



ISSN 2411-6602 (Online)

ISSN 1607-2855 (Print)

Том 11 • № 2 • 2015

С. 103 – 108

УДК 504.064 : 614.73 : 621.039.58 : 004.9 : 681.518.3

## Геоінформаційне забезпечення системи радіоекологічного моніторингу територій

В.І. Зацерковний<sup>1\*</sup>, Є.В. Козаченко<sup>1</sup>, О.І. Шищенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка

<sup>2</sup>Національний авіаційний університет

*У статті проведено дослідження, у ході якого опрацьована і систематизована доступна і відкрита інформація з літературних джерел і тематичних карт, що відображає стан проблеми радіоекологічного моніторингу територій за допомогою геоінформаційних технологій. Описані технології ArcGIS використані в екологічному веб-атласі Чернігівської області для картографічної прив'язки зон і ділянок радіоактивного і хімічного забруднення територій, а також наповнення атласу даними з еколого-економічних ресурсів області.*

*ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ, Зацерковный В.И., Козаченко Е.В., Шищенко О.И. — В статье проведено исследование, в ходе которого проработана и систематизирована доступная и открытая информация из литературных источников и тематических карт, отражающих состояние проблемы радиоэкологического мониторинга территорий с помощью геоинформационных технологий. Изложенные технологии ArcGIS использованы в экологическом веб-атласе Черниговской области для картографической привязки зон и участков радиоактивного и химического загрязнения территорий, а также заполнения атласа данными об эколого-экономических ресурсах области.*

*GEOINFORMATION DATAWARE FOR RADIOLOGICAL MONITORING OF TERRITORIES, by Zatserkovnyi V.I., Kozachenko E.V., Shishenko O.I. — The paper provides a study, during which the fully accessible and open information from the literature and thematic maps is processed and systemized, reflecting the state of the problem of the radiological monitoring of the territories using the geoinformation technology. The stated ArcGIS technologies is used in the Web ecological Chernihiv region atlas for the map binding of sites and zones of the radioactive and chemical contamination of the territories as well as filling the atlas data with ecological and economical resources of the region.*

**Ключевые слова:** радиоэкологический мониторинг; загрязнение окружающей среды; экологический веб-атлас Черниговской области; геоинформационные системы (ГИС); геоинформационные технологии (ГИТ).

**Key words:** radiological monitoring; environmental pollution; ecological web atlas Chernihiv region; geographic information systems (GIS); geographic information technology (GIT).

### 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Серед усіх трагедій, які пережило людство за свою історію, чорнобильська катастрофа не має аналогів за масштабами рукотворного забруднення екологічної сфери, негативного впливу на здоров'я, психіку людей, їх соціальні, економічні і побутові умови життя. Аварія, що сталася 26 квітня 1986 р. на Чорнобильській АЕС та наступна пожежа тривалістю 10 діб призвели до безпрецедентного викиду радіоактивного матеріалу з ядерного реактора і згубних наслідків для населення і навколишнього природного середовища. Це спричинило радіаційне забруднення понад 2300 населених пунктів 12 областей України. В атмосферу було викинуто величезну кількість радіоактивних речовин, серед яких ізотопи урану, плутонію, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>241</sup>Am, <sup>90</sup>Sr і радіоактивного пилу [1]. Як наслідок, з постраждалих районів протягом 1986 р. довелося евакуювати понад 100 000 осіб, а потім, після 1986 р., відселити ще 200 000 осіб з Білорусі, Російської Федерації і України. Біля п'яти мільйонів осіб продовжують проживати на забруднених у результаті аварії територіях.

До вирішення багатьох чорнобильських проблем людство виявилось не готовим. Зокрема, до того, як утримувати і використовувати забруднені радіонуклідами землі, особливо там, де живуть люди. Саме тому науковці й сьогодні, майже через 30 років після катастрофи, обговорюють можливі варіанти розв'язання цих проблем. Усе це обумовлює актуальність даного дослідження, необхідність створення нових і інтеграції наявних баз даних, експертних систем та інших програмних продуктів, розробки і практичної реалізації сучасної геоінформаційної системи (ГІС) — найважливішої складової забезпечення системи комплексного радіоекологічного моніторингу постраждалих територій.

