

---

**ГЕОДЕЗІЯ**

---

УДК 528.92:65.011.56

**В. І. Зацерковний**, к.т.н. доцент,  
**Ю. С. Сімакін**, викладач,  
**В. В. Сергієнко**, аспірант

**РАДИОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ТЕРИТОРІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ  
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

*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.*

**Ключові слова:** радіоекологічний моніторинг, забруднення навколишнього середовища, геоінформаційні системи (ГІС), геоінформаційні технології (ГІТ).

**В. И. Зацерковный**, к.т.н. доцент,  
**Ю. С. Симакин**, преподаватель,  
**В. В. Сергиенко**, аспирант

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИЙ  
С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*В статье проведено исследование, в ходе которого обработана и систематизирована доступная и открытая информация из литературных источников и тематических карт, отражающая состояние проблемы радиоэкологического мониторинга территорий с помощью геоинформационных технологий.*

**Ключевые слова:** радиоэкологический мониторинг, загрязнение окружающей среды, геоинформационные системы (ГИС), геоинформационные технологии (ГИТ).

**V. I. Zatserkovnyi**, candidate of technical sciences, associate professor,  
**Yu. S. Simakin**, lecturer,  
**V. V. Serhiienko**, postgraduate student

**THE RADIOLOGICAL MONITORING OF TERRITORIES USING  
GEOINFORMATION TECHNOLOGIES**

*The article analyses and systematizes available information in literature and in thematic maps which show the issue of radiological monitoring of territories using geoinformation technologies.*

**Keywords:** radio-ecological monitoring, environmental pollution, geographic information systems (GIS), geographic information technologies (GIT).

**Актуальність теми дослідження.** Аварія, що сталася 26 квітня 1986 року на Чорнобильській АЕС, і наступна пожежа призвели до безпрецедентного викиду радіоактивного матеріалу з ядерного реактора і пагубних наслідків для населення і навколишнього середовища. Жодна катастрофа ХХ сторіччя не мала таких тяжких екологічних наслідків. Це була трагедія глобального масштабу. Підірвано здоров'я сотень тисяч людей,

---

**ГЕОДЕЗІЯ**

---

забруднені мільйони гектарів ґрунтів, у водосховищах осіли десятки мільйонів тонн радіоактивного мулу.

У результаті забруднення навколишнього середовища радіоактивними матеріалами з постраждалих районів протягом 1986 року довелось евакуювати понад 100 000 осіб, а потім, після 1986 року, відселити ще 200 000 осіб з Білорусі, Російської Федерації і України. Біля п'яти мільйонів осіб продовжують проживати на забруднених у результаті аварії територіях. Уряди трьох постраждалих країн за підтримки міжнародних організацій вживають заходів для реабілітації забруднених територій, надання медичних послуг і відновлення соціального і економічного добробуту регіону.

**Постановка 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, виконанням науково-дослідної роботи кафедри геодезії, картографії та землеустрою Чернігівського державного інституту управління і економіки спільно з Державним управлінням у сфері охорони навколишнього природного середовища в Чернігівській області.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням екологізації економіки, раціонального природокористування, проблемам сталого розвитку присвячено багато наукових праць вітчизняних вчених, зокрема: О. Ф. Балацького, В. А. Барановського, Л. Г. Мельника, Б. М. Данилишина, Є. В. Хлобистова, Б. В. Буркинського, О. О. Веклич, М. Г. Ступеня, Л. Я. Новаковського, О. М. Теліженка, О. І. Карінцевої, П. Г. Казьміра, З. В. Герасимчук, Л. Г. Руденко, С. К. Харічкова, Н. В. Караєвої, Г. О. Білявського, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костікова та ін.

**Постановка завдання.** Метою роботи є проведення радіоекологічного моніторингу стану територій України та їх класифікація і візуалізація. Оскільки екологічні проблеми мають просторово-розподілений характер, то для проведення аналізу були застосовані геоінформаційні технології (ГІТ), зокрема програмне забезпечення ArcGis (Arc View) компанії ESRI [1]. Перевагами використання цих технологій є надійне збереження усіх можливих даних і атрибутів, пов'язаних з об'єктом дослідження у цифровому форматі; графічна візуалізація результатів моніторингу з можливістю масштабування; можливість наступного всебічного аналізу різними методами накопиченої інформації; можливість інтеграції в інші системи; можливість прогнозу ситуації і одержання додаткової інформації для прийняття рішень [2].

