

УДК 551.46.581.19

СТРУКТУРА ТА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ГЕОГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Л. Муравський, В. Кошовий, Л. Мельничок, О. Альохіна, І. Курсіш

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
вул. Наукова, 5а, Львів, Україна
mls@ipm.lviv.ua*

Описано структуру географічної інформаційної системи (ГІС), орієнтованої на вирішення завдань екологічного моніторингу Шацького національного природного парку. Проаналізовано джерела одержання даних про стан екосистем на території парку. Розроблено інформаційні технології формування тематичних шарів ГІС та наповнення баз даних, що характеризують екологічний стан об'єктів моніторингу. Наведено способи відображення даних у ГІС та приклади її використання для розв'язування практичних задач.

Ключові слова: географічна інформаційна система, база даних, екологічний моніторинг.

Екологічний моніторинг є необхідним елементом системи підтримки екологічної безпеки, актуальність якої зростає у зв'язку з реалізацією концепції сталого розвитку. Перехід від екстенсивного до сталого розвитку суспільства передбачає, зокрема, науково обгрунтоване вирішення завдань збереження і відновлення природних екосистем, стабілізації та поліпшення якості навколишнього середовища, зниження викидів шкідливих речовин тощо [1]. Перелічений комплекс завдань потребує проведення спеціальних наукових досліджень, розроблення відповідних методик та інструментальних засобів.

Природними експериментальними полігонами для такого роду досліджень є заповідні території. Для території Шацького національного природного парку (НПП) характерна структурна складність екосистеми. Взаємозв'язки між озерними, лісовими, болотними підсистемами, сільськогосподарськими угіддями та рекреаційними зонами настільки складні, що застосування традиційних підходів до їхнього дослідження є малоефективним. Наявні дані спостережень та вимірювань розпорошені по різних організаціях, зберігаються у різних форматах, що ускладнює їхнє комплексне використання. Важливим джерелом інформації про стан екосистем є дані дистанційного зондування Землі [2], які мало

використовують з огляду на складність їхнього опрацювання. Ефективне вирішення перелічених завдань у сучасних умовах неможливе без застосування перспективних інформаційних технологій. Використання передових засобів автоматизованого збирання, опрацювання та подання інформації забезпечує якісно вищий рівень наукових досліджень завдяки можливості зіставлення різноманітної інформації та комплексного підходу до вивчення природних явищ. Інформаційне забезпечення наукових досліджень є визначальним чинником їхньої ефективності, актуальності результатів, узгодження зусиль різних наукових груп.

Наведені аргументи обґрунтовують необхідність створення єдиної бази даних екологічних параметрів середовища проживання як інструменту для розв'язування наукових, дослідницьких та управлінських задач. Геоінформаційну систему Шацького НПП (ГІС ШНПП) створюють з метою оперативного доступу до інформації про характеристики об'єктів цієї природоохоронної території та чинників, що впливають на її розвиток. Розроблена ГІС стане засобом інтеграції розрізненої інформації про природні об'єкти, яка групується в окремих тематичних шарах, ефективним знаряддям прогнозування екологічного стану Шацького НПП та інструментом управління природно-заповідними територіями.

Основні тематичні шари ГІС Шацького НПП формували з огляду на перелічені нижче завдання, для вирішення яких її розробляють:

- формування картографічних шарів за тематичними ознаками;
- інвентаризація природно-заповідних, територіальних та історико-культурних комплексів парку;
- створення та ведення баз даних екологічного моніторингу;
- опрацювання й аналіз даних моніторингу для оцінки екологічного стану території і розробки природоохоронних заходів;
- дослідження впливу кліматичних змін та антропогенних чинників для моделювання і прогнозування екологічних загроз.

Для розробки ГІС ШНПП обрано програмне забезпечення ArcGIS 9.2 компанії ESRI [3]. Уявлення про загальну структуру шарів ГІС ШНПП дає фрагмент екранної копії системи, показаний на рис. 1. В окрему групу ("Вихідні матеріали") виділені растрові зображення, які слугують джерелом інформації для побудови векторних цифрових картографічних шарів, що становлять основу ГІС.

