

**В.М. Заяць** (Національний університет «Львівська політехніка», Україна)  
**О.І. Мороз** (Національний університет «Львівська політехніка», Україна)

## ОСНОВНІ ВИМОГИ І ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ ЕКОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*У статті розглянуто основні підходи до розроблення екоінформаційних систем на основі комп'ютерних технологій. Сформульовано особливості побудови систем моніторингу навколишнього середовища та запропоновано підходи до побудови моделей інтелектуальної обробки даних. Також визначено перспективні напрямки розвитку таких систем та їх застосування.*

*Ключові слова:* мережі екоданих, екоінформаційна система, інформаційна система, прикладне програмне забезпечення.

*Форм. 1. Рис. 1. Літ. 13.*

**В.М. Заяць** (Национальный университет «Львовская политехника», Украина)  
**О.И. Мороз** (Национальный университет «Львовская политехника», Украина)

## ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ЭКОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*В статье рассмотрены основные подходы к разработке экоинформационных систем на основе компьютерных технологий. Сформулированы особенности построения систем мониторинга окружающей среды и предложены подходы к построению моделей интеллектуальной обработки данных. Также определены перспективные направления развития таких систем и их применения.*

*Ключевые слова:* сети екоданных, экоинформационная система, информационная система, прикладное программное обеспечение.

**V.M. Zayats** (National University "Lviv Polytechnics", Ukraine)

**O.I. Moroz** (National University "Lviv Polytechnics", Ukraine)

## APPROACHES TO CONSTRUCTION OF ECO-INFORMATION SYSTEMS BASED ON COMPUTER TECHNOLOGIES

*The article considers the major approaches to development of eco-information systems based on computer technologies. Peculiarities in construction of the environment monitoring systems are determined, and the approaches to construction of the models for data mining are offered. Prospective directions in the development of such systems are outlined along with the directions for their application.*

*Keywords:* the networks of eco-data; eco-information system; information system; applied software.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень й публікацій.** Екологічна інформаційна система (ЕІС) – це система для управління екологічною інформацією, її аналізу та подання. Екологічна інформація може надаватися у вигляді цілого набору екологічних даних, які моделюють оточуюче середовище за допомогою узагальнених структур даних. ЕІС містить набори інструментальних засобів для роботи з екологічними даними.

Здатність ЕІС вести пошук у базах даних, приєднувати власні бази, здійснювати просторові запити, безперервно нагромаджувати та коректувати наявні просторові й часові дані, моделювати та відтворювати реальні ситуації заощадить час і кошти державних та комерційних структур, унеможливить виникнення кризових ситуацій.

При створенні нових реальних пристроїв, дослідженні невивчених фізичних чи екологічних явищ або процесів, побудові систем розпізнавання та ідентифікації, що мають бажані характеристики інформаційного сигналу або невідомі характеристики, які підлягають вивченню, доцільно провести комп'ютерне моделювання й аналіз, створивши адекватні математичної моделі об'єкта, що розробляється чи вивчається. Такий підхід вимагає значно менших часових і технічних засобів порівняно з фізичним експериментом, особливо на попередній стадії розробки, за відсутності достовірної апріорної інформації про оточуюче середовище та поведінку об'єктів, що в ньому знаходяться.

Останнім часом у нелінійній динаміці широке застосування знаходять дискретні моделі систем [3; 12], для яких дискретність закладена в природі самого об'єкта досліджень, а не є наслідком дискретизації неперервної системи. Доцільність використання дискретних за своїм походженням моделей пояснюється такими особливостями:

- простотою математичного опису порівняно з неперервними моделями;
- наявністю суттєво ширшого спектру динамічних режимів порівняно з відомими моделями;
- нескінченною вимірністю, що дозволяє моделювати кожен нову гармоніку процесу шляхом її введення у вектор змінних стану, тоді як для неперервних систем для вирішення цієї задачі необхідно підвищувати розмірність системи;
- відсутністю необхідності визначення кроку дискретизації, оцінки локальної і глобальної похибок чисельних методів, областей стійкості та синхронізації;
- кращою адаптованістю до постановки комп'ютерного експерименту порівняно з неперервними моделями.

