

УДК 528.94+504.064.3:574

к.т.н. Лазоренко-Гевель Н.Ю.,

Київський національний університет будівництва і архітектури

## СТВОРЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНИХ КОМПЛЕКСІВ

*Обґрунтовано актуальність підвищення рівня застосування геоінформаційних методів і технологій для планування та управління системою моніторингу природних комплексів. Розроблено геоінформаційні моделі даних моніторингу природних комплексів на основі міжнародного комплексу стандартів серії ISO 19100 "Географічна інформація / Геоматика", які забезпечують подальший геоінформаційний аналіз просторового розподілу об'єктів мережі моніторингу окремих компонентів природних комплексів і геостатистичний аналіз результатів спостережень за ними.*

**Ключові слова:** геоінформаційні моделі даних, базовий набір даних, банк геопросторових даних, каталог об'єктів і атрибутів.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Зростання техногенного навантаження на навколишнє природне середовище зумовлює необхідність підвищення рівня екологічної безпеки на основі формування постійно діючої системи спостереження за природними комплексами, яка є невід'ємною складовою державної системи моніторингу навколишнього природного середовища. Зазначені вище системи моніторингу тісно пов'язані з веденням державного земельного кадастру, з розробленням містобудівної та землепорядної документації, встановленням обмежень на використання земельних ділянок, проведенням грошової оцінки земель.

Важливість та значимість забезпечення спостережень за навколишнім середовищем, зокрема за природними комплексами, обумовили створення та реалізацію таких глобальних міжнародних програм як: COoRdination of INformation on the Environment (CORINE), Global Monitoring for Environment and Security (GMES) та Global Earth Observation System of Systems (GEOSS), участь в яких Україна не бере.

Сучасний стан моніторингу природних комплексів в Україні характеризується наявністю окремих відомчих систем, їх роздрібненістю та дублюванням, відсутністю єдиної методології збирання, оброблення, накопичення і передавання моніторингової інформації внаслідок неузгодженості їх функціонування. Це призводить до суттєвих просторово-часових розбіжностей, суб'єктивної оцінки стану довкілля, яка спричиняє в

подальшому прийнятті невідповідних рішень по усуненню або послабленню виявлених негативних змін у компонентах природних комплексів.

Таким чином, *актуальність теми* обумовлена необхідністю підвищення ефективності функціонування постійно діючої системи моніторингу природних комплексів в умовах збільшення техногенного навантаження на навколишнє природне середовище на основі використання геоінформаційних систем для комплексного управління територіями.

**Аналіз останніх досліджень.** Представлена публікація є узагальненням циклу робіт автора, які присвячені проблемам ведення геоінформаційного моніторингу природних комплексів в Україні. Основою для написання статті стали праці [3-6] та науково-дослідні роботи в сфері створення баз цифрових картографічних даних, розроблення геоінформаційних систем для ведення моніторингу природних комплексів [1, 2]. Роботи виконано в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії (НДІГК).

**Виклад основного матеріалу.** Створення геоінформаційних систем для вирішення будь-яких прикладних завдань вимагає проектування бази геопросторових даних (БГД) цільових об'єктів. Зважаючи на світові тенденції розвитку моніторингових систем природних комплексів [3] державна система ведення моніторингу навколишнього природного середовища України [4] потребує підвищення ефективності функціонування для комплексного управління сталим розвитком територій засобами геоінформаційних технологій. Тому одним із першочергових завдань є створення актуалізованої бази геопросторових даних моніторингу природних комплексів для регіонального рівня. Дослідження виконано на прикладі Київської області.

Завдання застосування геоінформаційної системи моніторингу природних комплексів можна класифікувати за критерієм основного функціонального призначення так: збирання первинних даних про об'єкти природних комплексів, про забруднення на об'єктах мереж спостережень або власне з мереж спостережень відповідно до характеристик цього об'єкту, просторове інтегрування та узагальнення інформації, оброблення та приведення даних до єдиних форматів, накопичення моніторингових даних, створення і ведення банку геопросторових даних, моніторинг, аналіз, моделювання, прогнозування, формування і виведення звітів геозображень та системи прийняття рішень (рис. 1, рис. 2).

Реалізація та взаємодія усіх задач ґрунтується на створенні інтегрованого банку геопросторових даних ГІС моніторингу природних комплексів. Банк геопросторових даних містить такі складові: цифрова модель єдиної топографічної основи; цифрова модель гідрографічної мережі; цифрова модель рельєфу; цифрові ортофотокарти та ортофотоплани; цифрова модель

гідрографічної мережі; цифрова модель населених пунктів; цифрова модель рослинного покриву і ґрунтів; цифрова модель інженерних комунікацій і споруд; база даних на об'єкти мережі спостережень; база даних результатів спеціальних зйомок та спостережень; база даних джерел забруднення та інших навантажень; база даних результатів ДЗЗ: цифрові ортофотоплани та ортофотокарти; база даних природних комплексів; база даних суб'єктів забруднення.

