

УДК 551.46.581.19

## ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ГЕОГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

*Муравський Л.І., Кошовий В.В., Мельничок Л.С., Альохіна О.В., Курсіш І.Й.*

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів, Україна  
E-mail: mls@ipm.lviv.ua*

Запропоновано 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 баз даних у ГІС та приклади її використання для розв'язування практичних задач.

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

### ВСТУП

Важливою складовою концепції сталого розвитку є екологічна безпека. Вона передбачає науково обгрунтоване вирішення завдань збереження і відновлення природних екосистем, стабілізації та поліпшення якості навколишнього середовища, зниження викидів шкідливих речовин тощо [1].

Заповідні території є природними експериментальними полігонами для проведення такого роду досліджень. Територія Шацького національного природного парку (НПП) характеризується структурною складністю екосистеми. Взаємозв'язки між озерними, лісовими, болотними підсистемами, сільськогосподарськими угіддями та рекреаційними зонами є настільки складними, що застосування традиційних підходів є малоефективним. Наявні дані досліджень розпорошені по різних організаціях, зберігаються у різних форматах, що ускладнює їх комплексне використання. Важливим джерелом інформації про стан екосистем є дані дистанційного зондування Землі [2], які мало використовуються через складність їх опрацювання. У сучасних умовах ефективного вирішення перелічених завдань неможливе без застосування інформаційних технологій. Використання передових засобів автоматизованого збору, обробки та представлення інформації забезпечує якісно вищий рівень наукових досліджень внаслідок можливості співставлення різноманітної інформації та комплексного підходу до вивчення природних явищ. Інформаційне забезпечення наукових досліджень є визначальним чинником їх ефективності, актуальності результатів, узгодження зусиль різних наукових груп.

Наведені аргументи обгрунтовують необхідність створення єдиної бази даних екологічних параметрів середовища проживання, як інструменту для розв'язку наукових, дослідницьких та управлінських задач. Геоінформаційна система Шацького НПП (ГІС ШНПП) створюється 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 у окремих тематичних шарах, ефективним знаряддям прогнозування екологічного стану Шацького НПП та інструментом управління природно-заповідними територіями.

## 1. СТРУКТУРА ШАРІВ ГІС ШНПП

Основні тематичні шари ГІС Шацького НПП формувались виходячи із наступних завдань для яких вона розробляється:

- формування картографічних шарів за тематичними ознаками;
- інвентаризація природно-заповідних, територіальних та історико-культурних комплексів парку;
- створення та ведення баз даних екологічного моніторингу;
- обробка і аналіз даних моніторингу з метою оцінки екологічного стану території і розробки природоохоронних заходів;
- моделювання і прогнозування екологічних ситуацій.

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, наведений на рис. 1. У окрему групу («Вихідні матеріали») виділені растрові зображення, які служать джерелом інформації для побудови векторних цифрових картографічних шарів, що складають основу ГІС.

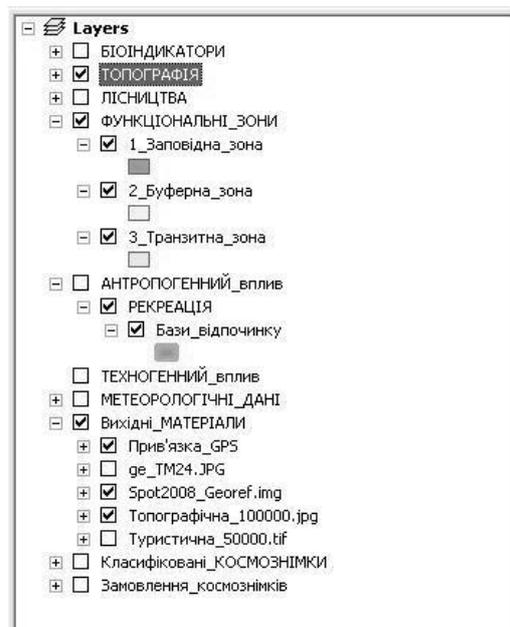


Рис. 1. Загальна структура шарів ГІС ШНПП.