Моделі, дискретні за своєю природою, застосовні як до побудови пристроїв, що мають бажані режими, так і до розпізнавання та ідентифікації ситуацій у системах зі складною динамікою й поведінкою, якими є екологічні системи, що дозволяє підвищити ефективність їх роботи.

**Метою дослідження** є формування основних вимог і підходів до побудови екоінформаційних систем для забезпечення якісного та автоматизованого процесу моніторингу навколишнього середовища й прийняття рішень щодо його захисту та розвитку. Однією з основних цілей статті є визначення основних вимог до побудови екоінформаційних систем, встановлення доцільності використання сучасних технологій і методів формування даних.

**Основні результати дослідження.** На початку 1980-х рр. і впродовж 10 років практично у всіх розвинених країнах світу було створено національні екоінформаційні системи, які охоплювали існуючі системи моніторингу природного середовища, а також системи збору й аналізу інформації про фізичне навантаження та стан здоров'я населення. У 90-их рр. XX ст. поява нових інформаційних технологій і розвиток мережі Інтернет зумовили об'єднання цих систем в єдину екоінформаційну систему, на серверах якої зберігають величезні обсяги інформації про стан навколишнього середовища, отримані за допомогою систем екологічного моніторингу.

Система моніторингу повинна містити такі технічні та інтелектуальні засоби:

- розпізнавання та ідентифікації об'єкта спостереження;
- збору апріорних даних про об'єкт спостереження;
- формування інформаційної моделі об'єкта дослідження;
- планування експерименту (натурного, лабораторного, числового, вимірювального);
- оцінки відповідності об'єкта спостереження його інформаційній моделі;
- прогнозу і передбачення поведінки досліджуваного об'єкта спостереження;
- подання інформації у зручній для користування формі.

Основні цілі екологічного моніторингу полягають у забезпеченні системи управління природоохоронної діяльності й екологічної безпеки своєчасною і достовірною інформацією, що дає можливість оцінити стан навколишнього середовища, виявити причини та можливі наслідки змін його стану, а також визначити необхідні захисні дії [8]. За функціональним призначенням виділяють 3 види моніторингу навколишнього середовища: стандартний, кризовий, науковий.

Екоінформаційні системи охоплюють усі різновиди систем екологічного моніторингу і забезпечують систему управління й прийняття рішення повною та достовірною інформацією для екологічно безпечного розвитку на всій території, де поширюється їхня дія.

Екоінформаційна система повинна забезпечувати вирішення цілої низки завдань:

- підготовка цілісної інформації про стан середовища, передбачення ймовірних наслідків суспільної діяльності та рекомендацій щодо вибору варіантів безпечного розвитку регіону для систем підтримки і прийняття рішення;
- моделювання процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі, та можливих результатів ухвалених управлінських рішень;
- підготовка електронних карт, що відображають стан навколишнього середовища території;
- опрацювання і накопичення у базах даних результатів моніторингу й встановлення параметрів довкілля, найчутливіших до зміни його стану;
- обґрунтування доцільної мережі спостережень для регіональної системи екологічного моніторингу;
- обмін інформацією про стан навколишнього середовища з іншими екоінформаційними системами;
- надання даних для контролю за дотриманням прийнятих законів, розвитку екологічної освіти, для засобів масової інформації та інше [13].

Отже, екоінформаційні системи повинні бути зорієнтовані на комплексне використання результатів екологічного моніторингу, забезпечуючи перетворення первинних результатів спостережень у форму, придатну для управління й прийняття рішення, які сприяють усталеному розвитку як окремих регіонів, так і всієї планети. У міру переходу від первинних результатів екологічного моніторингу до знань про стан навколишнього середовища змінюються методи роботи з інформацією. В екоінформаційній системі можна виділити 3 рівні, орієнтовані на розв'язання різних задач екологічного моніторингу, які різняться методами роботи з екологічною інформацією. Верхній рівень

