

УДК 504.064.36

О.Федченко канд. військ. наук, ст.наук.співроб.,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ
І.Кулинич, ст. наук. співроб.,
Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ,
О.Сторубльов, канд.техн.наук., ст.наук.співроб.,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2020.44.68-72>

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ НА БАЗІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ ПЛАТФОРМИ ARCGIS

Постійна зміна параметрів атмосфери Землі та навколишнього середовища під впливом антропогенного Постійна зміна параметрів атмосфери Землі та навколишнього середовища під впливом непродуманого безперервного втручання людини у природне середовище, антропогенного навантаження за результатами діяльності промислових і військових об'єктів потребує необхідності проведення достовірного оцінювання екологічного стану і його прогнозування з метою забезпечення екологічної безпеки. Це передбачає прогнозування подальшого розвитку сприятливих ситуацій або негативних наслідків і прийняття адекватних рішень на основі застосування екологічного моніторингу з використанням автоматизованих систем (систем підтримки прийняття рішень) моніторингу навколишнього середовища. Головною функцією таких систем є комплексна автоматизація всіх процесів, пов'язаних зі збором, накопиченням і веденням різноманітної екологічної реєстраційної інформації, у забезпеченні можливості її подальшої обробки на основі сучасних інформаційних технологій. Для ефективного функціонування системи екологічного моніторингу, незалежно від того, на якому рівні він проводиться, необхідний взаємозв'язок окремих блоків: спостереження, збору інформації, оцінювання фактичного стану об'єкта спостереження, прогноз майбутнього стану і його оцінювання, керування, регулювання якості середовища.

Використання підсистем екологічного моніторингу на єдиній геоінформаційній основі в системах підтримки прийняття рішень значно скоротить час, необхідний для оперативного реагування на кризові ситуації, що підвищить ефективність прийняття рішень для досягнення відповідних цілей і задач. Найбільш оперативна інформація може бути передана по мережі Інтернет, а інтерфейс виводу повинен бути зручним (ергономічним), не перевантаженим зайвими даними й незалежним від установки спеціалізованого програмного забезпечення.

Однією з найбільш сильних сторін ArcGIS-платформи є сучасний повнофункціональний просторово-часовий моніторинг, що дозволяє побудувати не тільки географічну інформаційну систему будь-якого масштабу та призначення, але й сформувати на її основі ефективну систему екологічного моніторингу, надаючи відповідні функціонали і рішення.

Ключові слова: геоінформаційна платформа, ArcGIS, екологічний моніторинг, природно-антропогенні, дистанційне зондування, геопросторові дані, навколишнє середовище.

Постановка проблеми. Непродумане безперервне втручання людини у природне середовище, призводить до порушення сталої природної рівноваги як у межах окремих регіонів, так і в цілому на планеті. Наслідки такої діяльності значно змінюють звичні природні умови: деградують ґрунти, зменшуються площі лісів, збільшуються території пустель, забруднюються поверхневі і підземні води і атмосферне повітря.

Зміна призначення сільськогосподарських земель під житлову, виробничу та транспортну забудову, забруднення ґрунтів, збільшують і без того гостру проблему забезпечення продовольством населення, що є критичним для багатьох регіонів планети, у яких населення перебуває на грані фізичного виживання. Зростання антропогенного впливу на природу планети приводить до збільшення кількості екстремальних явищ – катастрофічних ураганів, повеней, зсувів і т.і.

Беручи до уваги постійну зміну параметрів атмосфери Землі та навколишнього середовища під впливом антропогенного навантаження, промислових об'єктів, наслідків ведення бойових дій виникає необхідність достовірного оцінювання екологічного стану і його прогнозування з метою забезпечення екологічної безпеки. Це передбачає прогнозування подальшого розвитку сприятливих ситуацій або негативних наслідків і прийняття адекватних рішень на основі застосування екологічного моніторингу з використанням автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища.

Основна мета екологічного моніторингу – виявлення негативних наслідків людської діяльності в навколишньому середовищі за допомогою спостереження за нею (наприклад, техногенного забруднення), оцінювання стану й прогнозу майбутніх

змін [3, 7]. Важливою ланкою є прийняття управлінських рішень по регулюванню якості середовища проживання [7, 11].