**Виклад основного матеріалу.** Аварія на Чорнобильській АЕС належить до найбільших техногенних катастроф в історії людства. Основні викиди з четвертого енергоблоку Чорнобильської атомної електростанції тривали десять днів і до їх складу входили радіоактивні гази, конденсовані аерозолі і велика кількість часток палива. Загальний об'єм викидів радіоактивних речовин склав біля 14 ЕБк (1 ЕБк = 10<sup>18</sup> бекерелей), за станом на 26 квітня 1986 року, у тому числі 1,8 ЕБк <sup>131</sup>I, 0,085 ЕБк <sup>137</sup>Cs та інших радіоізотопів цезію, 0,01 ЕБк <sup>90</sup>Sr і 0,003 ЕБк радіоізотопів плутонію. Інертні гази склали близько 50 % загального радіоактивного викиду.

Понад 200 000 км<sup>2</sup> території Європи була забруднена радіоактивним цезієм (понад 0,04 МБк <sup>137</sup>Cs на 1м<sup>2</sup>), з яких 71 % припало на три найбільш

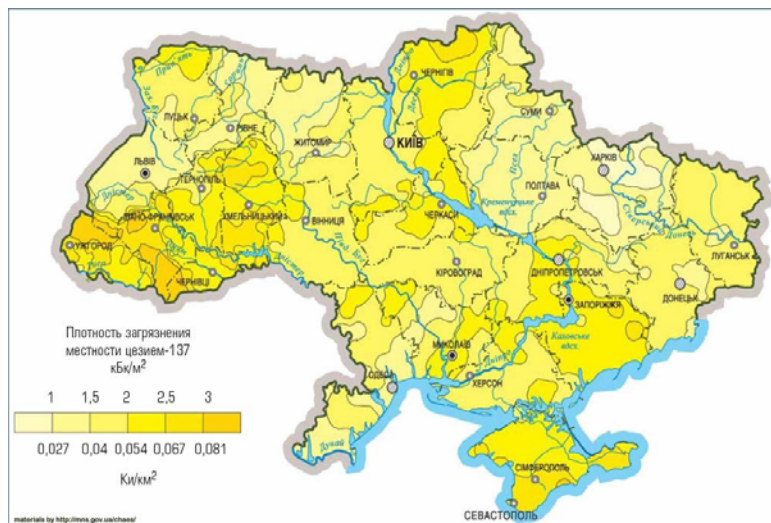
**ГЕОДЕЗІЯ**

постраждалі країни (Білорусь, Російська Федерація і Україна). Випад був високо гетерогенним; на нього сильно вплинули дощі, що йшли під час проходження радіоактивних повітряних фронтів (рис. 1) [2].



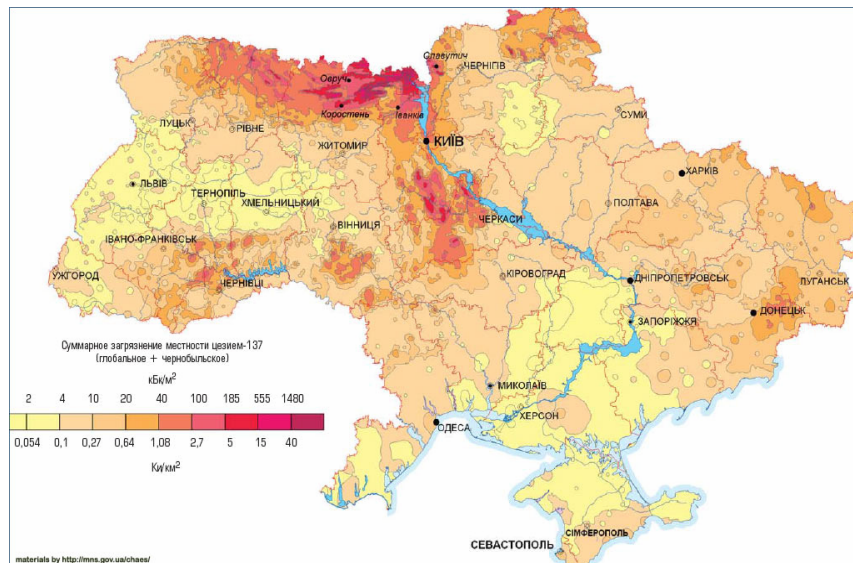
Рис. 1. Формування радіоактивних шарів у відповідності з метеорологічними умовами для миттєвих викидів у наступні дати і час (за Гринвічем): 1) 26 квітня 1986 року, 00:00; 2) 27 квітня, 00:00; 3) 27 квітня, 12:00; 4) 29 квітня, 00:00; 5) 2 травня, 00:00; і 6) 4 травня, 12:00