формують програмні модулі для підтримки прийняття рішень, середній – програмне забезпечення, що дає змогу здійснити системний аналіз інформації про стан навколишнього середовища, нижній – модулі опрацювання первинної екологічної інформації [9]. На нижньому рівні екоінформаційної системи для зберігання даних про стан навколишнього середовища використовуються різні системи управління базами даних (СУБД) типу Oracle чи Microsoft SQL Server, а для опрацювання результатів спостережень застосовують різноманітні програмні продукти – електронні таблиці, пакети прикладних програм типу MathCAD, Surfer тощо. Слід зазначити, що завдяки прогресивному розвитку технологій програмування типу Silverlight, Flash, AJAX і сучасних мов програмування  $Ci^{++}$ ,  $Ci^{\#}$ , Java, Turbo-Prolog, Lisp можливо швидко отримувати доступ до екоданих та візуалізувати їх із будь-якої точки Землі через зв'язок із глобальною мережею Інтернет. Така різноманітність програмного забезпечення зумовлена величезною кількістю різнопланових задач опрацювання результатів спостережень за станом довкілля, одержаних за допомогою тих чи інших методів екологічного моніторингу. На середньому рівні екологічної інформаційної системи для аналізу інформації про стан навколишнього середовища використовуються географічні інформаційні системи (ГІС). Ці системи, забезпечуючи введення, зберігання, передавання, модифікацію (видалення, додавання), опрацювання, аналіз і візуалізацію всіх видів географічно прив'язаної інформації, дають змогу систематизувати процес отримання інформації для управління природними ресурсами та їх захисту від неприродного напрямку розвитку чи бездумного знищення.

Для забезпечення підтримки прийняття рішень необхідним є ще один етап роботи з інформацією, який дає змогу співвіднести одержані результати зі шкалою «істинне – хибне». Очевидно, що системи підтримки прийняття рішень у галузі екологічної безпеки доцільно створювати, спираючись на результати математичного та комп'ютерного моделювання. У межах таких математичних чи комп'ютерних моделей стає можливим порівняння відомостей з різних джерел і прогнозування й передбачення наслідків того або іншого управлінського рішення. На сьогодні методи математичного моделювання довкілля ще недостатньо розвинуті та апробовані для того, щоб їхні результати широко використовували для підтримки прийняття рішень у галузі екології та природоохоронної діяльності. Тому сьогодні накопичення знань, необхідних для підтримки прийняття рішень, ґрунтується на різних спрощених методиках оцінювання дії на навколишнє середовище, серед як методологія оцінювання дії на довкілля, індикатори стійкого розвитку тощо [11].

**Основні проблеми комп'ютерної ЕІС (КЕІС).** Однією з пріоритетних задач при створенні систем екологічного моніторингу є проблема забезпечення оперативності роботи системи моніторингу. Важливість цієї проблеми очевидна, оскільки надто запізніле надходження інформації про стан навколишнього середовища не дасть змоги організувати його захист.

Основним способом розв'язання цієї задачі є створення систем екологічного моніторингу водного середовища на основі комп'ютерних технологій опрацювання даних у реальному часі й застосування ефективних і швидкодіючих систем передавання даних.

Другою проблемою, яка виникає при розробленні системи моніторингу, є його комплексність. Суть цієї проблеми зводиться до того, що більшість систем моніторингу контролює не один, а декілька компонентів навколишнього середовища. Таким чином, питання взаємозв'язку між розташуванням і регламентом роботи різних вимірювальних складових, а також опрацювання інформації, що поставляється ними, стає актуальним. Проблема комплексності може бути вирішена на уявленні про взаємозв'язок компонентів навколишнього середовища і процесів, що в них відбуваються. Тому розташування і регламент роботи різних інформаційно-вимірювальних мереж слід скоординувати.