### 2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Починаючи з перших днів ліквідації аварії проводились моніторингові дослідження, за результатами яких було побудовано карти радіоактивного забруднення території України. Ці карти надруковано в

\* Зацерковний Віталій Іванович; ✉ zvigis@mail.ru

ряді видань, серед яких — спеціальні атласи забруднення Європи цезієм, радіоактивного забруднення Європейської частини Росії, Білорусі та України, атлас Чорнобильської зони відчуження.

Проблемами оцінки, моніторингу, моделювання і прогнозування радіоекологічного стану займалися багато вітчизняних вчених, зокрема: Бурачек В.Г., Гриневецький В.Т., Давидчук С.В., Давидчук В.С., Зарудна Р.Ф., Зацерковний В.І., Линник В.Г., Назарчук Н.І., Петров М.Ф., Родіна В.В., Сорокіна Л.Ю., Чепурной М.Д. та ін.

### 3. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ

Обраний напрям дослідження пов'язаний із реалізацією завдань постанови Кабінету Міністрів України "Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля" від 30.03.1998 р. № 391, Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища, що затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 05.12.2007 р. № 1376; Закону України "Про екологічну мережу України" за станом на 24.06.2008 р. № 1864-IV, Указу Президента України від України від 11 жовтня 2010 року № 937 "Про заходи, пов'язані з 25-ми роковинами Чорнобильської катастрофи".

### 4. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Чорнобильська катастрофа — найбільша в світі техногенна ядерна катастрофа, внаслідок якої в атмосферу було викинуто з ушкодженого реактора велика кількість продуктів ядерного поділу, сумарна активність яких склала, за різними оцінками, до  $1,4 \cdot 10^{18}$  Бк (14 ЕБк). Через це в Україні радіоактивного забруднення зазнали понад 8% території країни (майже 50 тис. км<sup>2</sup> земель), на яких зосереджені 2,3 тис. населених пунктів 12 областей. Найбільше постраждали території Київської, Житомирської, Рівненської, Чернігівської і Черкаської областей, радіоактивні опади випали також у Вінницькій, Хмельницькій, Тернопільській, Івано-Франківській, Чернівецькій, Волинській та Кіровоградській областях (рис. 1).



Рис. 1. Території, що постраждали від Чорнобильської катастрофи

Понад 3 млн. осіб вважаються постраждалими внаслідок цієї катастрофи, але певні дози радіоактивного опромінення отримали значно більше мешканців України.

Враховуючи факт, що будь-яка інформація, в залежності від того, як вона сприйнята, породжує відповідну дію, можна стверджувати, що від того, яка вихідна інформація буде у керівника, як вона ним буде сприйнята, таким буде й прийняте ним рішення, такою буде в результаті й життя території, якої стосується це рішення.

Оскільки практично вся інформація про ресурси певного регіону має на 80–85% просторову прив'язку [1], то цілком очевидно, що базовою інформаційною технологією повинна виступити геоінформаційна технологія (ГІТ), яка поєднує традиційні операції при роботі з базами даних (запит і статистичний аналіз) з перевагами повноцінної візуалізації та графічного (просторового) аналізу, що надає цифрова карта [2].

Впровадження геоінформаційних систем (ГІС) і ГІТ в систему радіоекологічного моніторингу дозволяє підвищити якість, достовірність й оперативність видачі довідкових, оцінних і прогнозних матеріалів про стан територій і природно-технічних систем, необхідних для прийняття обґрунтованих керуючих рішень.

Інтеграційний характер ГІС дозволяє створювати на їх основі потужний інструмент для збору, збереження, систематизації, аналізу і подання інформації. Можливості ГІС дозволяють вважати цю технологію найбільш прийнятною для обробки і керування даними моніторингу.

Просторовий чинник в системі радіологічного моніторингу завжди був одним з домінуючих. Незалежно від рівня управління, стилю керівництва і завдань, будь то стратегічне планування або розв'язок актуальних наявних проблем, просторова локалізація додає знання, де знаходиться об'єкт (явище) або відбувається процес, і, в більшості випадків, чому він там знаходиться або відбувається. Питання радіоекологічного моніторингу взагалі неможливо вирішити без просторових характеристик об'єктів (процесів, явищ).