Випад більшої частини радіоізоотопів стронцію і плутонію відбувся головним чином поблизу реактора (у радіусі менше 100 км). Значну частку викидів склали радіонукліди з коротким періодом фізичного напіврозпаду; радіонукліди з тривалим періодом напіврозпаду були викинуті у менших об'ємах. Забрудненими й дуже забрудненими зонами, де життєдіяльність населення значно погіршена через екологічні умови, є не менше третини території України (рис. 2-6) [2].



a)

## ГЕОДЕЗІЯ



б)

Рис. 2. Забруднення території України  $^{137}\text{Cs}$ : а) до 1986 р.; б) після аварії на ЧАЕС 1986 р.

Складна екологічна ситуація в Україні вкрай загострилась. До пенсійного віку не доживають 47 % чоловіків і 36 % жінок. Середня тривалість життя в Україні за останні 15 років скоротилася на сім років. За рівнем життя, його тривалістю і рівнем освіти (за індексом розвитку ООН) Україна займає позицію в другій сотні держав світу, тоді як ще у 1994 р. вона посідала 45, 1997 р. – 94 позицію. Згідно з висновком Міжнародного союзу боротьби з раком, близько 80 % видів злоякісних новоутворень – це наслідок впливу факторів довкілля. А в Україні залишилося лише 6 % території з нормальними природними умовами для проживання людей [3]. Наслідки радіаційного забруднення території нашої країни будуть проявлятися ще десятиліття і століття як у природному середовищі так і в геномі людини.

Під час багаторічних комплексних робіт був накопичений досвід великомасштабного картографічного дослідження радіонуклідного забруднення територій, розроблені методики з агрохімії, радіохімії, методи кількісного визначення радіонуклідів у різних середовищах. Встановлено, що гриби, бактерії, водорості, лишайники, хвойні ліси здатні накопичувати дуже високі концентрації радіонуклідів, прісноводні екосистеми більш уразливі, ніж морські. Лісові екосистеми, виступаючи бар'єром і біофільтром радіоактивних випадань, є «критичною ланкою» при екологічному нормуванні радіаційного навантаження в зональному спектрі ландшафтів. Молоді рослини і тварини виявилися більш чутливими до інтенсивного радіаційного впливу, ніж дорослі.

Техногенний прес  $^{137}\text{Cs}$  максимальний у хвойних і змішаних лісах (майже вдвічі перевищує радіаційні навантаження у пустелі, тундрі і лісотундрі). На усій земній кулі максимум  $^{90}\text{Sr}$  припадає на лісову і степову зони. Заплавні екосистеми, що акумулюють радіонукліди, є джерелами вторинного забруднення річок. Широка поширеність торф'яних ґрунтів сприяє високій рухливості  $^{137}\text{Cs}$  у системі «торф'яно-болотні ґрунти – лугова рослинність – молоко».

## ГЕОДЕЗІЯ

Тому основним завданням радіоекологічного моніторингу є створення єдиного інформаційного простору, який може бути сформований на основі використання сучасних ГІТ. Великий обсяг інформації, характерний для екологічних досліджень, найчастіше через труднощі сприйняття і комплексного характеру не спроможний ефективно вирішити проблему без геоображення (візуалізації на карті). Інтеграційний характер ГІС дозволяє створити на їх основі потужний інструмент для збору, збереження, систематизації, аналізу і подання інформації. Можливості ГІС дозволяють вважати цю технологію найбільш прийнятною для цілей обробки і керування даними моніторингу. Застосування ГІС для аналізу радіоекологічних процесів на радіоактивно забруднених територіях дозволяє ефективно обробляти великі обсяги інформації, необхідної для вирішення проблем, пов'язаних із реабілітацією забруднених територій і подавати її різним чином (рис. 3).

