВПЛИВОМ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ
СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ, НА УРБАНІЗОВАНІЙ ТЕРИТОРІЇ
МІСТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА**

***Анотація.** Проведено вимірювання складових електромагнітного поля на території м. Івано-Франківська. Здійснено аналіз зміни рівнів електромагнітних полів з часу попередніх досліджень. Обліковано базові станції стільникового зв'язку та охарактеризовано їх вклад в стан електромагнітної ситуації. За результатами вимірювань створено екологічні карти розподілу електромагнітних полів по території м. Івано-Франківська.*

***Ключові слова:** електромагнітне поле, стільниковий зв'язок, базова станція, електромагнітне випромінювання, екологічна ситуація, гранично допустимі рівні.*

Постановка проблеми в загальному вигляді

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

В 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.

За даними Головного управління статистики в Івано-Франківській області [1], чисельність населення в м. Івано-Франківську станом на 1 січня 2017 року становила 251 760 осіб, щільність населення – 3004,9 на 1 км², тобто за цими показниками місто належить до середніх. Із збільшенням щільності населення впливу електромагнітного випромінювання від одного джерела піддається значно більша частина населення, ніж, наприклад, в сільській місцевості, де відповідно показник щільності менший у десятки разів. Підвищена небезпека для здоров'я міських жителів виникає на рівні висоти багатоповерхівок, в яких протягом доби зосереджується більша кількість населення. На такій висоті складові електромагнітного поля часто можуть перевищувати допустимі норми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Значну увагу дослідженню електромагнітних полів на території великих міст, у тому числі електромагнітному випромінюванню від базових станцій стільникового зв'язку, приділяє В.Ю. Думанський [2]. На основі аналізу й узагальнення результатів теоретичних, інструментальних та експериментальних досліджень в його роботі подано комплексну гігієнічну оцінку сучасного стану електромагнітного забруднення окремих міст України, зокрема м. Київ, м. Львів, м. Одеса.

Вивченню ЕМП у м. Івано-Франківську були присвячені дослідження Е.Д. Кузьменка, О.В. Подолян у 1993 році, що наведені у монографії «Екологія міста Івано-Франківська» під ред. проф. О.М. Адаменка [3]. У науковій статті Я.М. Семчука та І.І. Мердуха [4] проаналізовано можливі впливи на роботу серцево-судинної системи від електромагнітних полів радіочастотного діапазону на території міста Івано-Франківська. В основу досліджень покладено моніторинг території, за результатами якого було створено екологічні карти рівнів ЕМП та його складових в межах міста.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття

На відміну від попередніх досліджень, увага авторів спрямована на визначення електромагнітних полів, що ускладнені впливом базових станцій стільникового зв'язку. Також метою дослідження авторів було проаналізувати зміни, що відбулись у електромагнітній ситуації міста Івано-Франківська після проведення зазначених вимірювань у 2015 р. на точках тест-полігону, які були наведені у І.І. Мердуха [4]. У процесі подальших досліджень вперше проведено облік та встановлено місця розташування усіх базових станцій стільникового зв'язку в м. Івано-Франківську станом на лютий 2017 р. Результати вимірювання складових ЕМП в зонах впливу кожної базової станції було зіставлено з даними вимірювань, які проводились в точках тест-полігону у 2015 році і не враховували близького розміщення цих об'єктів.

Виклад основного матеріалу

Стаття 50 Конституції України закріплює право кожного на безпечне для життя і здоров'я довкілля. Одним із проявів небезпеки є підвищений рівень електромагнітного випромінювання, що може виникати, зокрема, внаслідок дії великої кількості джерел електромагнітного поля. Особливо актуальним стало питання встановлення великої кількості таких джерел у вигляді базових станцій стільникового зв'язку. Ще у 1995 році Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я було офіційно впроваджено термін «Глобальне електромагнітне забруднення довкілля». ВООЗ включила проблему електромагнітного забруднення навколишнього середовища в перелік пріоритетних проблем людства [5]. Практично постійне перебування людей в зоні впливу підвищених рівнів електромагнітних полів є однією з причин погіршення стану суспільного здоров'я.

Найбільш поширеним джерелом електромагнітного випромінювання в населених місцях України є стільниковий мобільний зв'язок. На сьогодні

він широко впроваджений в життєдіяльність населення. Свою назву стільниковий зв'язок отримав від стільникового принципу його організації, відповідно до якого зона обслуговування (територія міста або регіону) ділиться на велике число малих робочих зон або "стільників" у вигляді шестикутників. В центрі кожної робочої зони розташована базова станція (БС), що здійснює зв'язок по радіоканалах з багатьма абонентськими станціями (АС). Базові станції з'єднані телефонними лініями зв'язку з центральною станцією (ЦС), яка забезпечує з'єднання рухомих абонентів з будь-якими абонентами телефонної мережі загального використання за допомогою комутаційних засобів. При переміщенні рухомого абонента з однієї зони в іншу здійснюється автоматичне переключення каналу радіозв'язку на нову базову станцію, тим самим забезпечується естафетна передача абонента від однієї до наступної (сусідньої) базової станції. Управління та контроль за роботою базових та абонентських станцій здійснює ЦС, в пам'яті якої зібрані як статистичні, так і динамічні дані про рухомі об'єкти та стан мережі в цілому [5].