Для ефективного функціонування системи екологічного моніторингу, незалежно від того, на якому рівні він проводиться, необхідний взаємозв'язок окремих блоків: спостереження, збір інформації, оцінювання фактичного стану об'єкта спостереження, прогноз майбутнього стану і його оцінювання, керування, регулювання якості середовища [9, 11].

Головною метою створення такої системи є комплексна автоматизація всіх процесів, пов'язаних зі збором, накопиченням і веденням різноманітної екологічної реєстраційної інформації, у забезпеченні можливості її подальшої обробки на основі сучасних геоінформаційних систем (ГІС).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасної зарубіжної та вітчизняної літератури, а також інтернет-ресурсів на тему геоінформаційних систем в екологічному моніторингу свідчить про те, що ця сфера застосування ГІС є досить актуальною і потребує подальшого вдосконалення та розвитку.

Зокрема, в Сполучених Штатах Америки передумовами економічного розвитку визнається раціональне природокористування і сталий розвиток територій, що ґрунтуються на використанні геоінформаційних систем [11]. Дослідженнями в даній області займаються А.Берлянт, Л.Бугаєвський, А.Кошкарев, І.Лур'є, В.Тікунов. Переваг авторів до якоїсь певної ГІС-платформи в роботах не простежується. Відзначається актуальність застосування геоінформаційних систем для забезпечення екологічного управління та оптимізації природокористування, за рахунок системного підходу

© Федченко О., Кулинич І., Сторубльов О., 2020

до організації геоecологічної інформації в ГІС, можливості її "пошарового" зберігання, що дозволяє здійснювати оперативний аналіз і синтез, і наочно відображати у вигляді картографічних зображень.

Мета статті. Інтегральна оцінка стану зовнішнього середовища вимагає ефективного функціонування системи екологічного моніторингу. При цьому неоднорідність територіальної структури території, що досліджується, обумовлює наявність великої різноманітності взаємозалежних процесів, що робить функціонування системи екологічного моніторингу ефективним тільки при дотриманні умови взаємозв'язків декількох окремих блоків: збір інформації, її обробка й аналіз, прогноз розвитку ситуації, надання результатів. Отримані результати повинні бути точні й наглядні, але при цьому виглядати максимально виразно. Крім того, сучасне життя висуває нову вимогу до моніторингу екологічної обстановки – автоматизація всіх етапів роботи з інформацією. Таким чином, виділяється чіткий перелік вимог, що висуваються до системи екологічного моніторингу: забезпечення збору великого обсягу розрізнених і різночасових даних; достатній інструментарій для їхнього аналізу й синтезу; можливість моделювання й оцінювання ситуацій і прогнозу їх розвитку; структуризації і кластеризації інформаційних даних; можливість виводу інформаційних даних оператору щодо прийняття управлінських рішень; різні варіанти візуалізації отриманих результатів, а також можливість оперативного оновлення інформації. Слід зазначити, що всі відмічені природно-антропогенні компоненти зв'язані між собою єдиною складовою – просторовою (географічним місцем розташування). А як відомо, для роботи із просторовими даними найкращим інструментом є використання технології географічних інформаційних систем. Перераховані вимоги повністю задовольняють географічні інформаційні системи, що дозволяють на своїй платформі створювати ефективні системи екологічного моніторингу.

Викладення основного матеріалу дослідження.

Але спочатку більш детально розглянемо таке поняття, як "екологічний моніторинг". Відповідно до визначення Ю.Ізраєля, екологічний моніторинг – це інформаційна система спостережень, оцінки й прогнозу змін у стані навколишнього середовища [4]. Основою системи екологічного моніторингу є інформація, дані, що отримуються в ході безперервних, систематичних спостережень. Отримання достовірної оцінки стану навколишнього середовища вимагає наявності повноцінної інформації про всі елементи навколишнього середовища як комплексу взаємодіючих природно-антропогенних компонентів [7, 11]. Вона повинна містити в собі наступні масиви даних:

- дані про рівень забруднення атмосфери;
- дані про рівень забруднення гідросфери;
- дані про рівень забруднення ґрунтового покриву;
- дані про джерела техногенного забруднення;
- дані про стан рослинного покриву;
- дані про стан здоров'я населення.

Таким чином, в основі системи екологічного моніторингу лежать систематичні спостереження за станом різних компонентів середовища проживання й суспільного здоров'я, насамперед, спостереження за джерелами й факторами антропогенного впливу [7].