Зростання обсягів накопиченої і доступної інформації призвело до необхідності аналізу великої кількості чинників, що впливають на об'єкти дослідження, а також виявляти нові, на перший погляд неочевидні. При постійно зростаючих вимогах до оперативності і точності прийняття управлінських рішень стало практично неможливим розв'язати такі масштабні задачі "вручну". В цій ситуації необхідний якісно новий підхід, який би дозволяв використовувати в повсякденній управлінській діяльності підтримку прийняття управлінських рішень на основі просторової інформації, автоматизувати процеси, пов'язані з просторовим аналізом, оскільки без урахування характеристик, що визначаються місцем розташування об'єкта, неможливо системно оцінити проблему і ефективно її вирішити.

Застосування цифрової топографічної основи території дозволить перейти на якісно новий рівень розв'язку задач моніторингу територій, що зазнали радіоактивного забруднення. Управління територіальними ресурсами в процесі моніторингу вимагає використання достовірних і актуальних планів, схем і карт території регіону, а також однозначної (унікальної) ідентифікації об'єктів. Вирішення проблеми підвищення якості життя населення, комфортності проживання на забруднених територіях можна забезпечити тільки за допомогою системи збалансованих показників, аналізувати які доцільно після візуалізації на цифровій карті.

Ці можливості відрізняють ГІС від інших інформаційних систем (ІС) і забезпечують унікальні можливості для їх застосування в широкому спектрі задач радіоекологічного моніторингу, пов'язаних з аналізом і прогнозом наслідкових явищ і подій, виділення головних факторів і причин, планування стратегічних рішень тощо.

Аналізуючи сучасний стан і перспективи розвитку систем радіоекологічного моніторингу, необхідно відзначити, що саме ГІС представляють найбільший інтерес для розв'язку задач довгострокового управління екологічно загрозливими об'єктами і забрудненими територіями.

ГІС (рис. 2) спроможні інтегрувати і якісно опрацювати усю наявну різномірну просторову і семантичну інформацію, підвищити ефективність процедур прийняття рішень, забезпечити відповіді на запити і функції аналізу просторових даних, забезпечити подання результатів аналізу в наочному і зручному для сприйняття вигляді [2].

Можливість використання таких систем для довгострокового прогнозу, прийняття ефективних управ-