Третьою проблемою є проблема репрезентативності отриманих результатів. Суть проблеми полягає в оптимізації вибору розташування ланок інформаційно-вимірювальної мережі та інтервалів між вимірюваннями. Раціональний вибір просторового і часового кроку дозволяє вирішити цю проблему. Просторовий аспект вирішення проблем комплексності й репрезентативності можна запропонувати у вигляді ландшафтного принципу розміщення ланок інформаційно-вимірювальної мережі, хоча такий підхід дає ефект в межах однієї ЕІС і не означає повної ідентичності розміщення вимірювальних ланок різних інформаційно-вимірювальних комплексів різних ЕІС. Питання про вибір часового кроку для отримання достовірних вхідних параметрів вирішується на основі наявних даних про часову мінливість параметрів, що вивчаються, а також обмежень на швидкість їх зміни і частоту.

Четверта проблема – це проблема адаптивності. При побудові системи моніторингу доцільно застосувати принцип адаптивної структури. Його суть полягає у тому, що система моніторингу змінює свою організацію (розташування ланок інформаційно-вимірювальної мережі, регламент їхньої роботи, процедури опрацювання інформації, прийняття рішень) на підставі аналізу одержаних системою даних.

П'ята проблема – інтелектуалізація ЕІС для забезпечення прийняття нею достовірного рішення про стан довкілля та вироблення коректних керуючих дій. Тобто до складу КЕІС входить підсистема прийняття рішень і керування станом оточуючого середовища, динамічні бази даних, що постійно оновлюються (бази знань), та набір моделей і правил виведення логічних висновків. По суті, ця підсистема утворює експертну систему, поведінка якої близька до поведінки людини-експерта з даної предметної галузі. Оскільки мова йде про опрацювання надзвичайно великих обсягів інформації в стислі проміжки часу, то переваги експертної системи є очевидними, порівняно з людиною експертом. До них слід віднести:

- відсутність суб'єктивності, упереджень і поспішності при прийнятті рішень та висновків;
- системний, логічно-послідовний підхід до виконання поставленого завдання, що забезпечує після опрацювання всієї заданої (введеної у комп'ютерну систему) інформації обрання єдино правильного (найкращого за заданим критерієм) рішення з усіх можливих альтернатив, незалежно від їх кількості;
- база даних (статична) і знань (динамічна) КЕІС є надмірно великою і постійно зберігається у пам'яті комп'ютера. В той же час людина володіє обме-

женою базою даних і є фахівцем у конкретній галузі знань, які при їх тривалому невикористанні забуваються і можуть бути втрачені назавжди;

- експертні системи не піддаються впливу зовнішніх чинників, які безпосередньо не пов'язані з розв'язуваною задачею;

- стійкі експертні системи не можуть замінити спеціаліста конкретної предметної галузі, а є лише інструментальним засобом для розв'язання конкретної задачі.

В експертній системі слід передбачити коментарі, зрозумілі фахівцю у цій галузі, про спосіб розв'язання поставленої задачі з метою перевірки достовірності отриманих результатів фахівцем з математичної статистики [11]. Розроблення експертних систем, призначених для опрацювання даних, досить складний процес. Інтелектуалізація комп'ютерного опрацювання первинної інформації про навколишнє середовище ґрунтується, з одного боку, на ідеях і методах конкретної галузі знання, для якої створюється система опрацювання даних. З іншого боку, у комп'ютерній системі опрацювання даних використовуються різноманітні методи прикладної математики, теорії ймовірностей і математичної статистики, теорії розв'язання обернених задач, теорії інформації, математичної логіки, штучного інтелекту тощо. Очевидно, що при розробленні експертних систем опрацювання даних, з одного боку, доводиться враховувати особливості методик виконання вимірювання та методів проведення розрахунків, а з іншого – обмеження математичних алгоритмів обробки, що вимагає участі доволі великого колективу професіоналів – фахівців у цій галузі, а також математиків, програмістів, фахівців з розроблення експертних систем. Все це зумовлює високу вартість розроблення, тому за наявності величезної кількості систем загального призначення – пакетів для статистичного опрацювання даних, електронних таблиць, існує зовсім невелика кількість експертних систем, здатних на інтелектуальному рівні розв'язувати конкретну прикладну задачу чи реалізовувати інтелектуальну обробку даних.