У літературі зустрічається досить багато визначень поняття геоінформаційної системи [2, 6, 8, 10]. Суть даних визначень зводиться до того, що проводиться спроба опису всіх функцій ГІС. Однак, як відзначив А.М.

Берлянт, визначення досить перевантажені, але при тому не розкривають усю повноту функціонала ГІС [1]. Це свідчить про широкий спектр задач, які розв'язуються за допомогою ГІС, і значному наборі засобів, що пропонуються для їх вирішення.

На даний час світовим лідером серед геоінформаційних систем є лінійка геоінформаційних продуктів ArcGIS, що представляють собою повну систему, яка надає можливість збирати, організовувати, управляти, аналізувати, обмінюватися і розподіляти географічні дані.

Сучасна повнофункціональна ArcGIS платформа, дозволяє побудувати не тільки географічну інформаційну систему будь-якого масштабу й призначення, але й сформувати на її основі ефективну систему екологічного моніторингу, яка поєднується із системами підтримки прийняття рішень.

Функціонування системи екологічного моніторингу передбачає наступні етапи: збір інформації; аналіз (обробки) інформації; зберігання інформації; видачі (відображення) інформації користувачам. ArcGIS-платформа дозволяє інтегрувати відомості різних інформаційних систем у єдину базу даних і управляти нею. Є можливість зберігання необхідної різномірної інформації як у власних базах даних, так і в стандартних системах управління базами даних (СУБД).

Зібрана інформація не представляє прямого практичного інтересу, поки вона не буде належним чином структурована й представлена в наочному вигляді. При цьому для обробки отримуваних даних потрібні професійні інструменти статистичного, просторового й інших видів аналізу.

Для вирішення цих задач в ArcGIS розроблені та функціонують спеціальні аналітичні модулі:

- **модуль просторового аналізу** – дозволяє виконувати побудову й аналіз поверхонь, проводити гідрологічні розрахунки й моделювання. У даному модулі реалізовані можливості растрової статистики, оптимізація розміщення об'єктів, пошук найкоротшого шляху й багато чого іншого;

- **модуль геостатистичного аналізу** – набір статистичних моделей і функцій, призначених для дослідження просторових даних і побудови поверхонь. Інструментарій даного модуля дозволяє створити статистично обґрунтовану прогнозовану поверхню, доповнену оцінкою її надійності;

- **модуль роботи з потоковими даними** – призначений для отримання повідомлень від безлічі джерел даних, що надходять у реальному режимі часу, проведення безперервного аналізу й фільтрації даних, що надійшли, а також для надання доступу до сформованих потоків даних різним клієнтам або іншим системам.

Додатково, у складі ArcGIS, в залежності від типу та специфікації платформи, наявні інші спеціалізовані модулі, що надають широкий спектр можливостей для роботи з геоданими і їх візуального відображення. Крім цього, існує багато сумісних додатків і розширень що інтегруються в ГІС платформу, та орієнтовані на розв'язання вузькоспеціалізованих задач, таких як оцінка стану навколишнього середовища (акваторія, ґрунти, рослинність) або прогнозування розвитку природних явищ і техногенних надзвичайних ситуацій.

У ряді завдань екологічного моніторингу ефективним способом спостереження є використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Космічні апарати дозволяють отримувати зображення поверхні

нашої планети, у деяких випадках щодня, незважаючи на хмарність або час доби, і з набором характеристик, по яких досить точно може бути визначене виникнення або зміна будь-яких процесів [5].

Крім спостереження за подією і її фіксацією, досить важливою складовою комплексного екологічного моніторингу є математичне моделювання. З його допомогою можна передбачити різні сценарії подальшого розвитку ситуації й прийняти превентивні й ефективні заходи та рішення. Сьогодні вже існують програмні рішення, що дозволяють моделювати специфічні завдання в ГІС. Більшість із них реалізовані у вигляді самостійних додатків, які можуть взаємодіяти з ГІС за рахунок імпорту/експорту просторових даних. Але є й інтегровані рішення, реалізовані у вигляді додаткових модулів до ArcGIS платформи.