Цифрові картографічні шари ГІС створюються на основі кількох джерел, які містять взаємно доповнюючу інформацію (туристичні карти, наприклад, використовують для занесення назв географічних та інших об'єктів). Вихідними матеріалами при створенні цифрової моделі території Шацького НПП були: топографічна карта станом на 1983 рік (М 1:100000), туристична карта території Шацького НПП станом на 2008 рік (М 1:50000), космічний знімок з супутника Quick Bird (20 серпня 2005 року), а також космічний знімок з супутника SPOT 5 (7 травня 2008 року). Для узгодження розташування об'єктів на місцевості за допомогою незалежного GPS-приймача проведено вимірювання положення характерних точок (перехрестя доріг, перетин дороги з меліоративним каналом, крутий поворот дороги або лісової просіки тощо), які легко розпізнаються на растрових зображеннях (30 точок, розподілених на території Шацького НПП, позначені цифрами на рис. 2). Завдяки цьому середньоквадратична похибка прив'язки космозображень не перевищувала 8 м. Фрагменти вихідних растрових карт та деякі результати їх дешифрування – границі ШНПП, державні кордони, мережа доріг з твердим покриттям та поділ території на функціональні зони за європейською класифікацією – наведені на рис. 2.

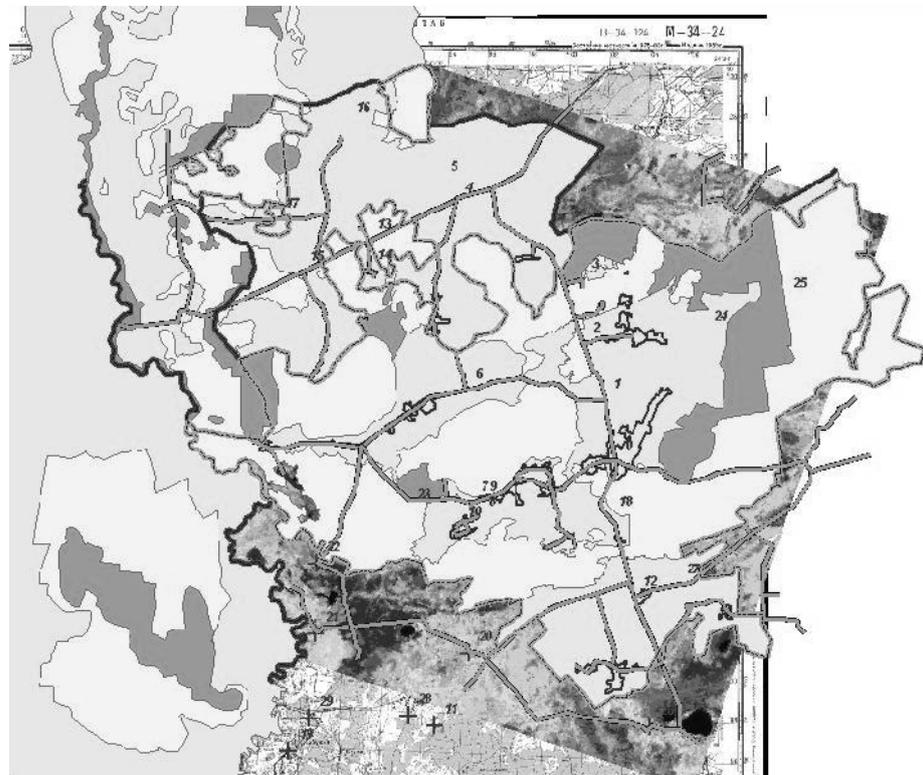


Рис. 2. Фрагменти вихідних растрових карт, точки прив'язки (пронумеровані) та результати дешифрування (умовні позначення на рис. 1 та 3).

Основні векторні шари ГІС відображають топографічні особливості території Шацького НПП і подані в одній групі (рис. 3).

