

РОЗДІЛ IV ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ І МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

4.1 Геоінформаційні технології та напрямки їх застосування

З точки зору призначення *географічна інформаційна система (ГІС)* або *геоінформаційна система* – це інформаційна система, яка забезпечує збирання, зберігання, обробку, доступ, відображення та поширення просторово-орієнтованих даних (просторових даних) [45-53]. З точки зору програмно-інформаційної реалізації ГІС – це сукупність електронних карт з умовними позначеннями об'єктів на них, баз даних з інформацією про ці об'єкти та програмного забезпечення для зручної роботи з картами і базами як з єдиним цілим.

Бази даних можуть бути як внутрішніми (інтегрованими у спеціалізовані геоінформаційні програмні пакети, які працюють з електронними картами), так і зовнішніми (в інших програмних пакетах та форматах). Для того, щоб підкреслити, що електронні карти, завдяки внутрішнім базам даних, можуть самостійно виконувати роль геоінформаційних систем а також утворювати ще більш потужну геоінформаційну систему разом із зовнішніми базами даних, у даній роботі електронні карти із внутрішніми базами даних будемо називати *геоінформаційними картами*. А *геоінформаційною системою*, за цією термінологією, будемо називати геоінформаційні карти, які інтегруються із зовнішніми базами даних (або просто базами даних). У разі, якщо необхідно підкреслити, що база даних додатково містить інформацію і про просторове розташування об'єктів на електронній карті, будемо ці бази називати *базами геоданих*.

ГІС-технологія – технологічна основа створення геоінформаційних систем, які дозволяють реалізувати функціональні можливості ГІС [46,49, 50, 52].

При роботі з базою даних, яка є основним джерелом інформації, виникає ряд труднощів, пов'язаних із складністю обробки даних з урахуванням їх просторової локалізації. Наприклад, яким чином зробити запит у звичайній реляційній базі даних, щоб вивести паспортні дані про всі водні об'єкти (водойми і водотоки), які знаходяться в радіусі 20 км від границі заданого населеного пункту? Можна навести багато аналогічних прикладів.

Для вирішення цих та інших проблем виникає необхідність нанесення об'єктів, дані про які є в базі даних, на електронну карту. В результаті чого користувач може легко локалізувати їх на карті і переглядати чи змінювати пов'язану з ними інформацію в базі даних.

Представлення об'єктів в геоінформаційних системах, яке дозволяє за його допомогою швидко розв'язувати численні задачі, пов'язані з просторовим аналізом, із застосуванням усіх можливостей геоінформаційної технології, ґрунтується на використанні *геоінформаційної моделі* цих об'єктів [47-52].

Відомо, що для аналізу просторово-розподіленої інформації з метою оперативного отримання достовірних та максимально наочних результатів найкраще використовувати ГІС. Основна причина того, що більшість людей не використовує ГІС для аналізу, в тому, що вони просто не знають, що можна робити за допомогою ГІС, крім підготовки та друкування карт. Або, навіть, якщо вони уявляють собі можливості ГІС, то не знають, як почати розв'язання цієї задачі [46, 50].

Будь-який аналіз починається з накопичення даних. Сучасні ГІС, наприклад складові пакета ArcGIS, ГІС "Панорама 7/8" ("Карта 2000/2003"), мають широкий спектр можливостей для розв'язання цієї задачі. Геометричні параметри об'єктів місцевості (їх координатний опис) можна отримати шляхом векторизації растрових даних. В якості растрової карти може виступати скановане зображення паперової карти або фотознімка. Окрім того, інформацію про геометрію об'єктів можна отримати в результаті конвертування даних з обмінних файлів інших ГІС і картографічних систем. Також дані про просторове розташування об'єктів можна отримати в результаті виконання розрахунку і порівняння даних топографо-геодезичних добірок або завантаження інформації з GPS-приймачів. Для нанесення на карту інформації, накопиченої користувачем в результаті багаторічної праці і збереженої в таблицях баз даних, існує стандартна процедура *геокодування* [45, 46, 50, 52].

Крім координатного опису елементів місцевості є необхідними їх атрибутивні дані [47]. Наприклад, в ГІС "Карта 2000" атрибутивні дані можуть зберігатися у двох варіантах: у вигляді параметрів об'єктів (*семантики*) спільно з координатним описом (*метрикою*) та в прикладних базах даних. Таблиці можуть оброблятися і накопичуватися як всередині ГІС, так і стандартним програмним забезпеченням, до якого користувач звик. При виконанні аналізу необхідно тільки виконувати процедуру пов'язання записів у таблиці бази даних та об'єктів на карті через певні ключі (ключові поля) [48, 50, 52, 54].