Наявність засобів приймання онлайн інформації, обробки даних ДЗЗ, інструментів математичного

моделювання, просторового й мережного аналізу в складі єдиної геоінформаційної платформи дозволяє забезпечити безперервний процес, при якому постійно відбувається уточнення, верифікація й підвищення якості інформації, що накопичується.

Таким чином, сучасна система екологічного моніторингу не може й не повинна ґрунтуватися тільки на одному джерелі даних. У більшості випадків потрібен комплексний аналіз інформації, що поступає на вхід системи, а також її зберігання й надання зацікавленим фахівцям, які можуть бути територіально віддалені один від одного. Такі завдання дозволяють успішно вирішувати серверні технології ArcGIS платформи, включаючи хмарні інфраструктури.

Загальна структура системи екологічного моніторингу, на прикладі геоінформаційної платформи ArcGIS, представлена на рисунку 1.

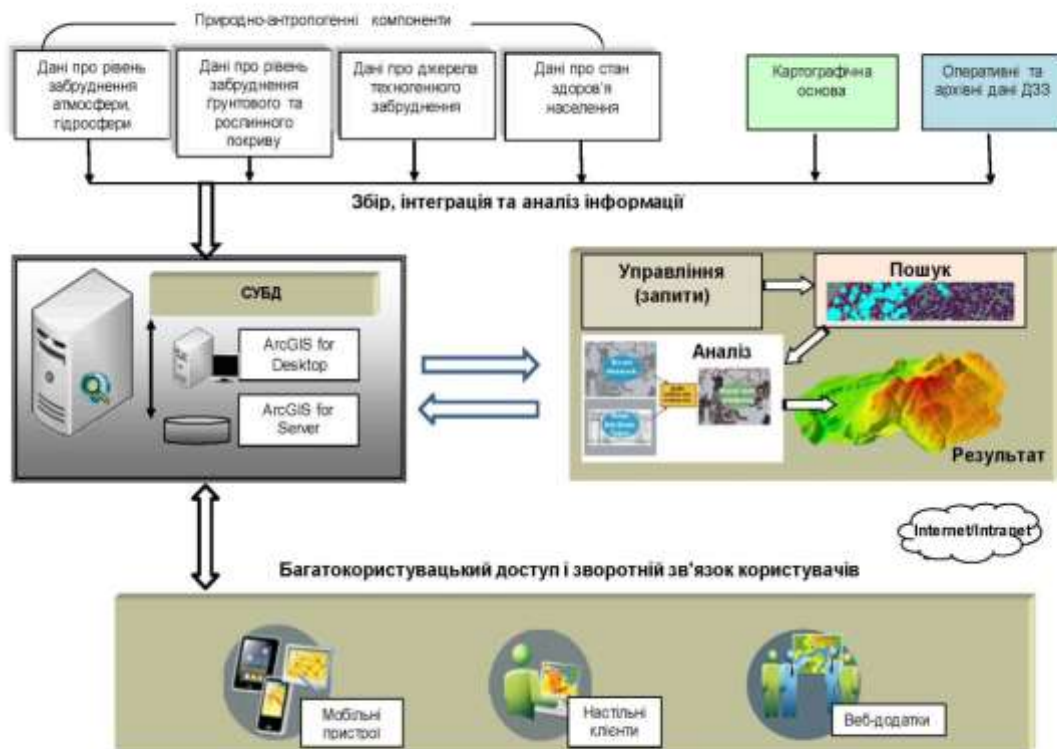


Рис. 1. Загальна структура системи екологічного моніторингу на геоінформаційній платформі ArcGIS

Результати. Основним результатом роботи системи екологічного моніторингу є надання інтегрованої та проаналізованої інформації зацікавленим фахівцям. Використання підсистем екологічного моніторингу на єдиній геоінформаційній основі в системах підтримки прийняття рішень значно скоротить час, необхідний для оперативного реагування на кризові ситуації, що підвищить ефективність прийняття рішень для досягнення відповідних цілей і задач. Найбільш оперативно

інформація може бути передана по мережі Інтернет, а інтерфейс виводу повинен бути зручним (ергономічним), не перевантаженим зайвими даними й незалежним від установки спеціалізованого програмного забезпечення. Для цього в більшості ГІС реалізують можливість доступу до інформації через адаптовані під конкретні екологічні задачі веб-додатки представлені на рис. 2 або через додатки на мобільних пристроях.