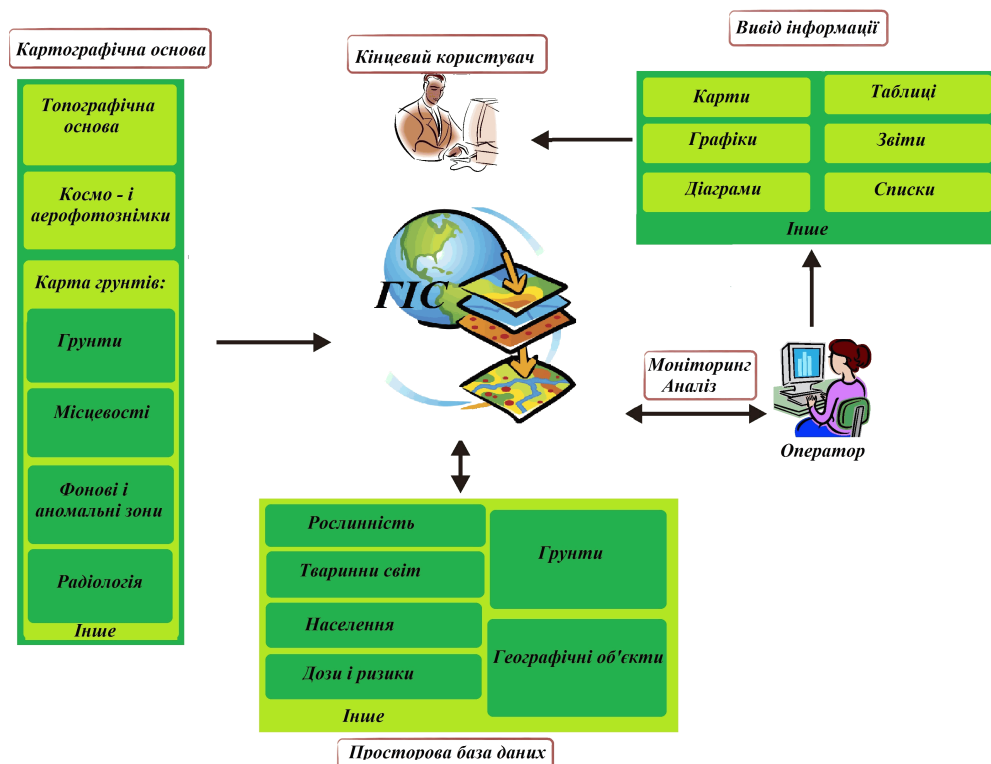


Рис. 2. Функціональна схема інтеграції різномірної інформації в ГІС

лінських рішень, що засновані на багатомірному аналізі інформації, інтеграції евристичних, аналітичних і візуальних методів та ведення господарської діяльності, визначає необхідність розробки і впровадження їх в практику радіоекологічного моніторингу.

Крім того, ГІС є ефективним інструментарієм для визначення довгострокового впливу радіоактивного зараження місцевості на живі організми.

Для визначення впливу аварії на Чорнобильській АЕС на навколишнє природне середовище України за даними [3] в середовищі ArcGIS 10.2 були побудовані карти. На рис. 3 представлені дані про рівень радіаційного забруднення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  території України до аварії, а на рис. 4 і рис. 5 — карти забруднення України  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  після аварії, відповідно в 1986 р. і 2006 р.

Рівень радіаційного забруднення територій України станом на 2011 р. представлено на рис. 6.

Карта в ГІС являє собою сукупність спеціалізованих шарів (layer), що дозволяє відображувати рі-

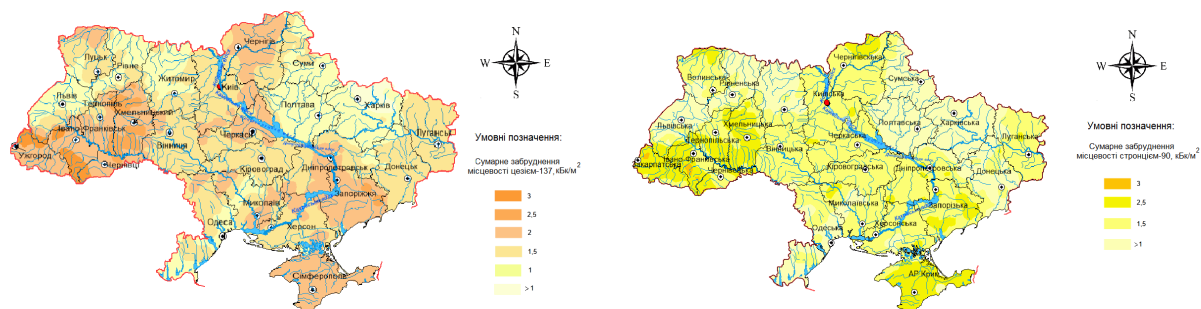


Рис. 3. Рівень забруднення території України  $^{137}\text{Cs}$  (ліворуч) і  $^{90}\text{Sr}$  (праворуч) до аварії