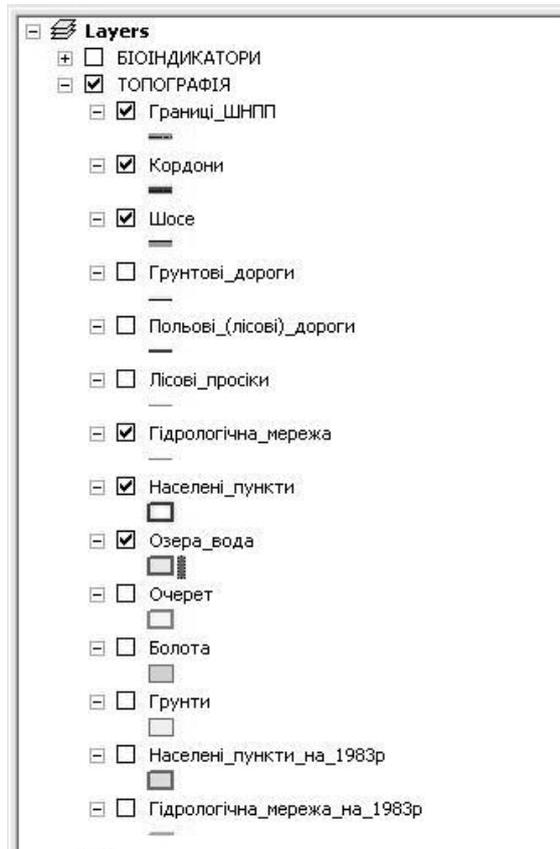


Рис. 3. Склад топографічних шарів ШНПП.

Об'єкти, які складають основні векторні шари, наносили на цифрову топооснову методом дешифрування космознімків за дешифрувальними ознаками. Об'єкти на космознімку виділяли в основному за прямими ознаками (форма, розмір, тон та структура зображення об'єкта), зрідка використовували опосередковані ознаки (взаємне розташування об'єктів).

Границі Шацького НПП були нанесені шляхом векторизації їх зображень на туристичній карті М 1:50000 та суміщення з природними об'єктами і контурами (меліоративними каналами, лісовими просіками, дорогами різних класів, контурами лісу). Державний кордон визначався на топографічній карті М 1:100000 та суміщенням з природними об'єктами (р. Західний Буг, меліоративні канали, лісові просіки).

Шосе, а також покращені 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). Грунтові та польові (лісові) дороги добре розпізнаються по звивистому найждженому сліду у вигляді ліній нерівномірної товщини, переважно світло-сірого тону з численними розгалуженнями (розвилками).

Ріки та струмки на космознімку мають вигляд звивистих смуг різної ширини однорідного, переважно темного тону. Меліоративні канали добре розпізнаються на території, вільній від лісу. Це смуги рівної 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 більш світлий тон. Болота відображаються темним тоном, часто з дрібно-зернистими плямами (чагарник, очерет), іноді волокнистої структури. Більш темний тон відповідає більш зволоженим місцям.

Ліси та чагарники розпізнаються на космознімках за характерною зернистою структурою зображення, яка утворена сукупністю освітлених крон та темних проміжків між ними. Лісові просіки добре розпізнаються завдяки контрасту між ними та освітленими кронами дерев. Вони мають вигляд однорідних за тоном та прямолінійних за формою смуг рівної товщини з чіткими кутами повороту. На космознімку важко розрізнити зображення лісових просік та меліоративних каналів. Зробити це допомагає топографічна та туристична карти. Ліс займає найбільшу площу у ШНПП, тому для лісництва у ГІС сформовано окремі шари.

Важливими екологічними чинниками є характеристики ґрунту - температура, вологість, соленість, рівень ґрунтових вод, які відображаються на окремому шарі.

На території населених пунктів розрізняються окремі будинки (світлий тон, прямокутна форма). Добре помітні квартали забудови та вулиці. Цей шар необхідний для вивчення антропогенного впливу на екосистеми.

