

– удосконалення технологій, систем та об'єктів у напрямі зниження ймовірності виникнення небезпек;

– організаційно-правових заходів, зокрема контролю за рівнем безпеки, навчання людей з питань безпеки, стимулювання безпечної роботи та поведінки в небезпечних ситуаціях.

Управління ризиком широко використовується в багатьох сферах науково-виробничої діяльності (техніка, економіка, екологія, психологія, соціологія та ін.). Таку методику ідентифікації та оцінювання професійного ризику у вигляді „Карти оцінювання ризику” необхідно застосовувати перед початком будь-якої роботи для ухвалення рішення про можливість її виконання чи впровадження заходів щодо зменшення категорії ризику.

Карта оцінювання ризику повинна доповнити Карту умов праці на робочому місці, що складається під час атестації робочих місць за показниками умов праці та використовується для встановлення пільг і компенсацій працівникам за роботу у шкідливих чи небезпечних умовах.

Висновки. Розглянуто можливі підходи щодо аналізу ризиків та управління ризиками у радіоелектронній галузі. Запропоновано методологію системного аналізу виробничих небезпек для оцінювання професійного ризику з урахуванням умов виконання робіт, які мають стати основою для розроблення дієвих заходів щодо збереження життя і здоров'я працівників електроенергетичних підприємств.

Список використаних джерел

1. Водяник А. О. Методологічні основи врахування фактора ризику в профілактиці виробничого травматизму: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.26.01 „Охорона праці” / А. О. Водяник. – К.: Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці, 2008. – 36 с.
2. Гогіташвілі Г. Г. Оцінка ризику – основа управління охороною праці та охорона праці / Г. Г. Гогіташвілі, В. М. Лапін // Охорона праці. – 2007. – № 4. – С. 18-19.
3. Гогіташвілі Г. Г. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами / Г. Г. Гогіташвілі, Е. Т. Карчевський, В. М. Лапін. – К.: Знання, 2006. – 256 с.
4. Режим доступу: <http://xreferat.ru/8/1057-3-attestaciya-rabochih-mest.html>.
5. Режим доступу: <http://moodle.udc.ntu-kpi.kiev.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=6080>.
6. Старостина А. О. Ризик-менеджмент. Теорія та практика: навчальний посібник / А. О. Старостина, В. А. Кравченко. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2004. – 224 с.

УДК 621.396.21

І.В. Корнієнко, канд. техн. наук

Чернігівський державний інститут економіки і управління, м. Чернігів, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ УМОВ І СЦЕНАРІЇВ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

У статті пропонується механізм геоінформаційного моделювання та оцінювання електромагнітного забруднення навколишнього середовища. Обґрунтовуються обмеження і сценарії моделювання.

Ключові слова: електромагнітне забруднення, геоінформаційні системи, напруженість електромагнітного поля, джерела електромагнітного випромінювання.

В статье предлагается механизм геоинформационного моделирования и оценки электромагнитного загрязнения окружающей среды. Обосновываются ограничения и сценарии моделирования.

Ключевые слова: электромагнитное загрязнение, геоинформационные системы, напряженность электромагнитного поля, источники электромагнитного излучения.

A mechanism of geoinformation modeling and estimation of electromagnetic environment pollution is given in the article. Limits and scripts of modeling are being grounded.

Key words: electromagnetic pollution, geoinformation systems, electromagnetic field strength, sources of electromagnetic radiation.

Постановка проблеми. Екологічні питання суспільного життя останнім часом набувають найбільшого загострення, що пов'язано з розширенням переліку техногенних

факторів. Крім забруднення територій токсичними речовинами, підвищеного радіаційного фону, розташування поблизу великих виробничих підприємств, комбінатів, заводів, до техногенних факторів додається чинник електромагнітного забруднення.