ГІС моніторингу природних комплексів включає такі функції як: забезпечення функціонування єдиної підсистеми збирання та накопичення даних на об'єктах мереж спостереження; забезпечення функціонування підсистеми обробки даних; ведення інтегрованого банку геопросторових даних; робота з цифровими картографічними матеріалами; аналіз, моделювання та прогнозування стану природних комплексів засобами ГІС; формування запитів до баз даних, звітів, тематичних карт.

Інтегрування інформації спостереження природних комплексів різних суб'єктів моніторингової діяльності ґрунтується на використанні єдиної для всіх моделей системи координат та єдиного базового набору геопросторових даних (БНГД). Процеси інтегрування реалізуються за допомогою каталогів і баз метаданих ("дані про дані"), які супроводжують кожен топографічний і екологічний об'єкт, що вноситься в БНГД. Останні мають обов'язкову ідентифікацію, тобто кожному об'єкту присвоюється унікальний ідентифікаційний код (ID) та найменування. Каталоги та бази метаданих – це своєрідні сховища наборів спеціальних даних, в яких міститься опис відомостей про структуру та властивості об'єктів БНГД, системи координат та картографічні проекції, точність просторового положення, час створення тощо.

Склад і структура метаданих в інфраструктурі геопросторових даних для різних рівнів визначається відповідно до міжнародного стандарту ISO 19115 "Географічна інформація. Метадані"; правила кодування та подання цих метаданих з використанням XML встановлюють Технічні вимоги ISO 19139.

В структурі бази геопросторових даних моніторингу природних комплексів можна виділити такі складові: каталоги об'єктів та атрибутів природних комплексів і мереж спостереження, базу нормативних даних, базовий набір даних, реєстри цільових об'єктів: природні комплекси та об'єкти природної охорони, об'єкти мереж спостереження за станом об'єктів природних комплексів (рис. 3).

Базу нормативних даних складають закони України та постанови Кабінету Міністрів України в галузі моніторингу довкілля та міжнародні стандарти серії ISO 19100 "Географічна інформація/Геоматика".

Базовий набір даних включає в себе базу цифрових картографічних даних (БЦКД) на території областей М 1:100 000 і БЦКД на території міст М 1:10 000, базу ортофотокарт та ортофотопланів, базу мультиспектральних зображень дистанційного зондування Землі.

У відповідності до міжнародного стандарту ISO 19110:2005 “Географічна інформація – Методологія для каталогізації об’єктів” було розроблено каталог об’єктів і атрибутів природних комплексів та мереж спостережень, який включає наступні групи типів об’єктів: об’єкти мереж спостереження, об’єкти природних комплексів та об’єкти природної охорони, забруднюючі речовини природних комплексів та об’єктів природної охорони.

В каталозі об’єктів природних комплексів і мереж спостережень класифікуються групи та типи цільових об’єктів, атрибути об’єктів, їх домени, а також асоціації об’єктів відповідно до загальної принципової схеми каталогу ISO 19110:2005, приклад якої подано нижче у вигляді UML – діаграми (рис. 4).

Для структуризації каталогу типи об’єктів розподілено на 3 класифікаційних групи. Кожна група характеризується кодом, що відповідає її порядковому номеру в табл. 1.