Латентні екологічні загрози задовго до появи явних ознак можуть бути виявлені біоіндикаторами. Тому вивчення їх поведінки важливе для передбачення розвитку екосистем. У ГІС біоіндикатори виділені в окрему групу (рис. 4). У шарах цієї групи відображається локалізація та чисельність популяції певного виду (на даний час це 9 видів птахів). Передбачена можливість відображення динаміки зміни та трансформації цих популяцій.

## 2. ТЕХНОЛОГІЇ ЗБОРУ ДАНИХ

Створені цифрові шари об'єктів екологічного моніторингу дозволяють порівнювати і співставляти дані про характеристики екологічного стану, отримані в результаті вимірювань або спостережень. Ці дані заносяться у відповідні поля атрибутивної таблиці і можуть використовуватись для автоматизованого опрацювання.

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

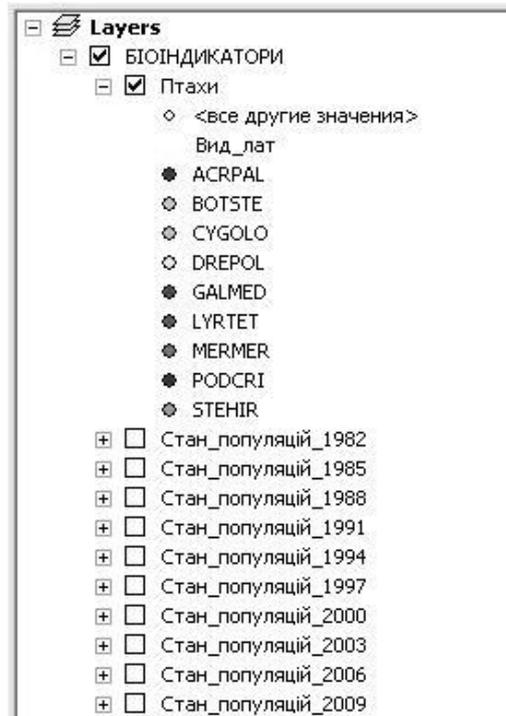


Рис. 4. Група шарів біологічних індикаторів.

1) пошук та впорядкування наявних даних (опубліковані дані, протоколи випробувань тощо);

2) накопичення даних при виконанні незалежних досліджень – у цьому разі важливо наперед узгодити формат подання даних (особливо для таких характеристик, опис яких недостатньо формалізований – біоіндикатори, показники рекреаційного навантаження, і т.д.).

3) автоматизований збір даних з використанням серверних функцій; при такому способі 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 пакету 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 було використано для заповнення атрибутивних таблиць лісових виділів. Первісні дані були подані у текстовому

форматі, що вимагало розробки процедури перетворення їх у формат електронних таблиць Excel з подальшим його розпізнаванням у системі ArcGIS.

Операція прив'язки даних із зовнішніх джерел до шару ГІС виконувалась наявними в системі засобами. Вказавши у інтерактивному вікні необхідні для узгодження атрибутивних та зовнішніх таблиць параметри і підтвердивши виконання операції, одержували розширену таблицю атрибутивних даних. Завдяки цьому було 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 співставлення цих характеристик. Наприклад, у різних таблицях бази даних можуть зберігатись дані таксаційних описів проведених у різний час. Крім цього, зовнішні бази даних можна використовувати незалежно від ГІС.

Найбільші обсяги неперервного відбору даних за достатньої надійності забезпечують технології автоматизованої реєстрації даних. Так, 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 **cron** (рис. 5). За цими знімками відслідковують динаміку переміщення повітряних мас, що необхідно, наприклад, для вивчення процесів перенесення забруднень, дослідження та прогнозування шляхів та періоду міграції птахів. У автоматичному режимі одержують також результати вимірювання характеристик стану ґрунту з пристроїв TDR, що входять до складу транскордонної мережі моніторингу ґрунтових екосистем, змонтованої на території Шацького НПП та Поліського парку народowego (Польща). Дані у текстовому форматі передаються щогодини на визначений FTP-сервер за протоколом GPRS, використовуючи послуги оператора мобільного зв'язку.