ГІС-аналіз – це процес пошуку географічних закономірностей в даних і взаємовідношень між просторовими об'єктами. Методи, які використовуються для цієї мети, можуть бути дуже простими, в ряді випадків треба лише створити карту, по якій буде виконуватись аналіз; або складнішими, які містять моделювання реального світу та об'єднання великої кількості різних шарів даних. На основі топографічної складової ГІС та різномірних атрибутивних даних можна виконувати тематичне картування місцевості з максимально високою ефективністю. Для подання результатів аналізу формуються різні види карт, які відображають кількісні та якісні характеристики місцевості: масштабовані символи; кольорові лінійки; діаграми; ізолінії; матриці висот; растри та матриці якостей; багат шарові матриці; перспективні 3D-види тощо [46, 52]. Більша увага усім цим технологіям та їх інструментарію буде приділена нижче.

4.2 Аналіз сучасних універсальних геоінформаційних пакетів, які використовуються в екологічних дослідженнях в Україні

Наведемо основні характеристики сучасних ГІС-пакетів, які використовуються в галузі екологічного моніторингу в Україні.

ГІС-пакет "ArcGIS" (США).

ArcGIS містить велику кількість складових, призначених для різних задач [47, 52, 53, 55-75]:

- ArcCatalog здійснює управління зберіганням просторових даних та структурою БД;
- ArcMap дозволяє створювати та редагувати карти і здійснювати картографічний аналіз;
- ArcToolbox дозволяє здійснювати перетворення та географічну обробку даних;
- ArcView містить повний набір інструментів створення карт і аналізу, а також найпростіші засоби для редагування і географічної обробки даних;
- ArcEditor, крім засобів ArcView, містить розширені можливості редагування;
- ArcInfo, крім засобів ArcEditor, містить розширені можливості географічної обробки даних – ця складова є найпотужнішою і найфункціональнішою в пакеті ArcGIS;
- ArcGIS Spatial Analyst забезпечує широкий вибір функцій просторового моделювання та аналізу, що дозволяють створювати растрові дані, будувати до них запити, вести картографування та аналіз на їх основі. ArcGIS Spatial Analyst дозволяє також проводити спільний аналіз векторних та растрових даних;
- ArcGIS 3D Analyst дозволяє ефективно відображати та аналізувати поверхні, у тому числі рельєф місцевості. Використовуючи ArcGIS 3D Analyst, можна розглядати поверхні з різних точок, будувати запити до поверхонь, визначати області видимості з різних точок спостереження та створювати реалістичні тривимірні зображення шляхом “накладання” растрових та векторних даних на поверхню. Ядром модуля ArcGIS 3D Analyst є додаток ArcScene, який забезпечує інтерфейс для перегляду шарів тривимірних даних, для побудови та аналізу поверхонь;
- ArcGIS Geostatistical Analyst дозволяє будувати неперервні поверхні на основі вимірів, проведених в окремих точках простору;
- ArcGIS Schematics – це ефективне та прогресивне рішення для автоматизованого створення схематичного й геосхематичного подання об’єктів бази геоданих ArcGIS;
- ArcPress призначений для виведення карт на друк шляхом створення файлів стандартних графічних форматів, а також файлів-

- програм, написаних мовами управління стандартними широкоформатними та настільними принтерами;
- ArcGIS Publisher забезпечує формування документів карт у форматі MXD, що дозволяє публікувати файли карт (у форматі PMF) та обмінюватися ними через локальні й глобальні мережі;
 - ArcGIS Survey Analyst призначений для обробки результатів геодезичного знімання;
 - ArcGIS Tracking Analyst використовується для відображення та аналізу даних у режимі реального часу, таких, наприклад, як дані систем супутникової прив'язки GPS;
 - ArcGIS Maplex призначений для оптимального розміщення в автоматичному режимі за заданими правилами текстових назв (підписів для об'єктів) на карті;
 - ArcScan є професійним векторизатором, та багато інших додатків, список яких весь час оновлюється, але про всі останні оновлення можна дізнатись на сайті фірми “Дата+”:

<http://www.dataplus.ru>

Крім цього, пакет ArcGIS має широкі можливості створення повнофункціональних програмних систем роботи з просторово-розподіленими базами даних в Internet (за допомогою ArcIMS); можливість роботи з базами геоданих в корпоративній мережі Intranet (за допомогою ArcSDE); потужний інструментарій для розробки власних програм (ArcGIS Engine, ArcObjects, MapObjects). Дуже велика поширеність у світі робить його універсальним (формати даних ArcGIS підтримуються більшістю інших ГІС) і відкриває великі можливості для інтеграції та обміну досвідом. Крім того, ArcGIS підтримує формати файлів MS Office.