Базова станція системи стільникового зв'язку, що становить собою будівлю, вежу, фіксовану антену тощо, за принципом дії є джерелом електромагнітного випромінювання, яке вносить вагомий вклад в стан електромагнітної ситуації населених пунктів.

Нормативний рівень густини потужності ЕМП $2,5 \text{ мкВт/см}^2$, встановлений у «Державних санітарних нормах і правилах захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання» [6], визначається на відстані 80 м від БС на висоті 2 м. Проте на висотах понад 6 м над землею рівні електромагнітного випромінювання можуть перевищувати нормативний показник і залежно від напрямку поширення сигналу негативно впливати, зокрема, на мешканців багатоповерхівок.

У зв'язку з цим, з серпня 2013 р. такі об'єкти нарешті було визнано потенційно небезпечними відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 28 серпня 2013 р. № 808 «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» [7]. Аналіз чинного законодавства України дозволяє стверджувати, що, незважаючи на підвищений ступінь екологічного ризику таких об'єктів, наявне правове регулювання розміщення та експлуатації базових станцій систем стільникового зв'язку не забезпечує ефективного захисту людини від небажаного електромагнітного забруднення її життєвого середовища, є фрагментарним і непослідовним.

Дія електромагнітного випромінювання на людину вивчена недостатньо. Відомо, що зі збільшенням довжини хвилі знижується негативна дія ЕМП. Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності та характеру випромінювання (неперервного чи модульованого), режиму опромінювання, розміру поверхні тіла, що зазнає опромінювання, індивідуальних особливостей організму [8].

Електромагнітні поля негативно впливають на організм людини, яка безпосередньо працює з джерелом випромінювання, а також на населення, яке мешкає поблизу таких джерел. На теперішній час, за даними екологів і лікарів-гігієністів, відомо, що всі діапазони електромагнітного випромінювання впливають на здоров'я і працеспроможність людей, окрім того, мають віддалені наслідки. Людина не здатна фізично відчувати

електромагнітне поле, що її оточує, проте воно викликає зменшення її адаптивних резервів, зниження імунітету, розвивається синдром хронічної втоми, збільшується ризик захворювань.

Змінне електричне поле викликає нагрівання тканин живих організмів, як за рахунок змінної поляризації діелектрика (суглобів, хрящів, кісток), так і за рахунок виникнення струмів провідності. Тепловий ефект є наслідком поглинання енергії електромагнітного поля. Внаслідок переходу електромагнітної енергії в теплову при дії ЕМП спостерігається підвищення температури тіла та селективне нагрівання органів і тканин організму. Найбільш чутливими до перегрівання є органи зору, мозок, нирки, жовчний і сечовий міхур. Встановлено наявність прямої дії електромагнітного поля на клітини мозку, мембрани нейронів, пам'ять, умовно-рефлекторну діяльність. В модельних експериментах показана можливість впливу слабких електромагнітних полів на процеси синтезу в нервових клітинах. На теперішній час накопичено достатньо даних, що вказують на те, що при впливі електромагнітного поля порушуються процеси імуногенезу.

Кількість осіб, які контактують із надмірними рівнями енергії ЕМП, постійно зростає. Проблема полягає в зростанні їх інтенсивності та зміні характеру випромінювання. Встановлено, що під впливом слабких ЕМП в організмі людини змінюється амплітуда та фаза ритмів біологічних показників. Як відомо, десинхроноз є загальною ознакою розладнання здоров'я на початкових етапах. Особливо небезпечною є дія електромагнітних випромінювань на дітей, підлітків, вагітних жінок та осіб з послабленим здоров'ям.

Для аналізу електромагнітної ситуації на території м. Івано-Франківська попередньо були проведені еколого-географічні дослідження, в процесі яких зібрано необхідну інформацію про рівні складових електромагнітного поля. Як уже зазначалося, основна увага авторів була спрямована на електромагнітні випромінювання базових станцій стільникового зв'язку. Тому для визначення зон з підвищеним рівнем ризику для жителів міста було проведено облік БС. За результатами підрахунку встановлено, що на території м. Івано-Франківська знаходиться 120 БС стільникового зв'язку, які включно з п'ятьма антенами телерадіомовлення є потужними джерелами електромагнітного випромінювання високочастотного діапазону. В процесі аналізу розміщення по території міста цих об'єктів, було визначено оптимальне розташування точок для проведення подальших вимірювань. Кожна точка вимірювання враховує близьке знаходження БС в радіусі 80–100 м, тобто розташовується на межі встановлення гранично допустимих рівнів електромагнітного випромінювання від таких джерел. Визначено 88 точок. Контроль складових ЕМП здійснювався за санітарними та технічними вимогами, на висоті 2 м над поверхнею землі.