Медико-біологічний вплив електромагнітних хвиль на людину або екосистему пов'язаний з формуванням високочастотної енергії і прямо пропорційний потужності випромінювання (i , відповідно, напруженості електромагнітного поля (ЕМП) у точці впливу), частоти випромінювання (проникливої здатності) і часу опромінення. Доведено, що електромагнітне забруднення навколишнього середовища відбивається на нервовій, імунній, ендокринній, серцево-судинній, статевій і інших життєво важливих системах людини [1]. Особливості цього впливу ще недостатньо досліджені через можливу комбінацію параметрів електромагнітного випромінювання [2], в зв'язку з чим Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує максимально обмежити цей вплив на організм людини, шляхом екранування, віддалення від джерела електромагнітного випромінювання (ДЕМВ), обмеження часу опромінення. Для забезпечення цього необхідне виконання певних організаційно-технічних заходів щодо обмеження електромагнітного впливу з боку державних і приватних організацій – власників джерел радіовипромінювання (ДРВ), здійснення постійного контролю з боку відповідних державних і суспільних органів й організацій, та надання спільноті інформації про небезпечні електромагнітні ареали простору.

На сьогодні відсутній механізм, що дозволяє здійснювати оцінювання електромагнітного забруднення територій (будь-якої конкретної точки простору) та висвітлювати ці відомості з метою інформування суспільства про техногенно небезпечні зони, що і робить цю проблему актуальною.

Постановка завдання. Є екологічна загроза біологічним організмам, яка пов'язана з опроміненням високо- або низькочастотною електромагнітною енергією. Величина шкідливого впливу пов'язана з напруженістю ЕМП e_M у точці опромінення (впливу) M , частотою електромагнітної хвилі f , і часом опромінення (шкідливого впливу) t_M у точці M . Множина ДЕМВ $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ має певне просторове розташування в досліджуваній області G і характеризується просторовими координатами та множиною параметрів електромагнітного випромінювання $R = \{r_i\}$.

Необхідно розробити механізм оцінювання потенційно-небезпечного електромагнітного впливу на біологічні організми та спосіб оприлюднення інформації щодо просторових меж техногенно-небезпечних зон, а також сформулювати обмеження та сценарії, за якими здійснюється оцінювання.

Виклад основного матеріалу. Природно припустити, що механізм оцінювання значень шкідливого електромагнітного впливу на біологічні організми повинен ґрунтуватися на технологіях комп'ютерного моделювання навколишнього простору. Це пов'язано з необхідністю обробки й обчислень суттєвих масивів вихідних даних. По-перше, визначення зон небезпечного впливу передбачає оцінювання напруженості ЕМП у регулярних точках простору G , які обираються з певним дискретним кроком. По-друге, потужність ЕМП у конкретній точці простору визначається множиною параметрів випромінювання $R = \{r_i\}$, віддаленістю від джерела випромінювання та характером поширення електромагнітної хвилі у досліджуваній області G . І, по-третє, оцінюванню підлягає не електромагнітний вплив від одного окремого джерела в деякому частотному діапазоні, а певне інтегральне значення напруженості ЕМП від множини джерел випромінювання в діапазоні електромагнітних хвиль.

Для розробки механізму оцінки електромагнітної небезпеки слід розглянути декілька питань, а саме: визначити перелік ДЕМВ, їх особливості й можливості врахування їх впливу в загальний електромагнітний фон; який інструмент або технологію обрати для оцінювання електромагнітного забруднення; введення яких обмежень вимагатимуть процедури апріорної оцінки електромагнітного забруднення територій; як забезпечити оприлюднення інформації про межі зон електромагнітного забруднення і ступінь їх небезпеки; і, нарешті, яким чином здійснювати актуалізацію даних при зміні електромагнітної обстановки.