Цифрові картографічні шари ГІС створюють на підставі кількох джерел, які містять взаємно доповнювальну інформацію (туристичні карти, наприклад, використовують для занесення назв географічних та інших об'єктів). Вихідними матеріалами в разі створення цифрової моделі території Шацького НПП були: топографічна карта станом на 1983 р. (М 1:100 000), туристична карта території Шацького НПП станом на 2008 р. (М 1:50 000), космічний знімок з супутника Quick Bird (20 серпня 2005 р.), а також космічний знімок з супутника SPOT 5 (7 травня 2008 р.). Для узгодження розташування об'єктів на місцевості за допомогою незалежного GPS-приймача виміряно положення характерних точок (перехрестя доріг, перетин дороги з меліоративним каналом, крутий поворот дороги або лісової просіки тощо), які легко розпізнати на растрових зображеннях (30 точок, розподілених на території Шацького НПП, позначені цифрами на рис. 1). Завдяки цьому середньоквадратична похибка прив'язки космозображень не перевищувала 8 м. Фрагменти вихідних растрових карт та деякі результати їхнього

дешифрування – межі ШНПП, державні кордони, мережа доріг з твердим покриттям та поділ території на функціональні зони за європейською класифікацією – зображені на рис. 1.

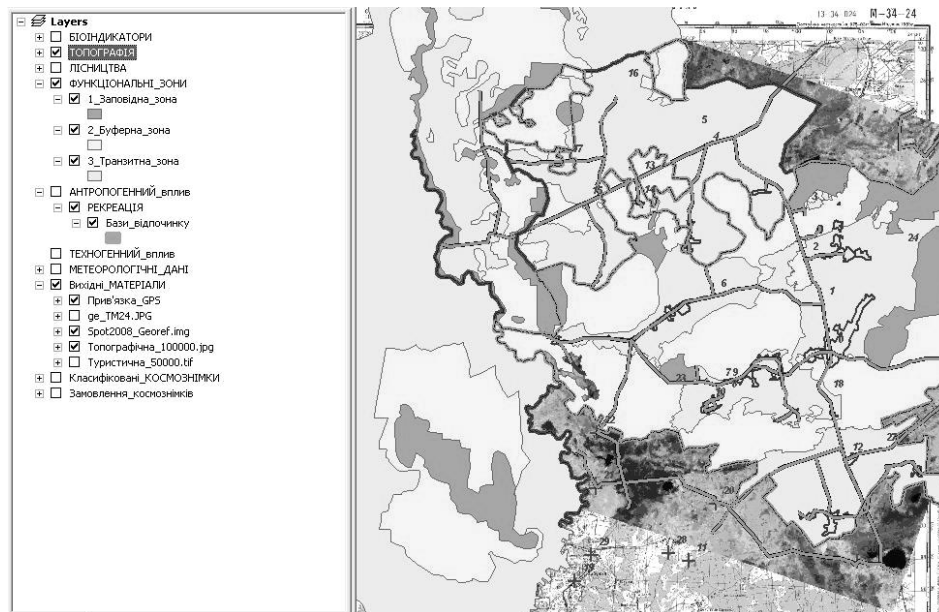


Рис. 1. Склад тематичних шарів ГІС (у лівому вікні), фрагменти вихідних растрових карт, точки прив'язки (прономеровані) та деякі результати їхнього дешифрування.

Основні векторні шари ГІС відображають топографічні особливості території Шацького НПП і подані в одній групі (рис. 2).

Об'єкти, які становлять основні векторні шари, наносили на цифрову топооснову шляхом дешифрування космоснімок за прямими ознаками (форма, розмір, тон і структура зображення об'єкта), використовуючи для уточнення опосередковані ознаки (взаємне розташування об'єктів) та картографічні дані.

Державний кордон визначали за топографічною картою М 1:100 000 та суміщенням з природними об'єктами (р. Західний Буг, меліоративні канали, лісові просіки). Межі Шацького НПП наносили за зображеннями на туристичній карті М 1:50 000 та коригували за розміщенням природних об'єктів (меліоративних каналів, лісових просіків, доріг, контурів лісу тощо).

Основні дороги (шосе, бруківка, поліпшені ґрунтові дороги) добре помітні на знімку завдяки чітко окресленому дорожньому полотну у вигляді вузької смуги однакової ширини переважно світлого тону з прямолінійними ділянками та геометрично правильними заокругленнями (поворотами). Ґрунтові та польові (лісові) дороги добре розпізнати за звивистим наїждженим слідом у вигляді ліній нерівномірної товщини, переважно світло-сірого тону з численними розгалуженнями.