#### *Підходи до вибору і побудови моделі інтелектуальної обробки даних в ЕІС.*

Під час розроблення екоінформаційної системи важливим є вибір методики та способу зберігання й обробки даних. При створенні моделі даних, тобто способу цифрового опису просторових об'єктів, слід врахувати всі вхідні та вихідні параметри, їхню структуру, методи збору, способи збереження, кодування, передавання, обробки й візуалізації даних. Вибір способу організації даних ЕІС має важливе значення, оскільки безпосередньо визначає функціональні можливості створюваної ЕІС, а також придатність тих чи інших технологій отримання та запису даних. Від вибору моделі даних залежить як просторова точність представлення графічної частини інформації, так і можливість отримання якісного картографічного матеріалу. Від способу організації даних ЕІС великою мірою залежить також швидкодія системи. Як правило, всі дані розмежовані й утворюють певні рівні. Загалом, усі рівні подання даних утворюють ієрархію, яку можна класифікувати та виділити як окремі частини ЕІС, як запропоновано на рис. 1 і впливає з підходів до побудови ідентифікаційних моделей [3].

Модель даних [5] у нашому випадку є загальною концепцією організації даних в екоінформаційній системі, які являють собою створені та готові до

відображення й перетворення на результат дані. До таких даних можна віднести як окремі об'єкти візуалізації, так і статистичні дані, що містять інформацію про стан навколишнього середовища. Рівень зв'язку даних є проміжним рівнем між сховищем і моделлю даних і призначений для зв'язку. Зазвичай, це матриці перетворення, векторні дані, посилання, списки та інші специфічні для кожної з ЕІС способи структурування даних. Структури даних – це найнижчий рівень, який максимально деталізує модель даних та уможливило нормалізацію даних. До цього рівня слід віднести структури файлів, баз даних і типи даних.



Рис. 1. Підхід до побудови моделі інтелектуальної обробки даних у ЕІС, побудовано за даними [3]

Елемент кожної моделі даних повинен містити ідентифікатори, атрибути, прив'язку до просторово-часових моделей даних, а також функції перетворення й обробки даних. Ідентифікатор – це один із основних параметрів, що бере участь у структуруванні даних. Його призначення – це формування певних ознак, інформації про об'єкт, яка може динамічно змінюватись, незважаючи на статичність самого об'єкта. Кожний об'єкт має містити власні атрибути, у яких визначаються базові властивості (наприклад: температура, вологість, тиск, площа, об'єм, маса, швидкість тощо). Оскільки кожний об'єкт може бути як окремим елементом простору, так і конкретним шаром, то потрібна чітка прив'язка до простору та часу. Для моделювання складної ЕІС недостатньо мати інформацію лише про структуру й позицію об'єкта [6]. Інколи може стати гостра проблема визначення реакції груп об'єктів на певні штучно зсимульовані ситуації. Для цього слід використовувати вбудовані методи поведінки об'єктів, які для кожного об'єкта є специфічними. Для прикладу можна розглянути модель каменепадку. Кожен із каменів подається багатогранною фігурою. Кожна грань опуклого багатогранника може бути основою, якщо його поставити на горизонтальну поверхню. У правильного багатогранника центр ваги розташований всередині, тому він стійкий, якщо поставити його на будь-яку грань. Неправильні багатогранники можуть бути нестійкі, якщо встановлені на певні грані, тобто якщо їх поставити паралельно до основи, вони будуть перевертатися, а отже, неможливо застосовувати ті самі правила для складних фігур. Використання вбудованих методів поведінки дасть максимально чіткі результати при симуляції складних процесів. Завдяки вбудованим методам можна також спростити симуляцію процесів всередині ЕІС, розглядаючи її як одну із функцій ЕІС. Маючи можливість об'єднання різноманітних моделей даних [7] та їхніх структур в інші, можна створювати новий тип або