Недоліком ArcGIS є велика вартість у порівнянні з вітчизняними та російськими ГІС-пакетами. Звичайно, є й безкоштовні чи порівняно дешеві складові, але їх функціональність досить обмежена. Детальніше про ГІС-пакет ArcGIS та його програмні модулі, як було згадано вище, можна дізнатись в компанії “ECOMM Co” (м. Київ), яка є офіційним дистриб'ютором компанії ESRI (розробника ArcGIS) в Україні (<http://www.ecomm.kiev.ua>).

ГІС-пакет “MapInfo Professional” (США).

ГІС MapInfo Professional дозволяє збирати, зберігати, відображати, редагувати та обробляти картографічні дані, що зберігаються в базі даних, з урахуванням просторової прив'язки об'єктів. MapInfo підтримує формати файлів Excel, Access, dBASE, Lotus 1-2-3, Oracle 8 та текстові, в яких, окрім атрибутивної інформації, можуть зберігатися координати точкових об'єктів [47]. ГІС MapInfo може виступати в ролі «картографічного клієнта» при роботі з СУБД через протокол ODBC [46].

ГІС MapInfo дозволяє використовувати свій інструментарій всередині програм користувачів, написаних мовами Delphi, Visual Basic, C++,

PowerBuilder.

ГІС-пакет MapInfo має вартість хоча й меншу, ніж ArcGIS, але все ж таки чималу як для широкого розповсюдження серед областей та їх районних представництв в Україні. Натомість функціональні можливості ГІС-пакета та модулів Mapinfo Professional менші, ніж ГІС-пакета ArcGIS, що й обумовлює його меншу поширеність у світі (див. порівняння рейтингів цитування в Internet в роботі [43]). Детальніше про цей ГІС-пакет та його програмні модулі можна дізнатись в компанії ТОВ "Інтелектуальні Системи ГЕО" ("ІСГЕО") (м. Київ), яка є офіційним дистриб'ютором компанії MapInfo в Україні (<http://www.isgeo.kiev.ua>).

ГІС-пакет "Панорама 7/8" ("Карта 2000/2003") (РФ).

"Карта 2000/2003" значно дешевший за ArcGIS, хоча має схожий інструментарій, що й більшість складових пакета ArcGIS разом узятих, однак з меншою кількістю варіантів та параметрів застосування. Стосовно ж вартості, то повна версія "Mapinfo Professional" коштує як повна версія ГІС-пакета "Карта 2000/2003" плюс сучасний персональний комп'ютер (вартістю дещо більше тисячі у.о.).

Основною ж перевагою пакета "Карта 2000/2003" для регіональних комп'ютеризованих систем екологічного моніторингу, на нашу думку, є наявність повнофункціональної безкоштовної версії, яка має практично усі можливості, що й платна професійна версія, в т.ч. роботу з базами даних, створення тематичних карт, програмне використання її інструментарію. Обмеження безкоштовної версії для інформаційно-аналітичних систем екологічного моніторингу стосуються, головним чином, кількості об'єктів векторної карти, з якими одночасно можна працювати (приблизно 22 тисяч), заборони конвертування карт в інші формати та роботи деяких спеціалізованих інструментів пакета. Деякі обмеження безкоштовної версії можна обійти шляхом написання власного програмного інструментарію на основі того інструментарію, який надається.

Функціональність версії ГІС-пакета "Карта 2003" відрізняється від версії "Карта 2000" несуттєво. Однією з основних і дуже вражаючих відмін є можливість створювати тривимірні карти за допомогою потужного редактора тривимірного вигляду кожного об'єкта. В пакеті "Карта 2000" теж є можливість побудови тривимірної рельєфної моделі та імітації її обльоту із записом avi-файлу, однак змінювати можна тільки один із трьох ракурсів одного із декількох десятків наперед заданих об'єктів (використовується демо-версія модуля, встановленого в "Карта 2003"). Решта відмін версій стосується появи додаткових параметрів у різних інструментах, появи деяких зручностей, більшої надійності в роботі та оновленні окремих інструментів пакета. Охарактеризуємо пакет "Карта 2003" як більш сучасний.