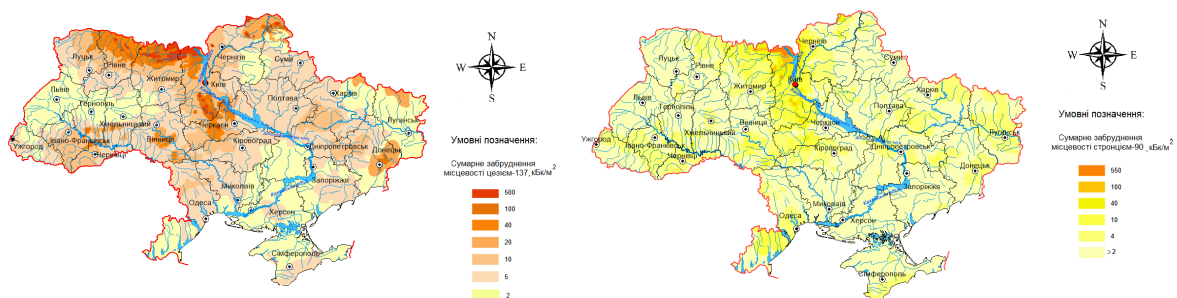


Рис. 4. Рівень забруднення території України  $^{137}\text{Cs}$  (ліворуч) і  $^{90}\text{Sr}$  (праворуч) після аварії в 1986 р.

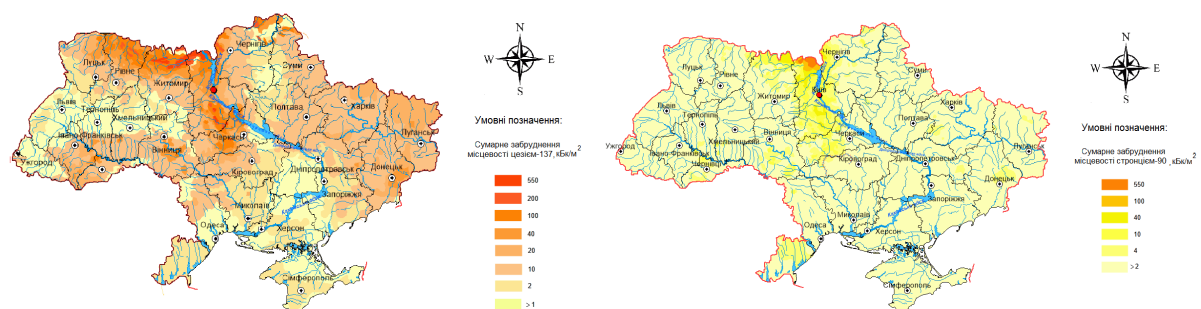


Рис. 5. Рівень забруднення території України  $^{137}\text{Cs}$  (ліворуч) і  $^{90}\text{Sr}$  (праворуч) після аварії в 2006 р.

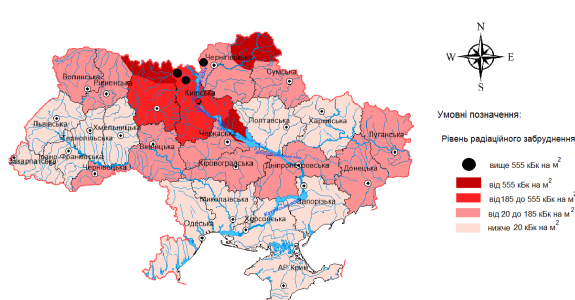


Рис. 6. Рівень радіаційного забруднення України станом на 2011 рік

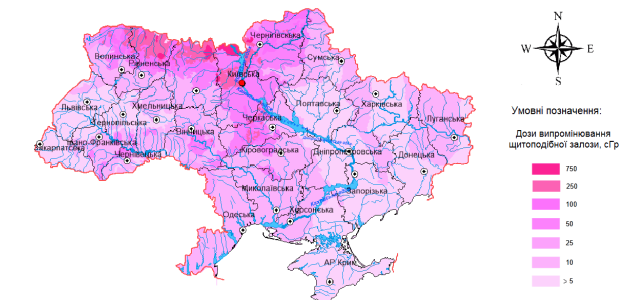


Рис. 7. Карта прогнозу доз опромінення щитовидної залози населення України

**Таблиця 1.** Характеристика атомних електростанцій України

АЕС (місце розміщення)	Кількість блоків	Марка реактора	Загальна потужність, мВт	Ставок охолодження, площа дзеркала, км <sup>2</sup>
Запорізька (4 км на захід від м. Енергоград)	6	ВВЕР-1000	6000	8
Південно-Українська (2 км на схід від м. Южноукраїнськ Миколаївської обл.)	3	ВВЕР-1000	3000	8,7
Хмельницька (4 км на південь від м. Нетішин)	2	ВВЕР-1000	2000	20
Чорнобильська (м. Прип'ять Київської обл.)	3	РВПК-1000	2000	20
Рівненська (4 км на південний захід від м. Кузнецовськ)	2 2	ВВЕР-440 ВВЕР-1000	880 2000	гравіря

зноманітну інформацію, як по окремоті, так і у пов'язуванні з іншими шарами. Навігація по карті здійснюється кнопками Zoom (збільшення/зменшення) і Panning (переміщення), що дозволяє користувачу легко переміщуватись на ділянки карти, що його цікавлять.