Для аналізу змін, які відбулись в електромагнітній ситуації м. Івано-Франківська після проведених досліджень у 2015 р. [4], за аналогічною методикою було проведено повторні ізотопні вимірювання складових електромагнітного поля у 122 точках тест-полігону, які використовували автори попередніх досліджень. В кожній точці, у розрізі максимальних та середніх значень, вимірювались такі параметри (складові ЕМП): напруженість електричного поля (E), В/м; напруженість магнітного поля (H), мА/м; поверхнева густина потоку енергії (S) мкВт/см².

Для вимірювань використано тестер електромагнітних полів Tenmars RF three-Axis Field Strength Meter TM-195. Прилад призначений для вимірювання електромагнітних полів техногенного походження у частотному діапазоні 50 МГц–3,5 ГГц, зокрема для вимірювання напруженості поля високочастотних електромагнітних хвиль, поверхневої густини потоку енергії антен баз мобільного зв'язку, додатків безпроводних комунікацій (CW, TDMA, GSM, DECT), передавачів, безпроводних мереж LAN (Wi-Fi), визначення витоку мікрохвильових печей, безпечності рівня випромінювання мобільних телефонів, визначення електромагнітної безпеки робочих і житлових приміщень. Прилад працює з частотою дискретизації 3 вимірювання за 1 с і дає змогу проводити виміри миттєвого, середнього та максимального значення вимірюваної величини. Для ізотопних вимірювань ЕМП прилад обладнаний триканальним сенсором. Налаштування дають змогу використовувати окремо осі X, Y чи Z сенсора (неізотропне вимірювання ЕМП) або всі осі одночасно (ізотропне вимірювання ЕМП). Паралельно до вимірювань параметрів ЕМП за допомогою супутникового GPS-навігатора фіксувались географічні координати та висота над рівнем моря кожної точки.

Відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я України № 1040 від 29.11.2013 р. "Про затвердження Методики розрахунку розподілів рівнів електромагнітного поля" з урахуванням "Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань", затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України № 239 від 01.08.1996 р. ГДР ЕМП в частотному діапазоні 30–300 МГц становлять 3 В/м, а в частотному діапазоні 300 МГц – 300 ГГц – $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ [6].

Перевищення ГДР виявлено у 46 точках за максимальним показником і у 29 – за середнім. З них 26 і 16 відповідно – у точках проведення повторних вимірювань. Максимальні показники на висоті 2 м становлять: $34,680 \text{ мкВт/см}^2$ – вул. С. Бандери, 1; $27,620 \text{ мкВт/см}^2$ – вул. В. Чорновола (біля Івано-Франківської телерадіовежі). Варто зазначити, що за результатами повторних вимірювань станом на лютий 2017 р. число точок з перевищенням рівнів ГДР по місту Івано-Франківську зросло на 4 одиниці за максимальними і на 7 одиниць за середніми значеннями, а загальне значення фону (Сф) по поверхневій густині потоку енергії зросло з $0,558 \text{ мкВт/см}^2$ до $0,806 \text{ мкВт/см}^2$ (виключно за значеннями повторних вимірювань у 122 точках тест-полігону). За значеннями всієї суми точок фонові рівні ЕМП на території м. Івано-Франківська станом на лютий 2017 р. склали $0,963 \text{ мкВт/см}^2$. Середні перевищення поверхневої густини потоку енергії становлять по місту $7,091 \text{ мкВт/см}^2$.

Виявлено перевищення ГДР напруженості електричного поля (Е) в 29 точках повторних вимірювань за максимальними значеннями і у 18 точках – за середніми. Число точок з перевищеннями ГДР напруженості електромагнітного поля збільшилось виключно за середніми показниками і зросло від часу попередніх досліджень на 7 одиниць. За значеннями всіх вимірювань протягом лютого 2017 р. перевищення за цим параметром зафіксовано у 54 точках за максимальними і в 29 – за середніми значеннями вимірювань. Зафіксовані показники перевищення становлять від 3,199 В/м до 19,319 В/м за максимальними значеннями і від 3,133 В/м до 11,937 В/м – у розрізі середніх значень. Середнє перевищення по всіх точках становить 5,241 В/м.