Ріки та струмки на космоснімку мають вигляд звивистих смуг різної ширини однорідного, переважно темного тону. Меліоративні канали добре розпізнати на території, вільній від лісу. Це смуги однакової ширини, прямолінійної форми, з чіткими кутами повороту, переважно однорідного темного тону.

Зображення озер мають темний тон, гладку структуру. Водойми з брудною, каламутною водою, а також мілини мають світліший тон. Болота відображені темним тоном, часто з дрібно-зернистими плямами (чагарник, очерет), іноді волокнистої структури. Темніший тон відповідає більше зволуженим місцям.



Рис. 2. Топографічні шари ГІС Шацького НПП.

Лісові угіддя займають найбільшу площу у ШНПП, тому для лісництв у ГІС сформовано окремі шари. Ліси та чагарники розпізнати на космоснімках за характерною зернистою структурою зображення, що утворена сукупністю освітлених крон і темних проміжків між ними. Лісові просіки добре розпізнають завдяки контрасту між ними та освітленими кронами дерев. Вони мають вигляд однорідних за тоном та прямолінійних за формою смуг однакової товщини з чіткими кутами повороту. На космоснімку важко розрізнити зображення лісових просік та меліоративних каналів. Зробити це допомагає топографічна та туристична карти.

Латентні екологічні загрози задовго до появи явних ознак можна виявити біоіндикаторами. Тому вивчення їхньої поведінки важливе для передбачення розвитку екосистем. У ГІС біоіндикатори виділені в окрему групу (рис. 3). У шарах цієї групи відображена локалізація та чисельність популяції певного виду (сьогодні це дев'ять видів птахів). Передбачена можливість відображення динаміки зміни та трансформації цих популяцій.

В окремі групи виділені шари характеристик ґрунтів (тип, умови формування: температура, вологість, солоність, рівень ґрунтових вод), а також шар населених пунктів, необхідний для вивчення антропогенного впливу на екосистеми.

Створені цифрові шари об'єктів екологічного моніторингу дають змогу порівнювати і зіставляти дані про характеристики екологічного стану, отримані внаслідок вимірювань або спостережень. Ці дані заносять у відповідні поля атрибутивної таблиці, їх можна використовувати для автоматизованого опрацювання.



Рис. 3. Група шарів біологічних індикаторів.

За способом збирання та наповнення атрибутивних таблиць ГІС можна виділити такі джерела одержання даних:

- 1) пошук та впорядкування наявних даних (опубліковані дані, протоколи випробувань тощо);
- 2) накопичення даних під час виконання незалежних досліджень – у цьому разі важливо наперед узгодити формат подання даних (особливо для таких характеристик, опис яких недостатньо формалізований – біоіндикатори, показники рекреаційного навантаження тощо);
- 3) автоматизоване збирання даних з використанням серверних функцій; за такого способу накопичення та архівування інформації необхідно розробляти спеціальне програмне забезпечення для перетворення даних у формат, прийнятний для використання в ГІС.

Вибір формату подання даних є важливим у системах, що інтегрують різномірну інформацію з різних джерел [4]. У перших двох випадках доцільно використовувати прикладні програми загального призначення з пакета MS Office: Access для формування персональних баз даних та Excel для створення електронних таблиць. Дані цих форматів можна легко включити в атрибутивні таблиці відповідних шарів ГІС. Такий підхід використано для заповнення

атрибутивних таблиць лісових виділів. Первісні дані були подані у текстовому форматі, що потребувало розробки процедури перетворення їх у формат електронних таблиць Excel з подальшим його розпізнаванням у системі ArcGIS.

Операцію прив'язки даних із зовнішніх джерел до шару ГІС виконували наявними в системі засобами. Задавши в інтерактивному вікні необхідні для узгодження атрибутивних і зовнішніх таблиць параметри та підтвердивши виконання операції, одержували розширену таблицю атрибутивних даних. Завдяки цьому автоматизовано процес заповнення атрибутивних таблиць великого обсягу. Ще одна перевага подання даних у зовнішніх базах даних полягала у можливості оцінювання динаміки зміни різних характеристик об'єкта моніторингу та часового зіставлення цих характеристик. Наприклад, у різних таблицях бази даних можуть зберігатись дані таксаційних описів, проведених у різний час. Крім того, зовнішні бази даних можна використовувати незалежно від ГІС. Отже, сучасну ГІС можна інтерпретувати як інтерфейсну частину системи управління просторовими базами даних (рис. 4). Така інтерпретація мвідчить про додаткову зручність використання зовнішніх баз даних у геоінформаційній системі [5].