Додатково можна використовувати функцію програми Zoom Manager (менеджер ракурсів), за допомогою якої можна збільшити конкретний суб'єкт території і деталізувати пошук. Зібрана інформація відображується за допомогою гіперпосилань (Hyperlink) — при наведенні курсору на умовні знаки відкривається вікно з текстовою інформацією по об'єкту. Для якісного відображення інформації доцільно використовувати HTML-коди, які дозволяють спільно використовувати текст, графіки, таблиці.

ГІС-проект дозволить будь-якому користувачеві комп'ютера, в тому числі студентам і викладачам, візуально оцінити і зрозуміти, наскільки актуальна в Україні проблема "мирного атома" і чи є сьогодні на карті України місце, де немає проблем з радіоактивним забрудненням. За умови відкритості проекту будь-яка зацікавлена особа може додати власні шари і відредагувати або доповнити вже наявні, що дозволить підтримувати проект в актуальному стані і адаптувати його під конкретні цілі.

Вченими доведено, що малі дози опромінення можуть спричинити ланцюг подій, що приводить до раку чи до генетичних захворювань. При великих дозах радіація може руйнувати клітини, ушкоджувати тканини органів і стати причиною швидкої загибелі організму. Найпоширенішими видами раку, викликаними дією радіації, виявилися рак молочної залози і рак щитовидної залози. Так, приблизно в 10 чоловік з 1000 опромінених внаслідок Чорнобильської катастрофи діагностується рак щитовидної залози, а в 10 жінок з 1000 — рак молочної залози.

Наслідки Чорнобильської аварії для здоров'я людей мають багатофакторну природу, вони зумовлені як дією радіації, так і різними чинниками нерадіаційної природи. Отже, характер і масштаби дії наслідків аварії на здоров'я людей можна успішно використати тільки за допомогою ГІС і ГІТ. Як приклад, на рис. 7 представлено карту прогнозу доз опромінення щитовидної залози населення України.

Забруднення, яке пов'язане з аварією на Чорнобильській АЕС, доповнюють функціонування ядерних реакторів уздовж Дніпра, 16 із них функціонують на атомних станціях України (Запорізька, Південно-українська, Рівненська й Хмельницька АЕС), а 7 — на двох атомних станціях у Російській Федерації (Курська й Смоленська АЕС).

Характеристика атомних електростанцій України представлена в табл. 1.

Точна оцінка існуючих і майбутніх рівнів радіації, пов'язаних із цими джерелами, поки що не є можливою через недостатність обсягів даних при концентрації радіонуклідів [4]. Аварійні скидання й викиди несуть постійну загрозу забруднення водних ресурсів. Відсутність басейнового принципу єдиної державної управлінської структури керування водними ресурсами призвели до підвищення ризику виникнення надзвичайних ситуацій, а стратегічні державні програми не спрямовані на послідовну інтеграцію водної політики в інші напрями державної політики.

ГІТ дають змогу зберігати дані про властивості агроландшафтів та їх екосистем, обирати оптимальні технології, використання яких збільшуватиме радіаційну безпеку, дозволяють створювати і підтримувати в актуальному стані паспорти забруднених земель з урахуванням результатів комплексного обстеження ґрунтово-агрохімічного, агрофізичного та мікробіологічного стану, а також забрудненості ґрунтового покриву радіонуклідами, важкими металами, пестицидами, паливно-мастильними матеріалами тощо. Це вкрай важливо з огляду на можливість синергетичних взаємодій радіації і забруднювачів хімічної природи.