модель даних. Створювана модель даних може бути двох видів: кінцева та проміжна. Проміжний тип даних призначений для тимчасового утримання цих даних і подальшого формування іншої моделі даних. Відповідна кінцева модель даних – це модель, яка отримана в результаті розрахунків і може бути використана для візуалізації окремих тематичних наборів об'єктів. Відповідно до кожного із типів даних, інформацію слід зберігати окремо, дотримуючись чіткої ізоляції рівнів, щоб запобігти отриманню хибних результатів. Екологічна інформаційна система має зберігати передусім базові дані та дані, специфічні для конкретної ЕІС. Усі дані зберігаються у базах даних, що можливо умовно розділити на такі типи:

а) база екоданих – це просторова база даних, що містить набори даних, які відображають екологічну інформацію у контексті загальної моделі даних ЕІС. До цих даних слід віднести векторні об'єкти, векторні зображення, растри, топологію, мережі, тривимірні об'єкти, а також усі об'єкти, що входять до складу тематичних наборів даних і є однією зі складових моделі даних ЕІС;

б) база ековізуалізації – це набір інтелектуальних карт, які показують просторові об'єкти та функціональну взаємодію між об'єктами на земній поверхні. У цій базі можуть бути побудовані різні види карт і можуть використовуватися як «вікна в базу даних» [1] для підтримки запитів, аналізу й редагування інформації;

в) тип екообробки ЕІС – це набір інструментів для одержання нових наборів екологічних даних з наявних наборів даних. Функції просторових даних отримують інформацію з наборів даних, застосовують до них аналітичні функції і записують одержані результати в нові похідні набори даних. Прикладом може бути специфічний тематичний шар, для створення якого було відібрано дані інших тематичних шарів.

Для прикладу, на сьогодні вже створені бази даних географічної ІС (ГІС). Так, у програмному забезпеченні ESRI® ArcGIS® ці 3 види баз даних подані каталогом (ГІС як колекція наборів геоданих), картою (ГІС як інтелектуальний картографічний вид) і набором інструментів (ГІС як набір інструментів для інтелектуальної обробки просторових даних). Всі вони є невід'ємними складовими повноцінної ГІС і більшою чи меншою мірою використовуються у всіх ГІС-додатках.

Якщо комплексно розглядати ЕІС як одне ціле, то це особливий тип бази даних про навколишній світ – екологічна база даних (база екоданих), основою якої є структурована база даних, яка описує світ та об'єкти, наявні в ньому, у географічному, економічному, кліматичному, ландшафтному, соціальному та інших аспектах. Створюючи дизайн бази екоданих ЕІС, визначають, як відобразатимуться різні просторові об'єкти. Наприклад, земельні ділянки зазвичай представляються як полігони, вулиці – як центральні лінії, свердловини – як точки тощо. Ці об'єкти групують у класи об'єктів, в яких кожен набір має єдине екологічне відображення. Кожен набір даних ЕІС дає просторове уявлення про якийсь аспект навколишнього світу, включаючи:

- впорядковані набори векторних об'єктів (набори точок, ліній і полігонів);
- набори растрових даних, такі як цифрові моделі рельєфу місцевості або зображення лісу;



- просторові мережі, такі як сільськогосподарські угіддя, водойми, ліси, виробничі комплекси;
- топографію місцевості та інші тривимірні об'єкти;
- набори даних екологічного аналізу та їх статистичної обробки;
- інші типи даних (назви вулиць, амбулаторні картки населення міст і сіл, картографічна інформація та будь-яка інша інформація, необхідна для певного тематичного шару).

Але призначення ЕІС – не лише операції зі статичними даними, але й синтез власних динамічних даних. Як приклад, можна розглянути віртуально підвищений рівень опадів у певному регіоні для перевірки міцності та надійності захисних дамб на прилеглих річках, запобігаючи таким чином екозагрозам. Для таких оцінок потрібно використовувати не лише програмну частину, а й апаратну у вигляді датчиків, сенсорів тощо. Моделюючи тематичні ландшафти на основі показників, отриманих під час дистанційного зондування, можна проаналізувати ситуації у регіонах. Такі тематичні ландшафти можуть відображати інформацію у різні моменти часу, оскільки мають просторово-часову прив'язку. Це дає змогу, аналізуючи дані за певні періоди, передбачати і прогнозувати ситуації.