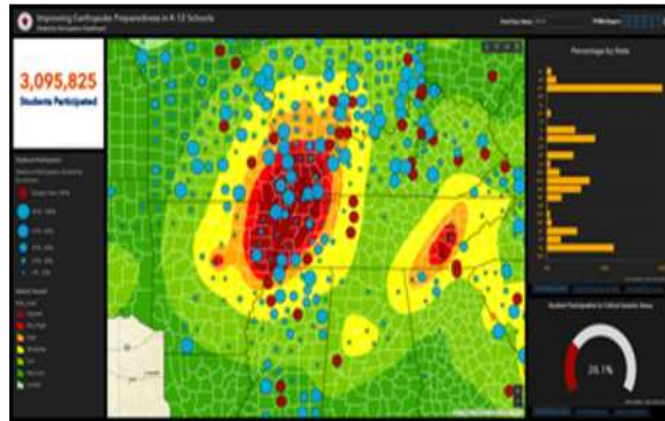


Рис. 2. Приклад веб-інтерфейсу “Система моніторингу землетрусів” на прикладі геоінформаційної платформи ArcGIS

Практичний досвід побудови систем екологічного моніторингу на базі геоінформаційної платформи ArcGIS дозволяє виділити наступні ключові принципи:

- використання моделей просторових даних, розроблених для конкретної предметної області. Багато з таких моделей представлені на офіційному сайті компанії ESRI, розробника геоінформаційної платформи ArcGIS;

- орієнтування на стандарти в області інформаційних технологій і використання готових компонентів без додаткового програмування. Наприклад, збір базових екологічних даних з міжнародних мереж спеціалізованих організацій та фондів, які постійно оновлюються, їх просторова обробка й представлення у веб-додатку у вигляді зручного тимчасового шару;

- поділ засобів аналізу екологічних ситуацій на експрес-оцінку й деталізовані розрахунки. Перші можуть бути вбудовані в прості веб-додатки й доступні великій кількості непрофесійних користувачів. Другі використовуються експертами в складі настільних ГІС-продуктів з можливістю експорту результатів на відповідний геопортал;

- розумне комбінування засобів збору даних про навколишнє середовище та інструментів аналізу, при якому отриманих даних достатньо для проведення загального аналізу, а результати аналізу вказують на зони, що вимагають більш детального спостереження і дослідження.

Висновки. Сучасні темпи розвитку виробництва, зростання чисельності населення, збільшення частки урбанізованих територій визначають зростаючий антропогенний тиск на навколишнє середовище. Така ситуація привертає все більшу увагу громадськості. Виникає необхідність оцінки екологічної обстановки, виявлення зон найбільшого техногенного пресингу. В даний час забезпечення локального моніторингу за станом навколишнього середовища здійснюється окремими спеціалізованими організаціями і відомствами. Характерною ознакою такого підходу є відомча роз’єднаність. Погіршує ситуацію недостатня технічна оснащеність і відсутність єдиного програмно-інформаційного середовища. В таких умовах застосування геоінформаційних технологій є оптимальним варіантом забезпечення системи екологічного моніторингу.

Усі без винятку сучасні ГІС платформи мають модульну структуру, що надає користувачам можливість вибору функціонального набору, необхідного для розв’язання тих або інших задач. У цілому, функціонал в останніх версіях ГІС від різних виробників (з урахуванням підключених модулів) однаково широкий і різноманітний. При цьому не можна сказати, що одна геоінформаційна система краще, чим інша. Ідеальної програми не існує, вибір на користь того або іншого програмного продукту більшою мірою може бути обумовлений звичками, “смаками” користувача й зручністю використання конкретної ГІС у певній області.

Сучасна геоінформаційна платформа ArcGIS, надаючи відповідні функціонали і рішення, є флагманом у розвитку й удосконаленні ефективних систем екологічного моніторингу. Адже просторовочасовий моніторинг саме і є однією з найбільш сильних сторін ArcGIS-технології, а його актуальність і затребуваність постійно зростають.

Перспективи подальших напрямків досліджень.

Екологічний моніторинг стає все більш актуальним в областях екології, що динамічно розвиваються. До таких можна віднести геоекологію і урбоєкологію. Одним із основних напрямків в геоекології є моніторинг геологічного середовища, вивчення результатів геологічної діяльності людини на екосистемі. Об’єктом вивчення урбоєкології є міські біогеоценози. Подальшим перспективним напрямком використання систем екологічного моніторингу на основі геоінформаційних технологій є дослідження прогнозування різноманітних аспектів взаємодії суспільства та природи з інтеграцією отриманих результатів у системи підтримки прийняття рішень.