Електромагнітне випромінювання мають будь-які електронні або електричні пристрої, засоби, агрегати, дроти тощо, в яких протікає змінний або постійний електричний струм. Врахування всієї множини електронних пристроїв є потенційно-неможливим, тому для виконання оцінки необхідно визначити групи електротехнічних засобів, які слід враховувати під час прогнозування зон електромагнітного забруднення. Відомо, що шкідливість електромагнітного впливу прямо пропорційна потужності і частоті електромагнітного потоку, а також часу опромінення, тобто підлягають врахуванню групи випромінювачів, що характеризуються великими значеннями цих величин.

З іншого боку, значення напруженості ЕМП від близькорозташованого малопотужного ДЕМВ може перевищувати величину поля від потужного, але достатньо віддаленого джерела. До подібних малопотужних джерел можна віднести електропобутові пристрої, мікрохвильові пристрої, обчислювальну техніку, мобільні телефони, радіомодеми тощо. Проте ці електронні й електричні пристрої є суто індивідуальними, їх шкідливість обмежується радіусом від одиниць сантиметрів до одиниць метрів, а індивідуальний внесок у загальне електромагнітне забруднення є зневажливо малим. У радіус дії подібних пристроїв потрапляє, звичайно, безпосередньо користувач і його найближче оточення, і рішення про використання цих пристроїв приймає власник на основі його уявлень про баланс потреби у використанні і нанесеної шкоди. Крім того, хаотичність їх використання, кількість, різноманіття спектральних випромінювань та інші особливості призвели б до надмірного ускладнення обчислень при їх врахуванні. З цих міркувань виникає обмеження на поодинокі використання у розрахунках випромінюючих пристроїв цього класу. Для врахування їх частки в загальне електромагнітне забруднення можна вважати, що дані ДЕМВ утворюють певний електромагнітний шум (ЕМШ). Величину ЕМШ можна встановлювати на основі фактичних вимірів при відсутності випромінювань від потужних ДЕМВ.

В окремий клас слід виділити рухомі джерела випромінювання різної потужності. До рухомих джерел випромінювання можна віднести автомобільні, повітряні, морські, супутникові та переносні передавачі радіосигналів або інші радіовипромінювачі. Аналогічно до попереднього класу ДЕМВ, поодинокі врахування рухомих ДРВ неможливе через хаотичність їх використання і мінливість їх просторового положення. Однак їх врахування при прогнозуванні загальної електромагнітної обстановки є необхідним через суттєвий вплив, який здійснює цей клас ДРВ. Так, за деякими оцінками вплив випромінювання радіозасобів мобільного зв'язку становить біля 70 % від сумарного електромагнітного забруднення [2]. Тобто далі вважатимемо, що рухомі ДРВ і побутові малопотужні ДЕМВ утворюють ЕМШ, який враховується як складова електромагнітного забруднення й обчислюється на основі статистичних моделей, які складаються за фактичними вимірами напруженості ЕМП у заданих точках простору в дискретні моменти часу й інтерполюються у досліджуваній області G . Обчислення і подальше прогнозування цього поля можна здійснювати за двома сценаріями: погодинна (рис. 1, а) і середньодобова (рис. 1, б) напруженість ЕМП (яка визначається статистичним характером використання радіовипромінюючих засобів у конкретну пору або час доби).