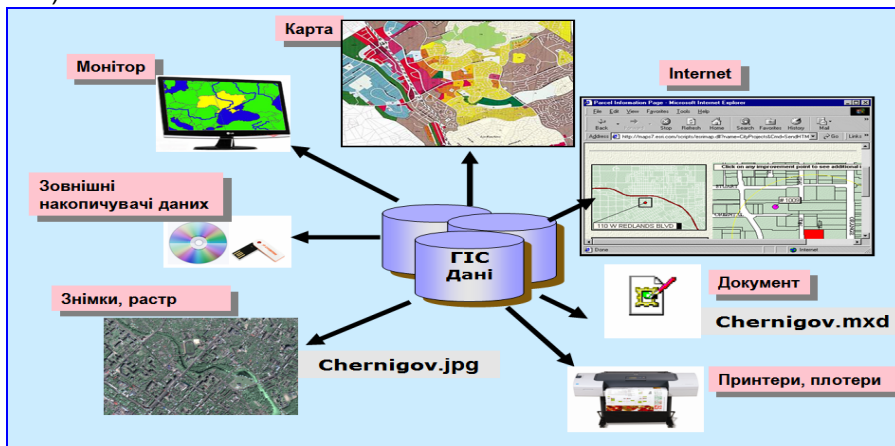


Рис. 3. Приклади подання вихідної інформації у ГІС

Ієрархічна структура побудови ГІС робить можливим включення будь-якого окремого геоінформаційного проекту у більш широкі системи іншої дослідницької спрямованості. Саме це дозволяє розглядати ГІС як дослідну, аналітичну систему [4].

Порівняння картографічних зображень, що використовуються у ГІС, представлено в табл. 1. Істотною перевагою електронних ГІС є легкість їх перетворення в паперову форму. Для цього електронні карти і відповідні бази даних потрібно просто надрукувати. При цьому в ГІС можуть бути зашиті стандартні вимоги до оформлення карт (наприклад, кольори заливки об'єктів і графічний вигляд границь, схеми побудови легенд та інше зарамкове оформлення, розташування окремих складових карти на аркуші тощо), які автоматично реалізуються при друці карти. Володіючи необхідною базою даних і розвинутою програмою створення картографічних зображень, ГІС можна розглядати як видавничо-редакційну систему.

Інтенсивний розвиток ГІС і ГІТ, локальних і глобальних мереж передачі даних сприяє можливості впровадження інформаційно-аналітичних систем екологічного моніторингу для аналізу радіоекологічної обстановки і підтримки прийняття рішень у сфері екологічного управління.

**ГЕОДЕЗІЯ**

Таблиця 1

**Порівняння характеристик картографічних зображень**

Характеристики картографічних зображень	Традиційне (паперове) картографічне зображення (ТКЗ)	Електронне растрове картографічне зображення (ЕРКЗ)	Електронне векторне картографічне зображення (ЕКВЗ)	Картографічне зображення цифрової карти (ЦКЗ)
<b>Основа (дані) для створення</b>	Геодані, отримані під час зйомки, статистичні дані	Сканерне зображення ТКЗ, растровані ЕВКЗ, ЦКЗ	Векторизовані ЕРКЗ, ЦКЗ	Геодані, що входять до складу ГІМ
<b>Просторова інформація</b>	Вся інформація, що міститься на карті; карта-накопичувач інформації			У ЦКЗ відображається вся інформація, що міститься в ГІМ
<b>Атрибутивна інформація</b>	Для розуміння змісту атрибутивної інформації, що міститься на картах у вигляді умовних знаків, користувачу карти необхідно звертатись до легенди			Атрибутивна інформація, що міститься в ГІМ, відображується в ЦКЗ за необхідністю; може бути текстовою, графічною, числовою, відео, звуковою (мультимедійні гео зображення)
<b>Умовні знаки</b>	Статистичні	Статистичні і динамічні		Статистичні і динамічні; спостерігається процес спрощення умовних знаків
<b>Картографічні проекції</b>	Задається при створенні; користувач не може змінювати	Користувач може змінювати у випадку створення ЕРКЗ з ЦКЗ	Користувач може змінювати у випадку створення ЕВКЗ з ЦКЗ	Користувач має можливість змінювати проекцію
<b>Обсяг інформації</b>	Залежить від розміру картографічного зображення, масштабу і фактора зчитуваності карти			Залежить від ємності цифрових носіїв інформації (набагато перевершує обсяг інформації на ТК і ЕК)
<b>Генералізація</b>	У процесі генералізації відбувається зміна обсягу і складу геоінформації			Можна візуалізувати тільки потрібні геодані; обсяг геоданих, що зберігаються в ГІМ є незмінним
<b>Точність (достовірність) геоінформації</b>	Залежить від точності вихідних геоданих, точності складання карти і якості друку	Залежить від якості вихідного ТКЗ, ЕВКЗ або ЦКЗ	Залежить від якості вихідного ЕРКЗ або ЦКЗ	Залежить від точності даних, що зберігаються в ГІМ і якості перевірки геоданих