Побудовані карти наочно демонструють розподіл ЕМП техногенного походження на урбанізованій території м. Івано-Франківська і дозволяють об'єктивно оцінити умови життя населення. В процесі аналізу карт виявлено тенденцію зростання фонових показників, а також збільшення точкових зон із підвищеними рівнями ЕМП та значне зростання рівнів у північній частині (мікрорайони «Каскад», і «Позитрон»). Найбільший екологічний ризик для населення існує в центральній частині м. Івано-Франківська, що пояснюється великою щільністю джерел електромагнітного випромінювання. Найбільші значення параметрів електромагнітного поля були зафіксовані на відстанях 80–100 м від БС стільникового зв'язку. Встановлено, що із зменшенням цієї відстані показники параметрів ЕМП також знижуються.

Висновки

За результатами проведених інструментальних вимірювань та їх аналізу встановлено, що на території м. Івано-Франківська з 2015 р. відбулось підвищення рівнів техногенного електромагнітного поля та зросло число точкових зон з перевищенням ГДР. Результати вимірювань, які проводились у зонах впливу базових станцій стільникового зв'язку, доводять чималий вклад цих об'єктів в загальну електромагнітну ситуацію міста. Методика, за якою здійснюється встановлення та експлуатація антен БС в м. Івано-Франківську, у більшості випадків не відповідає нормам екологічної безпеки та «Державним санітарним нормам і правилам захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» [6].

Для забезпечення сприятливих умов проживання населення у м. Івано-Франківську перш за все необхідно встановити санітарно-захисні зони для джерел електромагнітного випромінювання, таких як БС стільникового зв'язку, антени телерадіомовлення, та обмежити територію багатоповерхової забудови. Рівень небезпеки підвищується великою щільністю розміщення об'єктів, які генерують електромагнітне поле, тому для усунення небезпеки від сумарного впливу необхідно проектувати кількість станцій на одиницю площі міста, враховуючи потужність передавачів, характеристики напрямку випромінювання, висоти розташування і конструктивні особливості антен, рельєф місцевості, функціональне призначення прилеглих територій, висоти забудови.

У державних установах типу лікарень, навчальних приміщень та ін. потрібно створювати додатковий захист. З цією метою можна збільшувати ефективність екранування стін, а також розглянути можливість перенесення реанімаційних відділень, палат з хворими та інших функціональних приміщень у більш безпечні зони, обмежувати час перебування персоналу в зонах підвищеного ризику.

Особливу увагу необхідно звернути на радіотехнічний об'єкт Концерну РРТ з джерелами випромінювання електромагнітної енергії станції цифрового телебачення ТОВ «Зеонбуд» (Івано-Франківську телерадіовежу), що знаходиться в центрі міста і робить один з найбільших внесків у загальне електромагнітне забруднення. Вважаємо, що це джерело випромінювання є найбільш небезпечним для жителів центральної частини міста та вимагає перенесення за його межі або часткового обмеження потужності передавачів.

Вирішення даного питання потребує комплексного підходу з врахуванням інтересів мобільних операторів та організаторів телерадіозв'язку. В умовах урбанізованих міст потрібно створити нові виконавчі служби, завданням яких повинен стати контроль за дотриманням нормативних показників електромагнітного випромінювання з врахуванням усіх закономірностей їх поширення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Головне управління статистики Івано-Франківської області. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ifstat.gov.ua/>
2. Думанський В.Ю. «Гігієнічна оцінка електромагнітної ситуації та наукове обґрунтування вимог до її безпеки в сучасних населених місцях України»: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора медичних наук / В.Ю. Думанський. – Київ, 2009.
3. Екологія міста Івано-Франківська / Наукова монографія за редакцією проф. О.М. Адаменка. – Івано-Франківськ, видавництво «СІВЕРСІЯ», 2002. – С. 60–68.
4. Вплив електромагнітних полів техногенного походження на захворюваність серцево-судинної системи у жителів урбанізованих територій міста Івано-Франківська / Я.М. Семчук, І.І. Мердх // Науковий журнал «Екологічна безпека»: Кременчуцький університет імені Михайла Остроградського. Кременчук: КрНУ, 2016 – Випуск:1/2016 (21). – С. 69–76.
5. Першегуба Я. Як зменшити негативний вплив електромагнітного випромінювання мобільного телефону / Першегуба Я. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.labprice.ua/ekologo_gigiyenichna_ekspertiza/yak_zmenshiti_negativnij_vpliv_elektromagnitnogo_viprominyuvannya_mobilnogo_telefonu.
6. «Про затвердження державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання»: Наказ МОЗ України від 1 серпня 1996 р. № 239 // Офіц. Інтернет-сторінка Верховної Ради України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.rada.gov.ua.
7. «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/808-2013-n>
8. Т.І. Долгова, д-р техн. наук, М.Ю. Іконніков, канд. техн. наук Україна, Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ» Оцінка умов праці користувачів мобільних терміналів електромагнітних випромінювань. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vde.nmu.org.ua/ua/science/ntz/archive/91/13.pdf>.

Стаття надійшла до редакції 02.03.2017