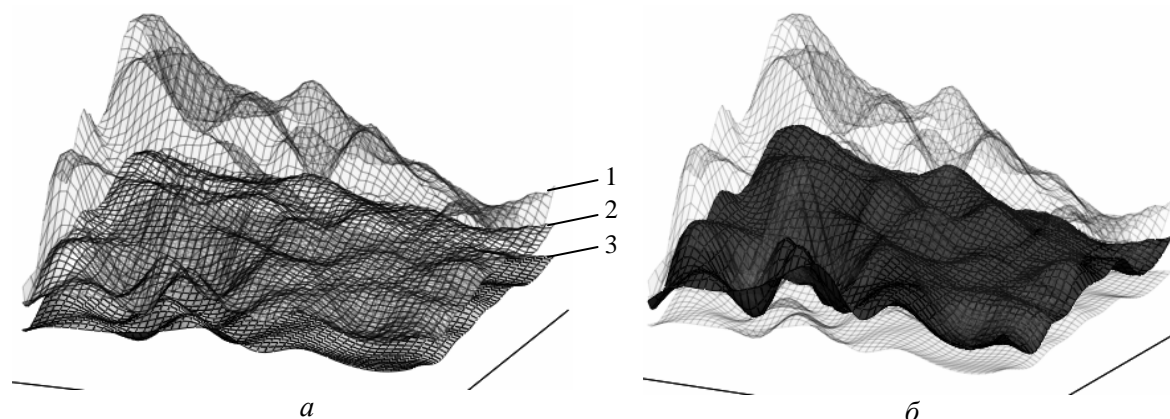


Рис. 1. Статистична модель ЕМШ: а) погодинна напруженість ЕМП: 1 – у часи пік; 2 – ранковий час; 3 – нічний час; б) середньодобові значення напруженості ЕМП

Отже, на підставі викладеного можна сформувані такі групи ДЕМВ, які здійснюють внесок до загального електромагнітного забруднення навколишнього середовища:

1. Системи виробництва, передачі, розподілення і споживання електромагнітної енергії частотою 0-3 кГц: електростанції, лінії електропередач, трансформаторні підстанції, системи електропостачання, системи живлення транспорту (залізничного, міського) тощо.

2. ДРВ, що здійснюють постійне випромінювання:

- з антенами з круговою діаграмою спрямованості;
- зі спрямованими антенами.

3. ДРВ, що здійснюють періодичне випромінювання:

- з антенами з круговою діаграмою спрямованості;
- зі спрямованими антенами.

4. Рухомі, малопотужні радіопередавачі, побутові ДЕМВ, які утворюють ЕМШ.

Визначені перші три групи ДЕМВ мають спільну характеристику – точно визначені координати. Це вимагає застосування середовища моделювання, яке дозволяє оперувати з даними, що мають просторові характеристики. Крім цього, відображені результати моделювання і прогнозування зон електромагнітного забруднення повинні мати чітко визначені межі щодо геопростору. Зручним інструментом для оцінювання техногенного впливу на геопростір є геоінформаційні системи (ГІС) [3]. Особливістю ГІС є володіння вичерпними відомостями про земну поверхню, а саме – її рельєф і характер, що необхідно для обчислення просторового загасання потоку електромагнітної енергії. Обчислення потужності ЕМП у дискретних точках простору вимагає використання моделей поширення радіохвиль (або електромагнітної енергії), які наводяться у літературі [4-6] або рекомендовані міжнародними стандартами [7].

Важливим чинником при прогнозуванні зон електромагнітного забруднення виступають характеристики випромінювання, які є вихідними даними при обчисленні напруженості ЕМП у довільних точках простору. До цих характеристик можна віднести спрямовані характеристики антени, юстирування антен у трьох площинах, коефіцієнт підсилення антени, потужність сигналу на вході антенного пристрою, спектральна щільність, частота і маска випромінюваного сигналу для радіозасобів.

Особливу проблему створюють питання нормування потужності електромагнітного випромінювання і необхідність формування інтегральної оцінки електромагнітного забруднення. Нормативні показники гранично-допустимого рівня електромагнітного опромінення визначені державними стандартами, але при цьому враховується вплив на біологічний організм в одному частотному діапазоні (тобто від одного джерела випромінювання або декількох джерел, які працюють в одному частотному діапазоні). Обчислення і моделю-

вання подібного сценарію не викликає проблем; при цьому оцінювання впливу здійснюється за встановленими гранично-допустимими рівнями електромагнітного опромінення. Проте проблеми виникають, якщо припустити, що є декілька ДЕМВ, частотний спектр випромінювання яких різний, і які здійснюють вплив на один і той же просторовий ареал. При цьому слід очікувати деякого сумарного впливу від усіх джерел випромінювання. На жаль, на цей час авторами не виявлений механізм інтегрування значень напруженості електромагнітних полів для різних частотних діапазонів в єдиний інтегральний показник, що необхідно для адекватного оцінювання електромагнітного забруднення навколишнього середовища, і вимагає розроблення відповідної методики інтегрування.