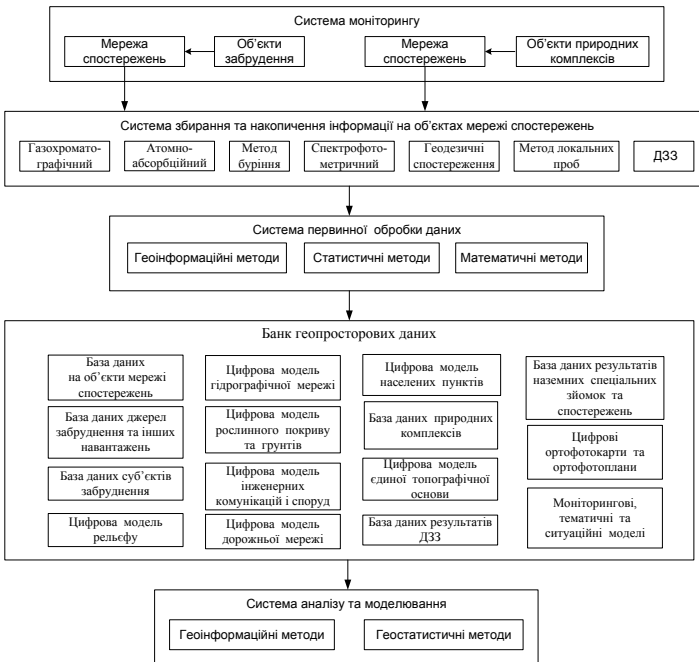


Рис. 1. Концептуальна структурна модель ГІС моніторингу природних комплексів

Коду групи поставлено у відповідність розділ в Додатку Б дисертації, а окремим типам об'єктів – відповідні підрозділи. Код групи та номер типу об'єктів в групі застосовано для утворення кодів асоціацій і кодів атрибутів. Це забезпечує унікальність цих кодів в межах усього каталогу.



Рис. 2. Концептуальна функціональна модель ГІС моніторингу природних комплексів

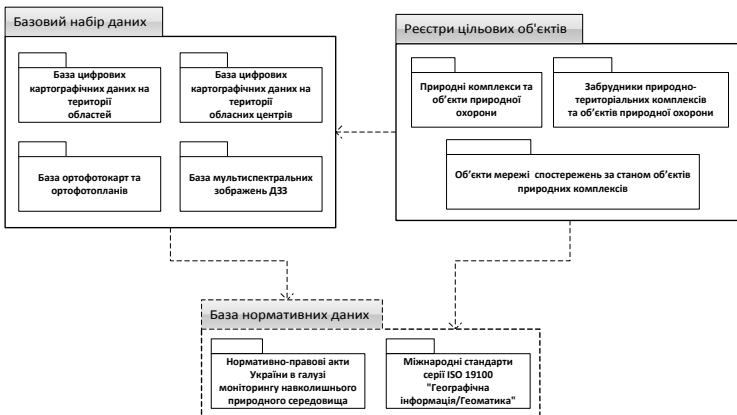


Рис. 3. UML – діаграма пакетів структури бази геопросторових даних моніторингу природних комплексів

В основу побудови Класифікатора покладено ієрархічний метод класифікації інформації. Вся інформація на вищому ступені ієрархії розділена на три класи. Розвиток кожного класу в глибину і ширину неоднаковий і залежить від ступеня взаємозв'язку об'єктів і вибраних ознак класифікації.

Для кожного типу в каталозі описуються асоціації об'єктів, реєстрація яких в базі геопросторових даних визначається як “обов'язкова”. Кожна асоціація має унікальний код, що утворюється як об'єднання номера типу об'єкта, відношення якого описується, та номера типу зв'язку.

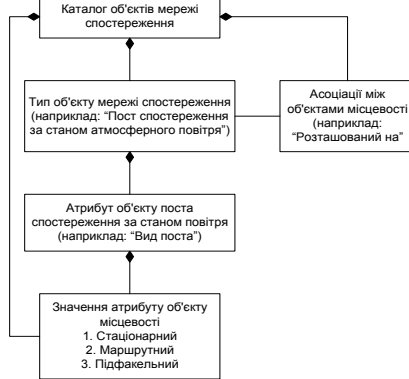


Рис. 4. UML–діаграма загальної принципової схеми каталогу об'єктів мережі спостереження

Таблиця 1

#### Перелік класифікаційних груп типів об'єктів каталогу

Код атрибуту	Назва групи
01	Об'єкти мереж спостереження
02	Об'єкти природних комплексів та об'єкти природної охорони
03	Забруднюючі речовини природних комплексів та об'єктів природної охорони

При побудові інформаційно-логічної моделі бази даних моніторингу природних комплексів (рис. 5.) цільовими об'єктами є: об'єкти природних комплексів, які відрізняються групами і типами та мають відповідну геометрію; суб'єкти контролю, до яких належать органи державної влади. Останні, відповідно до своєї компетенції, створюють спеціальні місця спостереження за станом природних комплексів на яких здійснюють первинний збір інформації про стан природних комплексів, фіксують рівень основних забрудників. Крім цього згідно ст. 22 Закону України “Про охорону навколишнього природного середовища”, спостереження проводять і юридичні особи, які зобов'язані безоплатно передавати відповідним державним органам аналітичні матеріали своїх спостережень.

Дані з об'єктів мереж моніторингу надходять таблицю статистика, де зберігаються результати всіх спостережень та інформація звітності про забруднюючі речовини, яку надають підприємства.

Інформаційно-логічна модель складається з 9 класів об'єктів пов'язаних асоціативними зв'язками. Розроблену модель можна застосовувати як базову для створення і ведення регіональних ГІС моніторингу природних комплексів.