Сучасна демографічна і соціально-економічна ситуація в населених пунктах, що зазнали сильного забруднення, має тенденцію до погіршення. Матеріальна сфера поселень зони відчуження руйнується, частково похована. Для складання соціально-економічних і радіаційно-екологічних паспортів таких на-



селених пунктів, періодичної актуалізації радіаційної обстановки. А отже, використання ГІТ — нагальна потреба сьогодення.

Крім того, проживання в умовах постійного впливу внутрішнього і зовнішнього опромінення, побовання окремих наслідків (невеликовних захворювань, страждань), відчуття безпорадності, відсутність надійних засобів контролю за радіаційною загрозою, суперечливість оцінок, думок, нагнітання негативних думок у соціальному середовищі і засобах масової інформації вкрай вимагає найшвидшого застосування ГІТ в моніторингу радіоекологічного моніторингу.

## 5. ВИСНОВКИ

Напружене екологічне становище в Україні, що склалося в результаті антропогенного забруднення навколишнього середовища та посилюється Чорнобильською катастрофою, вимагає здійснення не тільки невідкладних заходів по запобіганню руйнування та деградації природних компонентів (повітря, води, земель, надр, рослинного і тваринного світів), але й підвищення якості і ефективності моніторингу радіоекологічного моніторингу, передусім за рахунок використання ГІС і ГІТ.

Традиційні методи збору і обробки величезної кількості інформації при експлуатації систем екологічного контролю і моніторингу не дозволяють отримувати достовірну оперативну інформацію, проводити моделювання рівня техногенних навантажень на різні компоненти природного середовища, робити експертні і прогнозні оцінки для прийняття оптимальних управлінських рішень. Тому створення ефективної ГІС радіоекологічного моніторингу дозволить оперативно і достовірно оцінювати ступінь впливу об'єктів на навколишнє природне середовище, давати прогноз динаміки змін природних екосистем під впливом джерел радіоактивного або іншого забруднення і прийняти превентивні заходи для екологічної безпеки діючого об'єкта.

Своєчасне і правильне проведення радіоекологічного моніторингу на забруднених радіонуклідами територіях дозволяє активізувати реабілітаційні заходи постраждалих земель і мінімізувати економічний і соціальний збиток.

Використання ГІТ з прив'язкою даних і візуалізацією процесів моделювання, дозволяє здійснювати оперативне планування заходів для захисту населення у випадку виникнення надзвичайних ситуацій та пом'якшення їх наслідків, визначати стратегічні напрямки з природної, техногенної і екологічної безпеки населення.

Для картографічної прив'язки зон і ділянок радіоактивного і хімічного забруднення на території використана геоінформаційна система ArcGIS фірми ESRI разом з векторними картами масштабу 1 : 200 000.

Така система поєднує бази даних за всіма природними і антропогенно-зміненими середовищами, джерелами впливу і станом здоров'я населення, а також містить необхідні дані для розрахунків за імітаційним моделями.

Підвищення інформативності картографічних зображень при радіологічному моніторингу забруднень територій для широкого кола споживачів, збільшення об'єму їх змісту за допомогою розміщення додаткових тематичних карт і допоміжної інформації розширить коло споживачів картографічного матеріалу, а отже, його затребуваність суспільством.

1. *Зацерковний В.І., Сімакін Ю.С., Сергієнко В.В.* Радіоекологічний моніторинг територій за допомогою геоінформаційних технологій // *Чернігівський науковий часопис*. — 2011. — Випуск 2. — С.49–56.
2. *Зацерковний В.І., Бурачек В.Г., Железняк О.О., Терещенко А.О.* ГІС і бази даних. — Ніжин: НДУ ім. М.Гоголя, 2014. — 492 с.
3. <http://eco.com.ua/content/chornobilska-katastrofa-shcho-mi-diisno-znaemo>
4. *Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: підручник / За заг. ред. д.е.н., проф. Л.Г. Мельника та к.е.н., проф. М.К. Шапочки.* — Суми: ВТД "Університетська книга", 2005. — 759 с.

Надійшла до редакції 27.10.2015

Прийнята до друку 18.12.2015