Використання геоінформаційних технологій знімає проблему опублікування результатів оцінювання електромагнітного забруднення навколишнього середовища. Реалізувати це можна за допомогою застосування існуючих геоінформаційних веб-сервісів, наприклад, Google-Maps або Yandex-Maps, у вигляді додаткової функції, представленої тематичним шаром. Ця інформація в декілька розширеному контексті також може бути розміщена в профільному наборі просторових даних (наприклад, екологічному) Національної інфраструктури геопросторових даних, і пропонуватися у вигляді платного або безкоштовного сервісу.

Електромагнітне забруднення, як фізичне явище, відрізняється від інших видів забруднення навколишнього середовища надзвичайною мінливістю і повною відсутністю інертності. Знеструмлення ДЕМВ повністю виключить чинник електромагнітного забруднення, і навпаки, поява нових джерел може змінити загальну картину електромагнітного забруднення територій. У зв'язку з цим постає питання актуалізації вихідних даних і періодичного обчислення зон електромагнітного забруднення. На думку авторів, подібна актуалізація вихідних даних повинна здійснюватись органами й організаціями державного контролю та провайдерами послуг. Ідеальним рішенням у цьому напрямі є створення ГІС управління радіочастотним ресурсом, яка б розв'язувала проблеми планування радіозв'язку, забезпечення електромагнітної сумісності радіозасобів і забезпечення електромагнітної безпеки навколишнього середовища. В цьому разі джерелом вихідних даних будуть відомості, акумульовані в базах даних "Укрчастотнагляду", що містять актуальну інформацію щодо активних джерел радіовипромінювання. Актуалізація даних здійснюється під час оформлення ліцензій на встановлення і використання радіопередавальних пристроїв, під час періодичних контрольних вимірів їх реальних характеристик та моніторингу радіочастотного ресурсу в цілому.

Підсумовуючи викладене, можна відобразити структурно-логічну схему механізму геоінформаційного моделювання й оцінювання електромагнітного забруднення (рис. 2).

Обмеження, що наведені на рис. 2, виступають у ролі фільтра вихідних даних про ДЕМВ. Вид обмежень задається сценарієм моделювання. У сценарії визначається мета моделювання, що обумовлює вибір моделей поширення електромагнітних хвиль, алгоритм обчислення і спосіб представлення результатів моделювання. Бази даних містять відомості щодо позиціонування ДЕМВ, юстирування антенних пристроїв, каталог характеристик і параметрів ДРВ. Моделювання виконується для ДЕМВ різних частотних діапазонів з використанням різних моделей поширення електромагнітних хвиль, що визначається характером земної поверхні. Результати моделювання інтегруються в єдину загальну оцінку електромагнітного забруднення навколишнього середовища. При візуалізації результатів може використовуватися апарат рангових оцінок територій як за рівнем забруднення, так і за часом граничного перебування в той чи іншій зоні.