Інформаційною основою оцінки радіаційного впливу на людину є комплексний регіональний моніторинг, який вирішує завдання виявлення зон можливих природних і техногенних небезпек, а також територій з

## ГЕОДЕЗІЯ

підвищеним радіаційним фоном і аномальним вмістом ксенобіотиків, спостереження за джерелами радіоактивного і хімічного забруднення, стану здоров'я населення, погіршення екологічної ситуації в регіоні тощо. Дані моніторингу використовуються для оцінки і прогнозу стану системи: джерела впливу – навколишнє середовище – людина з розробкою заходів зі зниження наслідків техногенного впливу для навколишнього середовища і населення.

Для картографічної прив'язки зон і ділянок радіоактивного і хімічного забруднення на території Чернігівської області використана ArcGIS фірми ESRI з векторними картами масштабу 1:200000. Він 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. Як приклад, на рис. 4 представлений фрагмент екологічного атласу Чернігівської області, створеного авторами за даними [5].

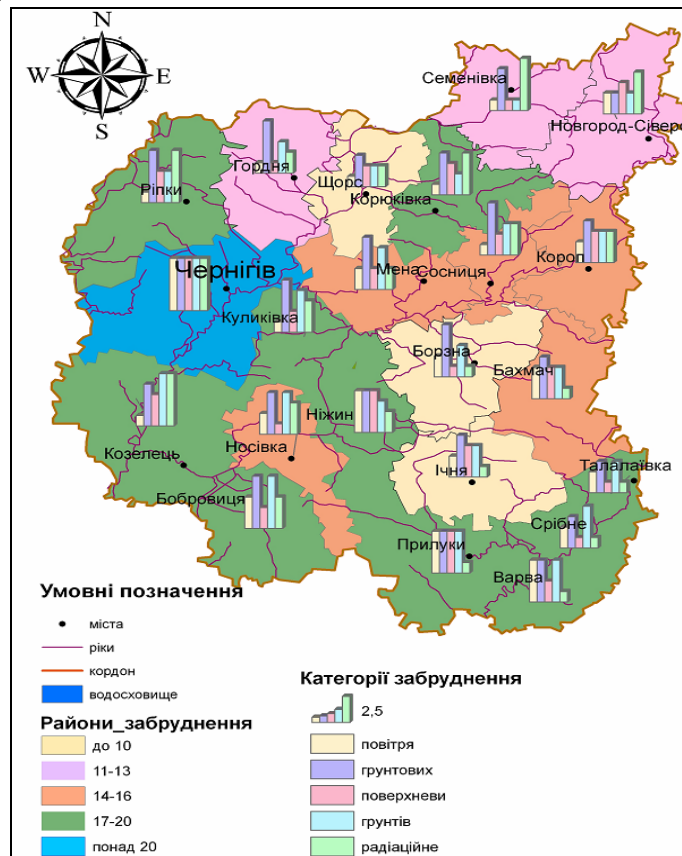


Рис. 4. Інтегральна екологічна оцінка забруднення територій Чернігівської області

**Висновки.** У рамках дослідження опрацьована і систематизована доступна і відкрита інформація з літературних джерел [2, 3, 5] і тематичних карт, що відображає стан проблеми.

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 Чернігівської області.

---

## ГЕОДЕЗІЯ

---

### Література

1. Зацерковний В. І. Використання геоінформаційних технологій в екологічному моніторингу Чернігівської області / В. І. Зацерковний, С. В. Кривоберець, Ю. С. Сімакін // Аграрний вісник Причорномор'я. – 2009. – Випуск 51. – С. 82-86.
2. Карти забруднення радіонуклідами території України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://chornobyl.in.ua/uk/karty-radiacia-ukraina.html>.
3. Громадське лобювання першочергових рішень влади для підвищення ефективності екологічної політики. – Київ: ВЕГО «МАМА-86», 2007. – 180 с.
4. Бурачек В. Г. Основи ГІС / В. Г. Бурачек, В. І. Зацерковний. – Чернігів, 2009. – 180 с.
5. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2009 рік: (стат. щорічник / Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Чернігівській області). – Чернігів: ДУОНПС, 2009. – 258 с.

Надійшла 09.12.2011 р.