"Карта 2003" – це універсальна геоінформаційна система, що має засоби створення і редагування електронних карт, виконання різних вимірювань і розрахунків, обробки растрових даних, засоби підготовки графічних документів в електронному і друкованому вигляді, а також інструменталь-

ні засоби для побудови інформаційних систем із застосуванням різних СУБД [54].

Універсальність ГІС заснована не тільки на різноманітних інструментах обробки просторових даних, але і на різноманітності видів підтримуваних електронних карт – векторних, растрових і матричних.

У системі "Карта 2003" забезпечується робота з векторними картами різних масштабів, проекцій, систем координат: від плану приміщення – до космонавігаційної карти Землі. Забезпечується перетворення карт з однієї проекції в іншу. Склад відображуваних об'єктів може змінюватись відповідно до запиту користувача.

Векторні карти можуть містити опис реальних об'єктів місцевості та їх властивостей або тематичну інформацію. Є карти місцевості і карти, призначені для користувача. Призначені для користувача карти зберігаються окремо від карт місцевості, мають свої класифікатори, бібліотеки умовних позначень, шари і відображаються поверх карт місцевості. Кількість одночасно відкритих карт, число об'єктів в карті, розмір території практично необмежені. Користувач може змінювати яскравість, контрастність карти, встановлювати ступінь прозорості для поєднання декількох карт.

Растрові карти можуть створюватися на основі відсканованих карт матеріалів, матеріалів аерофотознімання або космічних знімків центральної проекції чи панорамних.

Матричні карти можуть містити дані про абсолютну висоту рельєфу або якісну характеристику місцевості, отриману шляхом аналізу та узагальнення атрибутів об'єктів у межах ділянки місцевості. Відповідно існують матриці висот і матриці якостей. Матриці можуть відображатися в плоскому або тривимірному вигляді.

Всі види електронних карт можуть оброблятися сумісно без обмеження на їх кількість.

Електронні карти можуть розташовуватися окремо на різних серверах в мережі і редагуватися в багатокористувацькому режимі. До об'єктів векторних карт можуть бути логічно прив'язані записи таблиць баз даних. Запити на відбір об'єктів для подальшої обробки можуть виконуватися з урахуванням змісту записів таблиць.

Електронна карта може бути оформлена шляхом нанесення на неї графічної векторної або растрової інформації. Оформлена карта може бути роздрукована на різних типах пристроїв друкування, у т.ч. за допомогою спеціалізованого типографського обладнання.

Є інструменти для побудови ортофотоплану за даними космічного і аерофотознімання, конвертори для форматів DBF, MIF/MID, Shape, S57, що дозволяє обмінюватись геоданими з форматами пакетів ArcGIS та MapInfo, редактор бібліотеки умовних знаків карт, трансформація карт у різні проекції, контроль якості карти та інші.

Редактор векторної карти виконує більше 70 різних режимів редагування. Зокрема, напівавтоматична векторизація за растром, операції над

групою об'єктів, побудова сплайнів, кіл, узгодження контурів, перенесення об'єктів в межах довільної криволінійної ділянки на іншу карту і багато іншого. Всі зміни на карті реєструються в протоколі транзакцій і можуть бути відмінені у будь-який момент часу. Редактор растра дозволяє вносити зміни безпосередньо до растрової карти, використовуючи різні графічні примітиви.

Є можливість підключення до карти баз даних різного формату через інтерфейси ODBC і BDE. Засоби побудови звітів дозволяють застосовувати програми Word і Excel для автоматизованої підготовки і друкування документів. Інформація про об'єкти карти може бути збережена в базі даних. На карті можуть бути створені нові об'єкти за даними із бази.

Пакет програм "Карта 2000/2003", на відміну від американських продуктів, розрахований на роботу на малопотужних комп'ютерах завдяки оптимізованому способу виведення великих обсягів картографічних даних на екран. Також пакет має потужні засоби введення, візуалізації та обробки даних. Є і спеціальний програмний інтерфейс для створення власних програм-оболонок із застосуванням сучасних мов програмування Delphi, Visual C++, Visual Basic, C++ Builder з використанням інструментарію пакета програм "Карта 2000/2003".