Також було побудовано модель бази геопросторових даних моніторингу природних комплексів для території Київської області. Модель моніторингу природних комплексів будується навколо класу `kyiv_region_region`, який узагальнює інформацію про Київську область. Клас `kyiv_region_region` зв'язаний композицією з 12 класами: `Hydro`, `State government`, `Road`, `Railway`, `Administrative`, `Engine`, `Social`, `Danger`, `PZF`, `Landscape`, `Vegetation` та `Relief`.

Розроблені моделі даних та каталоги об'єктів природних комплексів і об'єктів мереж спостереження було реалізовано у вигляді реляційних баз даних в середовищі ArcGIS 9.2.

**Висновки.** Розвиток інформаційних технологій дозволяє створювати комплексні геоінформаційні системи моніторингу природних комплексів. Вивчення й оцінювання негативних наслідків антропогенних дій здійснюється, з допомогою таких ГІС-систем з метою попередження або зменшення збитків і є однією із найважливіших умов організації економіки, гарантування екологічної безпеки.

Розроблено ГІС моделі моніторингу природних комплексів, які відповідають об'єктно-орієнтованому підходу, а саме: концептуальну структурну та функціональну моделі ГІС моніторингу природних комплексів, каталог класів об'єктів та їх атрибутів на основі міжнародного комплексу стандартів серії ISO 19100 "Географічна інформація/Геоматика", що забезпечує ефективний доступ до інформації, використання методів геоінформаційного аналізу, інтегрування геопросторових даних. Їх реалізація забезпечує створення бази геопросторових даних багаторазового використання та збереження точності вхідних даних без картографічних спотворень.

Створені моделі даних та каталоги об'єктів природних комплексів і об'єктів мереж спостереження було реалізовано у вигляді реляційних баз даних в середовищі ArcGIS 9.2 на прикладі Київської області.

Запропоновані геоінформаційні моделі можуть бути основними для створення аналогічних ГІС-систем регіонального рівня для інших областей України.

Перевагою розроблених і описаних вище моделей є можливість підключення статистичних даних до бази геопросторових даних моніторингу природних комплексів. Дані статистики періодично поновлюються, що дає можливість їх використання для здійснення геоінформаційного та геостатистичного аналізу об'єктів моніторингу природних комплексів і об'єктів мереж спостереження. Ці



методи аналізу значно полегшують процес оцінювання показників природних комплексів, отриманих в ході екологічного моніторингу.

Шляхом накладання результатів геостатистичного аналізу можна прослідкувати динаміку змін природних комплексів.

### Література:

1. Звіт про науково-дослідну роботу “Картографо-інформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів, територій та об’єктів системи моніторингу” / [Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Н.Ю. Лазоренко та ін.] – К.: НДІГК, 2009. – 139 с.
2. Звіт про науково-дослідну роботу “Картографо-інформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів, територій та об’єктів системи моніторингу” / [Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Н.Ю. Лазоренко та ін.] – К.: НДІГК, 2010. – 178 с.
3. Лазоренко Н.Ю. Стан, зміст і тенденції розвитку міжнародних проектів моніторингу природних комплексів / Н.Ю. Лазоренко // Вісн. геод. та картогр. – 2010. – № 4 (67). – С. 24-28.
4. Лазоренко Н.Ю. Аналіз стану організації системи моніторингу навколишнього природного середовища в Україні / Н.Ю. Лазоренко // Інженерна геодезія. – 2010. – № 56. – С. 187-194.
5. Лазоренко Н.Ю. Онтологічні аспекти геоінформаційного забезпечення моніторингу природних комплексів / Н.Ю. Лазоренко // Вісн. геод. та картогр. – 2011. – № 1 (70). – С. 43-49.
6. Лазоренко-Гевель Н.Ю. Геоінформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів / Н.Ю. Лазоренко-Гевель // Містобудування і територіальне планування. – К.: КНУБА. – 2012. – Вип. 44. – С. 291-299.

### Анотація

Обоснована актуальність підвищення урвня применения геоинформационных методов и технологий для планирования и управления системой мониторинга природных комплексов. Разработаны геоинформационные модели данных мониторинга природных комплексов на основе международного комплекса стандартов серии ISO 19100 “Географическая информация/Геоматика”, которые обеспечивают дальнейший геоинформационное анализ пространственного распределения объектов сети мониторинга отдельных компонентов природных комплексов и геостатистический анализ результатов наблюдений за ними.

### Abstract

The significance of improving the application level of GIS methods and techniques in planning and controlling the natural complex monitoring system is substantiated. GIS data models for natural complex monitoring of on the basis of the international set of standards of ISO 19100 “Geographic information/Geomatics” are developed. The technique of GIS analysis of the spatial distribution of the objects of the air, surface water and soil monitoring network, is developed, which makes it possible to raise the level of layout planning and management of the objects within observation network.