### 3. ВИКОРИСТАННЯ ГІС ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАВДАНЬ

Описана раніше технологія прив'язки даних із зовнішніх джерел до шару ГІС дозволяє використовувати розширену атрибутивну таблицю для формування необхідних запитів, результати яких відображаються на карті. Для прикладу виділимо у Мельниківському лісництві Шацького НПП такі виділи, на яких основною породою є береза повисла (рис. 6). Ця інформація необхідна під час проведення лісовпорядкувальних робіт (рубки догляду, ландшафтні рубки тощо). Важливою також є інформація щодо оцінки наявності сухостою різних порід. На рис. 7 наведений результат запиту, який відображає виділи з сухостоєм берези повислої.

Проведення лісовпорядкувальних робіт передбачає дослідження впливу пошкоджень деревостану на виникнення сухостою. На рис. 8 показані виділи з сухостоєм берези повислої, ураженим березовою губкою. Березова губка викликає

жовто-буру тріщинувату гниль стовбурів берези. Спочатку загнивають периферійні шари деревини, потім даний процес розповсюджується всередині стовбура. Руйнування деревини протікає досить інтенсивно, що стає причиною великих втрат ділової деревини. Цей гриб може розвиватися тільки на березі. Співставлення наведених зображень показує, що ураження березовою губкою є наслідком, а не причиною сухоостою, який більш поширений у низинних, а значить вологих виділах.