Детальніше про цей ГІС-пакет та його програмні модулі можна дізнатись на сайті розробника – КБ "Панорама" ("Panorama Group") (м. Москва, РФ) (<http://www.gisinfo.ru>).

ГІС-пакет "Digitals" (Україна).

ГІС-пакет "Digitals" призначений, головним чином, для створення цифрових карт та підготовки топографічних карт до друкування. Пакет займає малий обсяг на носіях (мінімальна конфігурація – близько 5 Мб), вільно працює з українськими літерами; підтримує імпорт/експорт з іншими ГІС-пакетами (ArcGIS, Mapinfo, Панорама) (за даними сайту розробника – Українського Державного науково-виробничого об'єднання "ГеоСистема" (м. Вінниця, Україна): <http://www.vingeo.com>).

У той же час ГІС-пакет має програмний інтерфейс для створення власних програм-оболонок із застосуванням сучасних мов програмування Delphi та Visual C++.

В останніх версіях програми з'явився ряд можливостей щодо збору та редагування даних як у режимі моно-, так і стерео- (коли на екрані одночасно суміщаються зображення одного об'єкта, зняті з різних кутів – рис. 4.1). Програма дозволяє використовувати аерокосмічні знімки та скановані карти будь-яких розмірів для формування растрових файлів. Є інструмент редагування карт; можливість передавати отримані дані в інші системи та використовувати дані із GPS-приймачів; растрове цифрування в картографічному середовищі з інтелектуальними функціями збирання; створення і друк мозаїчних ортофотопланів і ортофотокарт високої якості; синхронна зміна суміжних об'єктів під час редагування; редактор умовних позначень з бібліотеками; форматоване виведення параметрів і підтримка

різних одиниць вимірювання; швидкий пошук об'єктів, можливість прив'язки до об'єктів текстових, графічних та інших файлів; підтримка спеціальних приладів для стереоогляду; створення звітної документації з інформації про параметри об'єктів; вставляння растрових зображень в карту; контроль параметрів, які вводяться користувачем, та інше.

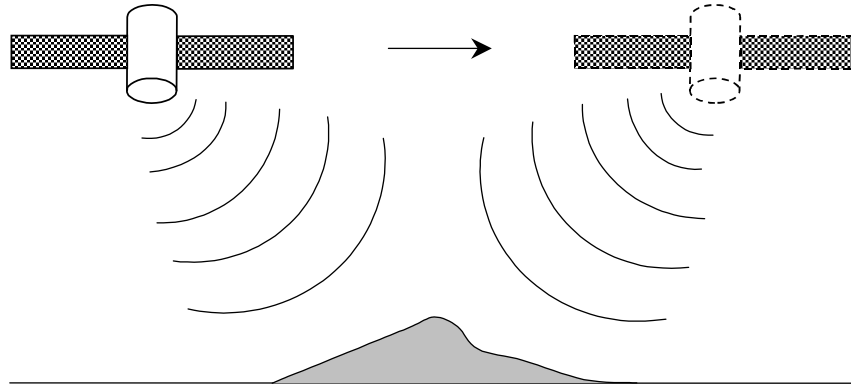


Рисунок 4.1 – Схема супутникового знімання рельєфу місцевості з двох точок для забезпечення його автоматичного цифрування

Щодо міжнародного визнання української ГІС “Digitals” варто зазначити, що вона використовується в Китаї (є локалізація китайською мовою).

Недоліки цього ГІС-пакета: дуже обмежений інструментарій роботи з базами даних – фактично, цей пакет має лише способи внесення, зберігання та візуалізації даних, а роботу зі сторонніми СУБД не підтримує; уповільнений спосіб виведення карт з великим обсягом картографічних даних на екран; обмежена інтеграція з офісними програмами; обмежені можливості аналізу даних. Це обумовлено тим, що НВО “ГеоСистема” спеціалізується на інших задачах, аніж створення ГІС-пакетів (див. <http://www.vingeo.com>).

ГІС „GeoDraw” („Geograph”) (РФ).