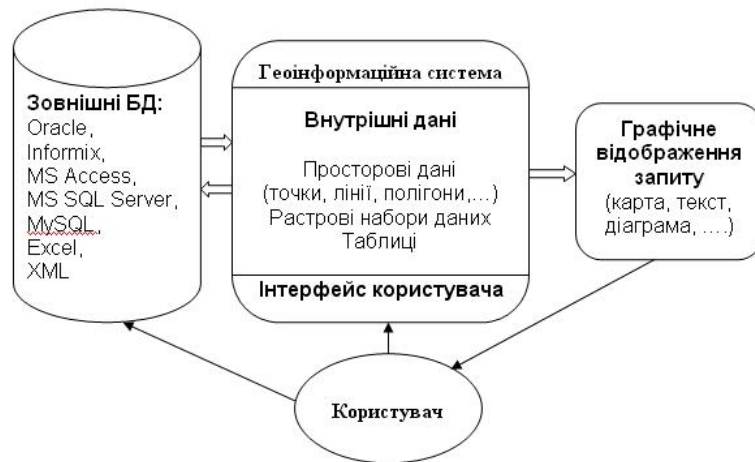


Рис. 4. Схема використання баз даних у геоінформаційній системі.

Найбільші обсяги неперервного відбору даних за достатньої надійності забезпечують технології автоматизованої реєстрації даних. Наприклад, супутниковий знімок Європи, який поновлюється щогодини, розміщений у мережі Internet за адресою <http://meteorprog.com.ua/sat/image2.jpg>. Зображення періодично одержують за програмою, яку запускає системна служба сервера cgi. За цими знімками відстежують динаміку переміщення повітряних мас, що необхідно, наприклад, для вивчення процесів перенесення забруднень, дослідження та прогнозування шляхів і періоду міграції птахів. У автоматичному режимі одержують також результати вимірювання характеристик стану ґрунту з пристроїв TDR (рис. 5), що є в складі транскордонної мережі моніторингу ґрунтових екосистем, змонтованої на території Шацького НПП та Поліського парку

народового (Польща). Дані у текстовому форматі передаються щогодини на визначений FTP-сервер за протоколом GPRS, використовуючи послуги оператора мобільного зв'язку. Надійність неперервної роботи приладу забезпечена наявністю внутрішньої пам'яті, яка дає змогу накопичувати та зберігати до однієї тисячі результатів вимірювання, якщо нема зв'язку з сервером. Ці дані будуть передані одним пакетом відразу після відновлення зв'язку. Економне енергоспоживання приладу допускає автономне його функціонування впродовж року. Для прикладу, результати вимірювання вологості та температури ґрунту на різних глибинах у першій декаді червня 2010 р., показано на рис. 6.

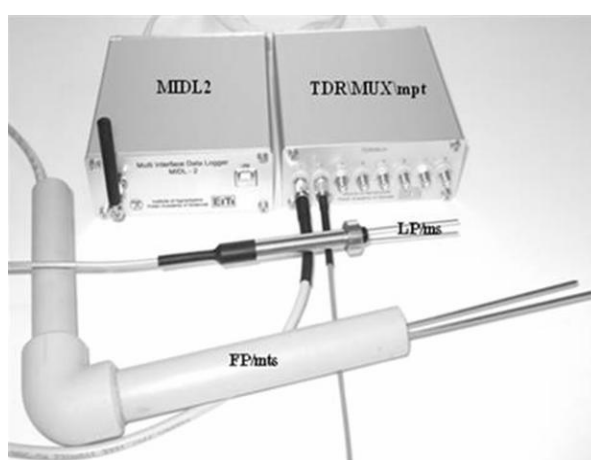


Рис. 5. Система TDR/MUX/mpt для вимірювання вологості, температури та електропровідності (солоності) ґрунту.