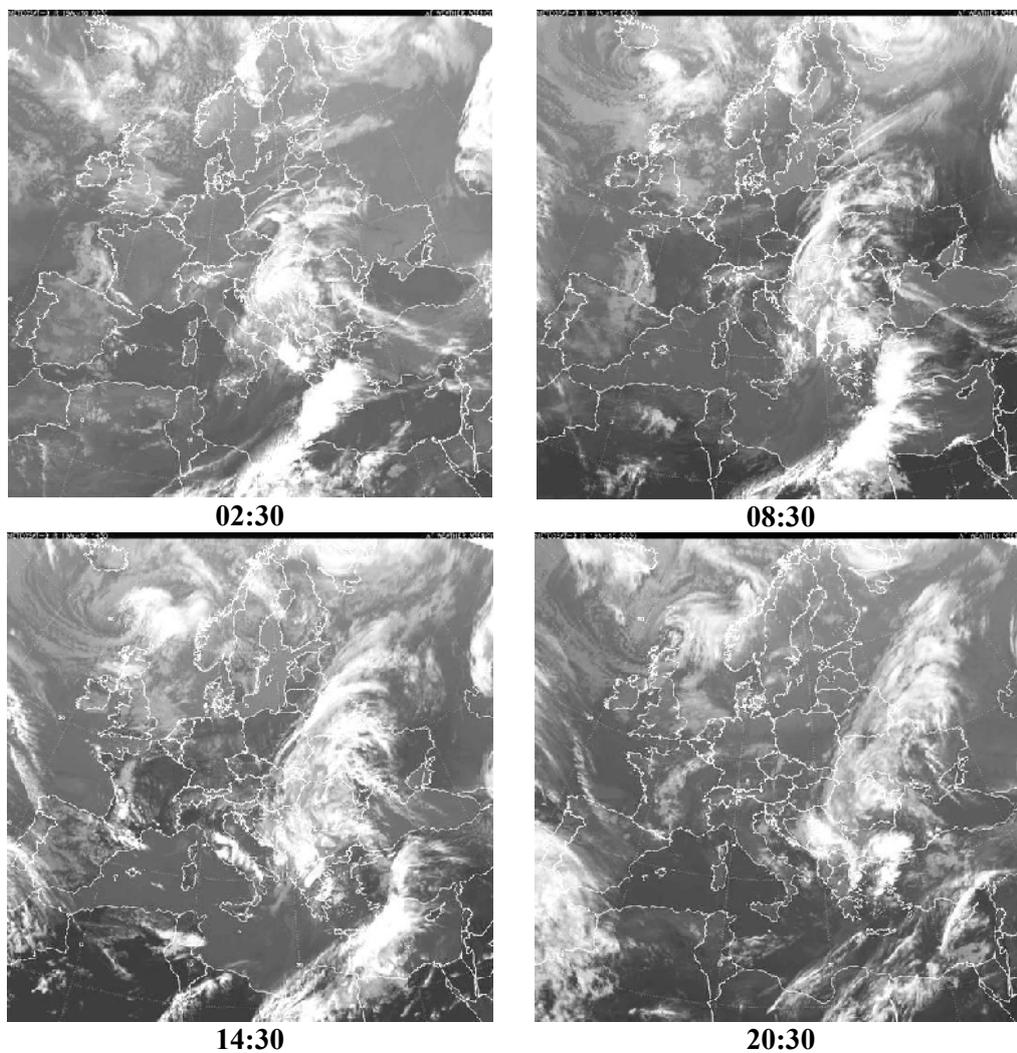


Рис. 5. Переміщення повітряних мас на протязі доби 19.04.2010 (під рисунками вказано час фотографування).

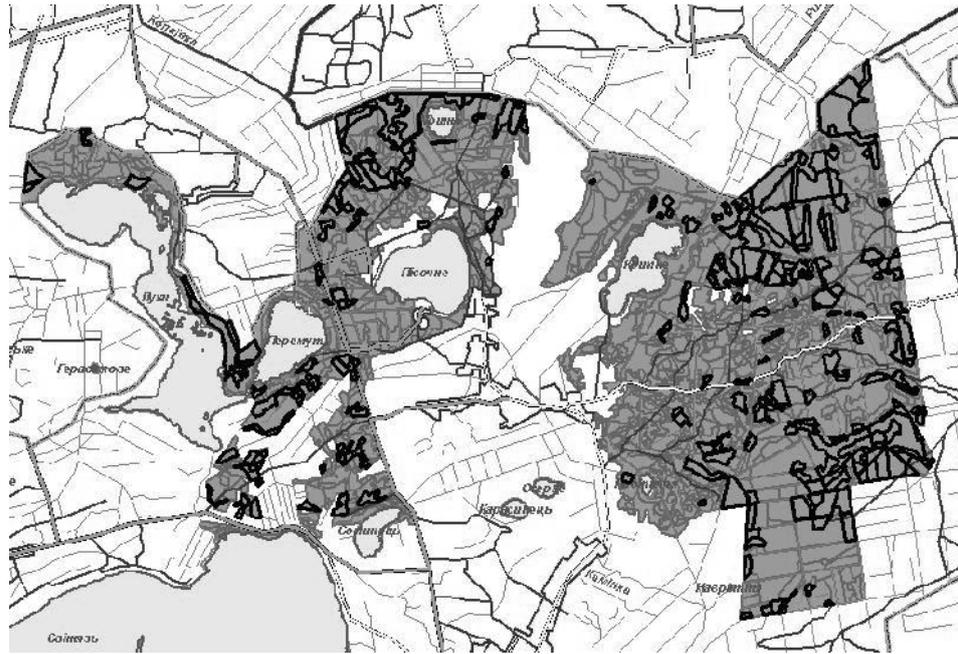


Рис. 6. Виділи лісництва (■), основною породою яких є береза повисла (□).