Список використаних джерел:

1. Берлянт А.М. Географические информационные системы в науках о Земле. *Соросовский образовательный журнал*. 1999. № 5. С. 66-73.
2. Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. Геоинформационные системы. М.: Златоуст, 2000. 222 с.
3. Затыгалова В.В., Иванов А.Ю. Мониторинг нефтяных загрязнений в море с помощью ГИС-технологии. Материалы 8-ой Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформатика в нефтегазовой и горной отраслях». 2007. URL: <http://gis.a.ru/35856.html>.
4. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат. 1979. 376 с.
5. Машков О.А., Аль-Тамими Р.К.Н., Ламі Д.Д.Х., Косенко В.Р. Науково-технічне супроводження аерокосмічних технологій для екологічного моніторингу та прогнозування стану природного середовища. Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології» (17–20 листопада 2015 р.). Київ: ДУТ. Том. III. 2015. С.27-29.

6. Мокін В.Б., Кульомін Д.Ю. Створення геоінформаційних систем водних та водогосподарських об'єктів з інтеграцією баз даних, електронних карт та програмних модулів з автоматизацією операцій обробки даних. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції 2013 року «Електронні інформаційні ресурси в освіті і науці: створення, використання, доступ». Вінниця: ВНТУ. 2013. С. 64-69.

7. Самойленко В.М., Корогода Н.П. Геоінформаційне моделювання екомережі. Київ: Ніка-Центр, 2006. 224 с.

8. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощеків А.Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях: учебное пособие для вузов по

экологическим специальностям. Москва: Академический проект, 2005. 352 с.

9. Філософ Р.С. Досвід інтеграції різнорідних даних в геоінформаційних еколого-природоохоронних проектах. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського*. Серія Географія. 2009. Т. 22 (61). №1. С. 142-147.

10. Bityukov N.A., Pestereva N.M., Shagarov L.M. GIS-based Environmental Monitoring of Mountain Forest Ecosystems in Protected Areas. *European Researcher*. 2012. Vol. 27. № 8-2. P. 1293-1297.

11. Kolečka J. Physical geography and crisis management – a topical challenge for applied geographic research. *Moravian geographical Reports*. 2007. Vol. 15. № 3. P. 11-24.

Надійшла до редколегії 22.09.2020

O.Fedchenko, PhD in Military Science, Associate Professor,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv
O.Storubliov PhD in Technocal Science, Associate Professor,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv
I.Kulynych, Associate Professor,
National University of Defence of Ukraine named by Ivan Chernyakhovskyi

ECOLOGICAL MONITORING ON THE BASIS ARCGIS GEOINFORMATION PLATFORM

Ever-changing parameters of the Earth's atmosphere and environment under the influence of anthropogenic load, the activity of industrial and military facilities demands the necessity for reliable assessment of the ecological condition and its forecasting in order to ensure environmental safety. This involves forecasting the further development of favorable situations or negative consequences and making adequate decisions based on the use of environmental monitoring using automated systems (decision support systems) for environmental monitoring. The main function of such systems is the complex automation of all processes related to the collection, accumulation and maintenance of various environmental registration information, in ensuring the possibility of its further processing on the basis of modern information technologies. regardless of the level of environmental monitoring, the interconnection of individual units is required: observation, information collection, assessment of the actual state of the object of observation, forecast of the future state and its assessment, management, regulation of environmental quality, for effective system operation. The use of environmental monitoring subsystems on a single geographic information basis in decision support systems will significantly reduce the time required to respond quickly to crises, which will increase the efficiency of decision-making to achieve the relevant goals and objectives. The information can be transmitted most quickly over the Internet, and the output interface should be convenient (ergonomic), not overloaded with unnecessary data and independent of the installation of specialized software.

The modern full-featured geographic information platform ArcGIS allows to build not only a geographical information system of any scale and purpose, but also to form on its basis an effective system of ecological monitoring.

Key words: geoinformation platform, ArcGIS, ecological monitoring, natural and anthropogenic, remote sensing, geospatial data, environment.