Зазвичай, дані є основою формування нових даних, які отримують через спеціальні функціональні залежності :

$$Data_n = Data + F(x), \quad (1)$$

де  $Data_n$  – нові дані;  $Data$  – існуючі дані;  $F(x)$  – функціонал обробки даних.

Інструментальна база ЕІС дозволяє виконувати багатокрокові операції. Інструменти перетворення застосовують операції до вже наявної інформації з метою отримання нових даних. Середовище екообробки використовують у ЕІС для послідовного виконання серії таких операцій. Операції, з'єднані в єдиний ланцюжок, формують модель процесу обробки даних. Така єдина послідовність виконання операцій потрібна в ЕІС для автоматизації виконання багатократних завдань екообробки. Розробка й застосування подібних процедур і називається екообробкою даних. Екообробка використовується для моделювання процесів передачі даних з однієї структури в іншу з метою виконання багатьох стандартних задач ЕІС, зокрема, для імпорту даних з різних форматів, інтегрування цих даних в ЕІС, для стандартних процедур перевірки якості імпортованих даних. Можливість автоматизації та повторного виконання таких робочих процесів є перевагою ЕІС, яка широко застосовується у численних ЕІС-додатках і сценаріях роботи з даними. Механізм, який використано для побудови робочих потоків при екообробці, повинен виконувати низку команд у певній послідовності. Користувачі екоінформаційних систем мають мати можливість моделювати графічні процеси за допомогою інтерфейсів, що відповідають за візуалізацію. Складною вимогою до таких інтерфейсів у екоінформаційній системі є можливість інтеграції скриптів, що побудовані на певній, специфічній у межах однієї ЕІС мові програмування. Користувачі повинні мати можливість писати власні скрипти за допомогою таких інструментів програмування, як Python, VBScript і JavaScript. Екообробка широко використовується на всіх етапах роботи з ЕІС для автоматизації та

компіляції даних, управління, аналізу і моделювання даних. Однак база даних ЕІС все одно має залишатися доступною для підтримки щоденної роботи і поточних оновлень, а користувачі повинні мати можливість звертатися до своїх версій і до версії загальної бази даних ЕІС.

Розподілена сутність ЕІС передбачає широкі можливості взаємодії між багатьма організаціями і системами опрацювання екологічної інформації. Співпраця та спільна робота користувачів дуже важливі для створення єдиної ЕІС. Багато екологічних наборів даних можуть компілюватись і керуватися як загальний інформаційний ресурс і спільно використовуватися спільнотою користувачів. До того ж, користувачі ЕІС мають власне бачення того, як можна здійснювати обмін популярними наборами даних через web-сайти. Ключові web-сайти, що є порталами каталогів ЕІС, надають можливість користувачам як викладати власну інформацію, так і шукати доступну для використання екологічну інформацію. У результаті ЕІС-системи все більше інтегрують в Інтернет і отримують нові можливості обміну й використання інформації. Це бачення вкоренилось у свідомість людей за останнє десятиліття і знайшло відображення в таких поняттях, як Національна інфраструктура просторових даних (NSDI) і Глобальна інфраструктура просторових даних (GSDI) [1]. Ці концепції постійно розвиваються і поступово впроваджуються, причому не тільки на національному й глобальному рівнях, але також на рівні різних муніципальних утворень. В узагальненому вигляді ці концепції інтегровані в поняття інфраструктури просторових даних (Spatial Data Infrastructure – SDI) [2].

*Перспективи розвитку і застосування ЕІС на основі комп'ютерних технологій.* Результати проведеного аналізу вимог і підходів до побудови екоінформаційних систем засвідчують доцільність застосування комп'ютерних інструментальних засобів формування вхідних даних та їх інтелектуальної обробки з метою отримання нових даних, вироблення управлінських команд і формування рішень про стан екологічної системи та необхідних заходів з її корегування.

Одним із найбільш вузьких місць при розробленні KEIC є неповнота наборів достовірних і вивірених моделей опрацювання вхідних і вихідних сигналів, повністю автоматизованих систем прийняття рішень [11] та універсальних інтелектуальних інтерфейсів спряження даних різного формату.