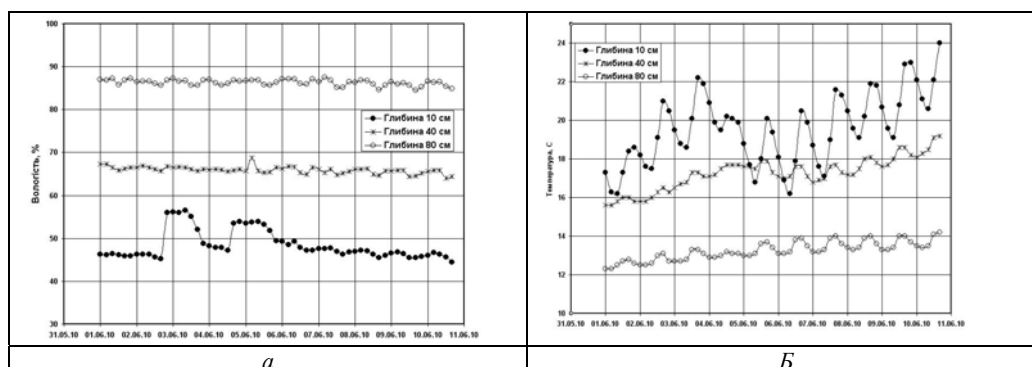


Рис. 6. Результати вимірювання вологості (а) та температури (б) ґрунту приладом TDR в автоматичному режимі.

Описана раніше технологія прив'язки даних із зовнішніх джерел до шару ГІС дає змогу використовувати розширену атрибутивну таблицю для формування необхідних запитів, результати яких відображаються на карті. Наприклад, виберемо

у Мельниківському лісництві Шацького НПП такі виділи, на яких основною породою є береза повисла (рис. 7). Така інформація необхідна під час проведення лісовпорядкувальних робіт (рубки догляду, ландшафтні рубки тощо). Засобами системи для числових характеристик вибраних виділів можна обчислити статистичні параметри (рис. 8). Отже, загальний запас берези повислої у лісництві – 171,88 тис. м³, а зосереджена вона у дрібних виділах.

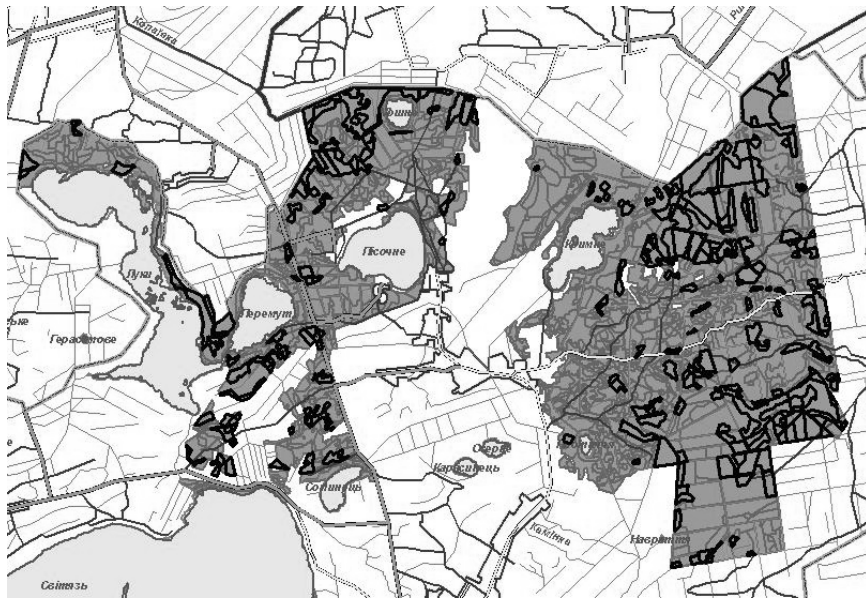


Рис. 7. Виділи лісництва (■), основною породою яких є береза повисла (□).



Рис. 8. Статистичні дані про запаси берези повислої у Мельниківському лісництві.