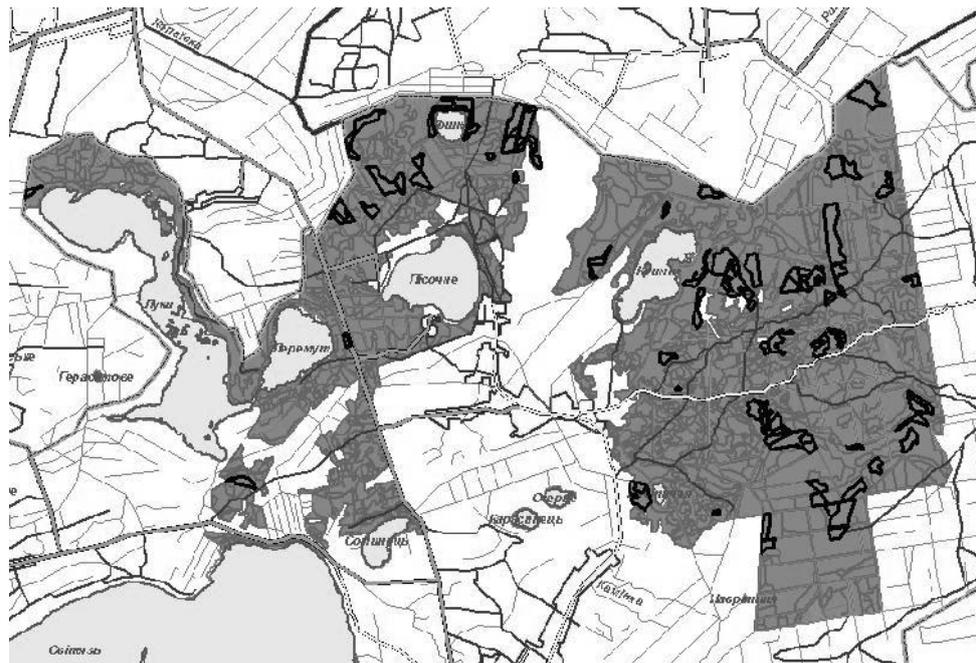


Рис. 7. Виділи лісництва (■) з сухостоєм берези повислої (□).



моніторингу. Так, для коректної інтерпретації даних дистанційного зондування і прив'язки їх до даних наземних досліджень, на території парку визначено і описано 117 завіркових ділянок. Крім того, за класифікованими космоснімками встановлено 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 дозволяє розв'язувати ряд практичних господарських та екологічних задач. Наприклад, аналіз поширення пошкоджень у виділах заліснених березою повислою показує, що ураження березовою губкою є наслідком, а не причиною сухоостою, який більш поширений у низинних, тобто у вологих виділах.

#### Список літератури

1. Донелла Медуз Пределы роста / Донелла Медоуз, Йорген Рандерс, Деннис Медоуз.; пер. с англ. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 342с.
2. Использование данных дистанционного зондирования Земли для формирования географической информационной системы биосферного резервата «Шацкий» / Л.И. Муравский, О.Т. Олийник, О.В. Алёхина [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2008. – т. 21(60), № 1. – С. 87-96.
3. Світличний О.О. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / О.О. Світличний, С.В. Злотницький ; 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 різнорідних даних в геоінформаційних еколого-природоохоронних проєктах / Р.С. Філозоф // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія “Географія”. – 2009. – Т. 22 (61). – №1 – С. 142-147.

**Муравский Л.И. Особенности создания географической информационной системы для экологического мониторинга / Муравский Л.И., Кошевой В.В., Мельничок Л.С., Алёхина О.В., Куршиш И.И. // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2010. – Т. 23 (62). – № 2 – С. 190-200.**

Предложена 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 шаров ГИС и наполнения баз данных характеризующих экологическое состояние объектов мониторинга. Приведены способы отображения баз данных в ГИС и примеры её использования для решения практических задач.

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

**Muravsky L.I. Features of geographic information system creation for ecological monitoring / Muravsky L.I., Koshovy V.V., Melnychok L.S., Alokhina O.V., Kursish I.Y. // Scientific Notes of Taurida National V. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2010. – Vol. 23 (62). – № 2 – P. 190-200.**

The structure of the geographic information system is proposed, oriented on ecological monitoring tasks solving within the Shatsk National Natural Park. Sources of data receiving about ecosystems state in the Park territory were analyzed. Information technologies of databases formation and filling with information about monitoring objects ecological state are developed. Modes of databases representation within the geoinformation system as well as examples of their usage for practical tasks solving are presented.

**Keywords:** geographic information system, database, ecological monitoring.

*Поступила в редакцію 26.04.2010 г.*