Призначений для створення цифрових карт і планів, GeoDraw підтримує побудову топологічної і багат шарової структури просторових об'єктів, ідентифікацію об'єктів і зв'язування їх з базами атрибутивних даних сторонніх СУБД через протокол ODBC, експорт/імпорт цифрових карт у формати, що використовуються найбільш популярними ГІС [47, 77]. Три основні модулі ГІС „GeoDraw”: Geograph (для перегляду ГІС), Geodraw (векторний топологічний редактор) Geoconstructor (для створення ГІС). ГІС „GeoDraw” має низькі вимоги до апаратного забезпечення та підтримує багато форматів даних сучасних ГІС і САПР. Недоліком ГІС „GeoDraw” є неможливість використовувати її інструментарій для створення власних прикладних програм, що обмежує перспективи розширення її функціональності.

Крім перерахованих вище ГІС-пакетів, поширеними є геоінформаційні модулі-розширення відомих програмних пакетів, наприклад AutoCAD Map 2000, а також схоже за функціональністю до ГІС програмне

забезпечення, яке, однак, не дозволяє розв'язувати задачі, пов'язані з картографічним аналізом, і яке не відноситься до класу ГІС-пакетів: CorelDraw, MS Visio, Adobe Photoshop, що виконують функцію редагування “карт”, MS Excel, MS Word, що виконують функції “баз даних” (див., наприклад, статтю [77]) та вузькоспеціалізовані геодезичні програми, наприклад, “ОКО”.

4.3 Етапи проведення досліджень з використанням ГІС-технологій

Процес використання ГІС-технологій в наукових дослідженнях з екологічної тематики можна розділити на декілька етапів:

1. Збирання вхідного матеріалу та створення ГІС.
2. Розв'язання різного роду задач за допомогою ГІС-інструментарію за допомогою вже існуючої ГІС.
3. Візуалізація вхідних даних та результатів розв'язання задач.

Як було зазначено вище, для створення ГІС необхідно мати електронну векторну карту, яка може доповнюватись растровими та матричними картами, та базу даних з інформацією про об'єкти векторної карти. Формування електронної карти, бази даних та встановлення між об'єктами карти і записами бази даних інформаційного зв'язку відноситься до першого етапу.

До другого етапу відноситься розв'язання задач обробки та аналізу даних, часовий та просторовий аналізи, моделювання і візуалізація процесів в об'єкті дослідження за допомогою ГІС-інструментарію, прогнозування розвитку цих процесів, вироблення оптимальних керівних рішень для досягнення заданого стану об'єкта дослідження із заданими обмеженнями та критерієм оптимальності й ін.

До третього етапу відноситься використання можливостей ГІС у візуалізації як вхідних даних, так і результатів досліджень: побудова тематичних карт та діаграм, побудова тривимірних статичних та рухомих зображень.

Для якісного проведення наукового дослідження за допомогою ГІС-технологій слід:

1. Чітко поставити задачу: задати вхідні передумови, обмеження, зібрати вхідні дані у потрібному форматі та вигляді.
2. Вибрати готову ГІС (електронну карту та базу даних для неї) або створити ГІС спеціально для розв'язання поставленої задачі.
3. Вибрати оптимальний геоінформаційний пакет і його модулі (ArcInfo, ArcCatalog, ArcScan, ArcView, Mapinfo Professional, Панорама 7 або 8, Панорама-векторизатор, Digitals чи ін.) та систему управління зовнішньою базою даних, якщо у ній є потреба (MS Access, Paradox, MySQL тощо). Не завжди доцільно вибирати найпотужніший ГІС-пакет та підключати усі доступні модулі – варто вибирати той, який дозволить розв'язати поставлену задачу у найкоротший час за мінімуму зусиль та за наявних даних.

4. Вибрати або розробити математичний та алгоритмічний апарат для розв'язання задачі, оптимальний за певним критерієм (мінімальна похибка, мінімум операцій тощо). При цьому можна скористатись ГІС-інструментарієм для візуалізації наявних вхідних даних.

5. Розв'язати задачу з використанням вибраного математичного, алгоритмічного та програмного забезпечення.

6. Візуалізувати (продемонструвати) результати розв'язання задачі на декількох прикладах, щоб максимально підкреслити досягнутий розв'язок чи ефект від нього для об'єкта дослідження. Форма представлення результату може бути графічна на екрані комп'ютера, таблична у комп'ютерному файлі (.txt, .doc, .xls), у вигляді тематичної карти на екрані чи на папері, відеоматеріал у різних форматах (.avi, .mpeg), презентація в PowerPoint, яка поєднує усі вищезазвані види представлення результату, чи ін.

7. Зробити висновки та виробити рекомендації для вдосконалення стану об'єкта або для подальшого використання результатів моделювання.