Наведені результати, отримані під час створення ГІС ШНПП, свідчать про наявність низки особливостей, характерних для екологічно-орієнтованих геоінформаційних систем моніторингу. Ці особливості, зазвичай, зумовлені

необхідністю відображення різномірних екологічних чинників, для кожного з яких існують специфічні методи реєстрації, відбору, класифікації та подання даних. Зокрема, топографічну основу треба створювати на підставі кількох джерел (топографічні й туристичні карти, космоснімки, плани земельних ділянок тощо), які містять взаємно доповнювальні дані про об'єкти екологічного моніторингу. Для узгодження розташування об'єктів на місцевості за допомогою незалежного GPS-приймача потрібно вимірювати положення характерних точок (перетин доріг, мости тощо), які легко розпізнати на растрових зображеннях. Наприклад, на території ШНПП виділяли 30 таких характерних точок. Такий підхід дає змогу найповніше відобразити особливості досліджуваної території, а також виявити неточності в наявних даних. Завдяки цьому, зокрема, виявлено помилки у картах таксаційного опису лісових угідь, визначено відхилення меж лісових виділів від природних меж та зміни розмірів виділів, зумовлені господарською діяльністю.

Важливим джерелом інформації про стан екосистем є дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Результат класифікації космоснімка території парку з супутника SPOT (травень 2008 р.) за допомогою програми ENVI (24 класи) використано для уточнення геометричних параметрів низки об'єктів екологічного моніторингу. Наприклад, для коректної інтерпретації даних дистанційного зондування і прив'язки їх до даних наземних досліджень на території парку визначено й описано 117 завіркових ділянок. Крім того, за класифікованими космоснімками визначено межі заростання і навіть повного зникнення окремих малих озер.

Важливою ланкою створюваної ГІС ШНПП є цифрові карти лісових виділів, доповнені атрибутивними даними з таксаційними описами кварталів і виділів. Структурування описових даних та прив'язка їх до об'єктів ГІС дає змогу вирішувати низку практичних господарських та екологічних завдань.

1. *Донелла Медоуз, Йорген Рандерс, Деннис Медоуз.* Пределы роста / Пер. с англ. М.: ИКЦ Академкнига, 2007. 342с.
2. *Муравский Л.И., Олейник О.Т., Алёхина О.В. и др.* Использование данных дистанционного зондирования Земли для формирования географической информационной системы биосферного резервата «Шацкий» // Уч. зап. Таврич. ун-та. 2008. Т. 21(60). № 1. С. 87–96.
3. *Світличний О.О., Плотницький С.В.* Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. ред. О.О. Світличного: 2-ге вид., випр. і доп. Суми: ВТД Університетська книга, 2008. 294 с.
4. *Філозоф Р.С.* Досвід інтеграції різномірних даних в геоінформаційних еколого-природоохоронних проектах // Вчені зап. Таврійс. ун-ту. Серія Географія. 2009. Т. 22 (61). №1. С. 142–147.
5. *Шаши Шехар, Санджей Чаула.* Основы пространственных баз данных / Пер. с англ. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. 336 с.

STRUCTURE AND TECHNOLOGY OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR ECOLOGICAL MONITORING CREATION**L. Muravsky, V. Koshovy, L. Melnychok, O. Alokchina, I. Kursish**

*G.V. Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS of Ukraine
5a Naukova St., Lviv, Ukraine
mls@ipm.lviv.ua*

We suggest the structure of Geographic Information System aimed at solving ecological monitoring tasks within the Shatsk National Natural Park. The sources for receiving the data describing the state of the Park's ecosystems have been analyzed. Information technologies for forming the databases and filling them with information about the ecological state of the objects under monitoring are developed. The modes of data representation within the Geographic Information System are presented together with some examples of their use for solving different practical tasks.

Key words: Geographic Information System, database, ecological monitoring.

СТРУКТУРА И ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**Л. Муравский, В. Кошевой, Л. Мельничок, О. Алёхина, И. Куршиш**

*Физико-механический институт им. Г.В. Карпенко НАН Украины
ул. Научная, 5а, Львов, Украина
mls@ipm.lviv.ua*

Описана структура географической информационной системы (ГИС), ориентированной на решение задач экологического мониторинга Шацкого национального природного парка. Проанализированы источники получения данных о состоянии экосистем на территории парка. Разработаны информационные технологии формирования тематических слоев ГИС и наполнения баз данных, характеризующих экологическое состояние объектов мониторинга. Приведены способы отображения данных в ГИС и примеры её использования для решения практических задач.

Ключевые слова: географическая информационная система, база данных, экологический мониторинг.

Стаття надійшла до редколегії 25.03.2010

Прийнята до друку 26.05.2010