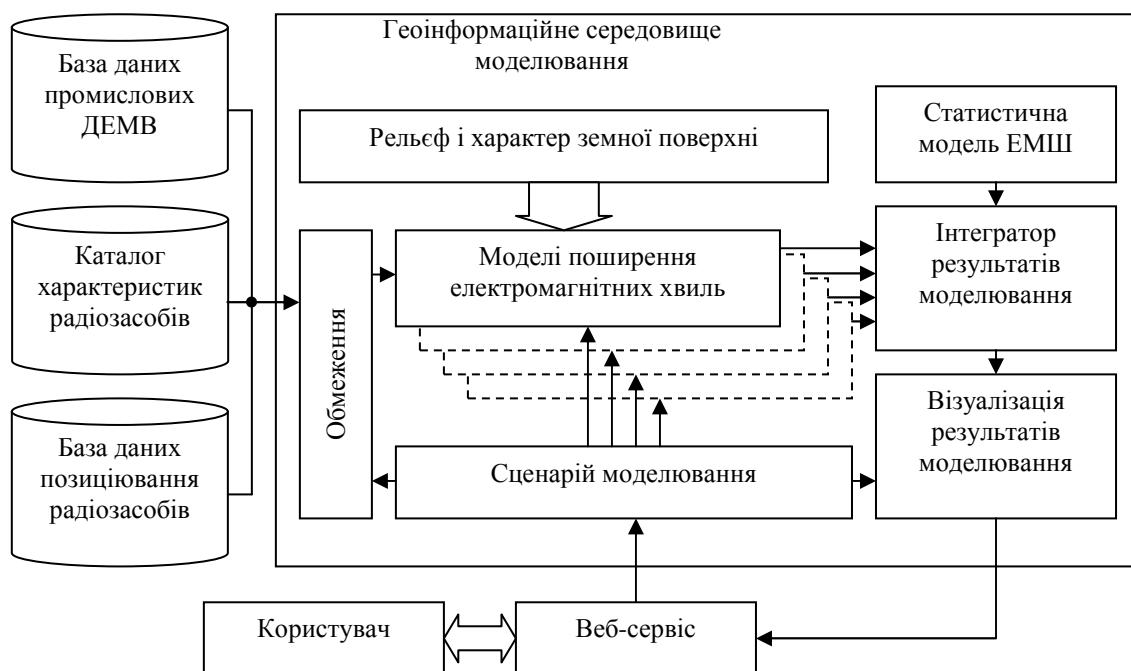


Рис. 2. Механізм оцінювання електромагнітного забруднення

Висновки і пропозиції. Запропонований механізм оцінювання електромагнітного забруднення навколишнього середовища ґрунтується на застосуванні геоінформаційних технологій для обчислення значень інтегрального показника напруженості ЕМП від множини різноманітних джерел електромагнітного випромінювання. Обґрунтовані обмеження дозволяють ефективно використовувати обчислювальні ресурси ГІС і значно спростять алгоритмічні процедури при незначній втраті точності оцінки. Подальші дослідження для створення ГІС оцінки електромагнітного забруднення полягають у розробленні алгоритму обчислень напруженості ЕМП, створенні механізму автоматизованого вибору моделі поширення радіохвиль та методики інтегрування результатів обчислень в єдиний показник електромагнітного забруднення навколишнього середовища.

Список використаних джерел

1. Основные источники электромагнитных полей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecololife.ru/study-539-1.html>.
2. Дунаев В. Н. Электромагнитные излучения и риск популяционному здоровью при использовании средств сотовой связи / В. Н. Дунаев // Гигиена и санитария. – 2007. – № 6. – С. 56-57.
3. Корнієнко І. В. Використання ГІС в задачах моніторингу електромагнітного забруднення навколишнього середовища / І. В. Корнієнко, Ю. С. Сімакін // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землекористування – європейський досвід: матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції. – Чернігів: ЧДТЕУ, 2011. – С. 152-159.
4. Отчет НИР. Программа расчета, результаты расчетов и измерений электрических и магнитных полей высоковольтных воздушных линий электропередачи. – М.: РАО ЕЭС России "Электросетьсервис", 1999. – 130 с.
5. Кац Р. А. Расчет электрического поля трехфазной линии электропередачи / Р. А. Кац, Л. С. Пельман. – М.: Электричество, 1978. – 16 с.
6. Калинин А. И. Распространение радиоволн и работа радиолоний / А. И. Калинин, Е. Л. Черенкова. – М.: Связь, 1971. – 440 с.
7. Офіційний сайт Міжнародного союзу електров'язку (сектору радіозв'язку) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=information&rlink=rhome&lang=en>.