ЕІС – це інформаційна система, яка поєднує комплекс функцій, таких як отримання, зберігання, кодування, передавання, обробка, аналіз, захист і візуалізація територіально-орієнтованої інформації й екопросторових даних, які можуть бути використані при побудові інших інформаційних систем. У межах ЕІС провадяться дослідження не тільки над отриманою екологічною інформацією про навколишнє середовище, а й над усіма процесами та явищами на земній поверхні, в економіці та суспільстві. Проблеми, які вирішуються з використанням KEIC, з успіхом можуть бути використані для забезпечення ефективності економічного розвитку регіону, створення та ведення кадастрів природних ресурсів і нерухомості, здійснення екологічного моніторингу та природоохоронних заходів, запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, забезпечення містобудівної діяльності, побудови систем розпізнавання та ідентифікації невідомих об'єктів [4; 10], управління освітою, медициною, енергетикою, транспортом, житлово-комунальним господарством, сфе-

рою послуг, рекреаційно-туристичним комплексом, земельними ресурсами, сільським господарством, водними та лісовими запасами, корисними копалинами та іншою сировинною базою. Потреба в інтелектуальному опрацюванні даних є стимулом для користувачів отримувати нові дані достовірними і швидкодіючими способами, додаючи частини баз даних для своїх ЕІС на основі даних інших розробників і користувачів.

**Висновки.** В даному дослідженні описано основні вимоги й підходи до побудови екоінформаційних систем з метою забезпечення достовірного моніторингу навколишнього середовища, захисту його від кризових ситуацій, створення комфортних умов життя і праці населення регіону.

Розглянуто підходи до створення моделі інтелектуальної обробки даних в екологічних інформаційних системах. Визначено основні напрями подальшого розвитку екоінформаційних автоматизованих систем і сфери їх доцільного застосування.

1. Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру: Постанова Кабінету Міністрів України від 3.08.1998 №1198 // zakon1.rada.gov.ua.

2. *Волошкіна О.С., Перминова С.Ю., Романенко Г.М.* До питання розрахунку міграції забруднюючих речовин в межах зон санітарної охорони підземних водозаборів // Екологія і ресурси: Збірник наук. праць Інституту проблем національної безпеки.— 2007.— №16.— С. 69–83.

3. *Заяць В.М.* Дискретні моделі коливних систем для аналізу їх динаміки. — Львів: УАД, 2011. — 278 с.

4. *Заяць В.М., Заяць М.М.* Математичний опис системи розпізнавання користувача комп'ютера // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології.— 2005.— №2.— С. 146–152.

5. Інформатизація космічного землезнавства / Під ред. О.І. Калашникова, Л.В. Сивай. — К.: Наукова думка, 2001. — 606 с.

6. *Красовский Г.Я. Петросов В.А.* Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст. — К.: Наукова думка, 2003. — 224 с.

7. *Крета Д.Л., Перминова С.Ю.* Особенности синтеза системы картографического обеспечения управления экологической безопасностью в Херсонской области // Ученые записки Таврического национального университета.— 2007.— Т. 20(59), №1. — С. 90–97.

8. *Погребенник В., Мельник М., Бойчук М.* Екологічний моніторинг: концепції, принципи, системи // Вимірювальна техніка та метрологія. — Вип. 65. — Львів, 2005. — С. 164–171.

9. *Растоскуев В.В.* Информационные технологии экологической безопасности, 2000 // www.dux.ru.

10. *Фукунага К.* Введение в статистическую теорию распознавания. — М.: Наука, 1979. — 512 с.

11. *Цветков В.Я.* Геоинформационные системы и технологии. — М.: Финансы и статистика, 1998. — 228 с.

12. *Шарковский С.Ф., Коляда А.Г., Сивак В.В., Федоренко А.Н.* Динамика одномерных отображений. — К.: Наукова думка, 1989. — 216 с.

13. Экоинформатика. Теория. Практика. Методы и системы / Под ред. акад. РАН В.Е. Соколова. — СПб.: Гидрометеоздат, 1992. — 520 с.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2012.