8. Оформити результати у вигляді звіту чи наукової роботи (статті, монографії) та підготувати доповідь на конференцію.

4.4 Класифікація прикладів використання ГІС-технологій в екологічних дослідженнях

Як було зазначено вище, геоінформаційні карти використовуються з різною метою і в різного роду задачах. Здійснимо їх класифікацію за декількома критеріями. Важливо зазначити, що розв'язання однієї і тієї ж задачі може відноситись одночасно до декількох типів використання ГІС.

ГІС-технології використовуються:

I. За призначенням результатів роботи для:

1. **Візуалізації даних** – використання тільки тих інструментів, які дозволяють відобразити місцевість чи кількісні показники певних об'єктів у зручному вигляді (найбільш поширений тип, який широко використовувався ще в давнину, ГІС-технології лише додають зручності та ефектності цьому процесу). Практично усі ГІС-пакети мають інструментарій для розв'язання цих задач. Часто ці задачі розв'язують і за допомогою пакетів програм, які не належать до класу ГІС-пакетів, оскільки не підтримують операції з координатами точок в одній із стандартних геодезичних проекцій: CorelDraw, PhotoShop та ін.
2. **Аналітичної обробки даних** – використання спеціалізованих інструментів, котрі дозволяють отримувати нову інформацію завдяки обробці даних з урахуванням їх просторової прив'язки.
3. **Збереження даних та забезпечення доступу до даних через Internet** – використовуються потужні мережні геоінформаційні системи з розподіленими банками даних, наприклад ArcSDE (для

Intranet-мережі організації) або ArcIMS (для Internet). Є й інші мережні ГІС, основна мета яких збереження та забезпечення оперативного зручного доступу до будь-яких текстових, числових чи картографічних даних.

II. За задачами, які розв'язуються:

1. Візуалізації просторово-орієнтованих кількісних даних для їх більш чіткого сприйняття.

Геоінформаційна технологія дозволяє у зручному вигляді відображати просторово-орієнтовані кількісні дані, тобто показувати їх кольором, розміром та типом умовних позначень на певній місцевості. Вибір шкали кольорів чи розмірів є цілою наукою. Для забезпечення оптимальної візуалізації кількісних даних, наприклад в ГІС-пакеті ArcGIS, є спеціальний інструментарій для аналізу гістограми розподілу цих кількісних даних. У відповідності до параметрів цієї гістограми та закону розподілу даних (рис. 4.2) можна вибрати оптимальну кольорову шкалу для їх візуалізації [52].

Важливе значення має і правильна постановка задачі візуалізації. Наприклад, в одному випадку краще будувати карту наявності певної властивості в об'єктів, що досліджуються. А іноді – карту відсутності цієї ж властивості.

Наприклад, спеціалісти Спілки охорони дикої природи WCS та Центру міжнародної інформації в галузі наук про Землю CIESIN розробили тематичну карту з оцінкою впливу людини на довкілля. А для кращого сприйняття цієї інформації зробили “дзеркальну” їй карту дикої природи, що залишилась. На цій карті червоним кольором відображено найбільш дикі місця, а зеленим – найменш. Оскільки диких місць менше, ніж добре освоєних людиною, то ця “дзеркальна” карта є більш зручною для сприйняття. За рахунок використання невеликої кількості кольорів карта стає дуже наочною для глобальних висновків (рис. 4.3) [78].

Вченими Інституту картографії та геоінформатики при Технологічному університеті м. Хельсінкі за допомогою ГІС здійснюється планування та відображення екологічних мереж. На рис. 4.4 наведено візуальне зображення екологічних бар'єрів (магістралей, залізничних доріг, водотоків, трубопроводів, сільськогосподарських полів, міської забудови та ін.) для міграції організмів в межах ареалів їх поширення. Ступінь екологічного впливу бар'єрів відображена кольором та “висотою” їх умовних позначень в пакеті ArcGIS 3D Analyst [79].

2. Створення візуального доповнення в інформаційних банках даних та реєстрах.

Вченими Вінницького національного технічного університету під керівництвом В. Б. Мокіна у 2004 році було створено електронний кадастр місць видалення відходів та хімскладів (МВВ та ХС) Вінницької області на замовлення Держуправління екології та природних ресурсів у Вінницькій області. Цей кадастр не тільки містить базу паспортних даних МВВ і ХС та

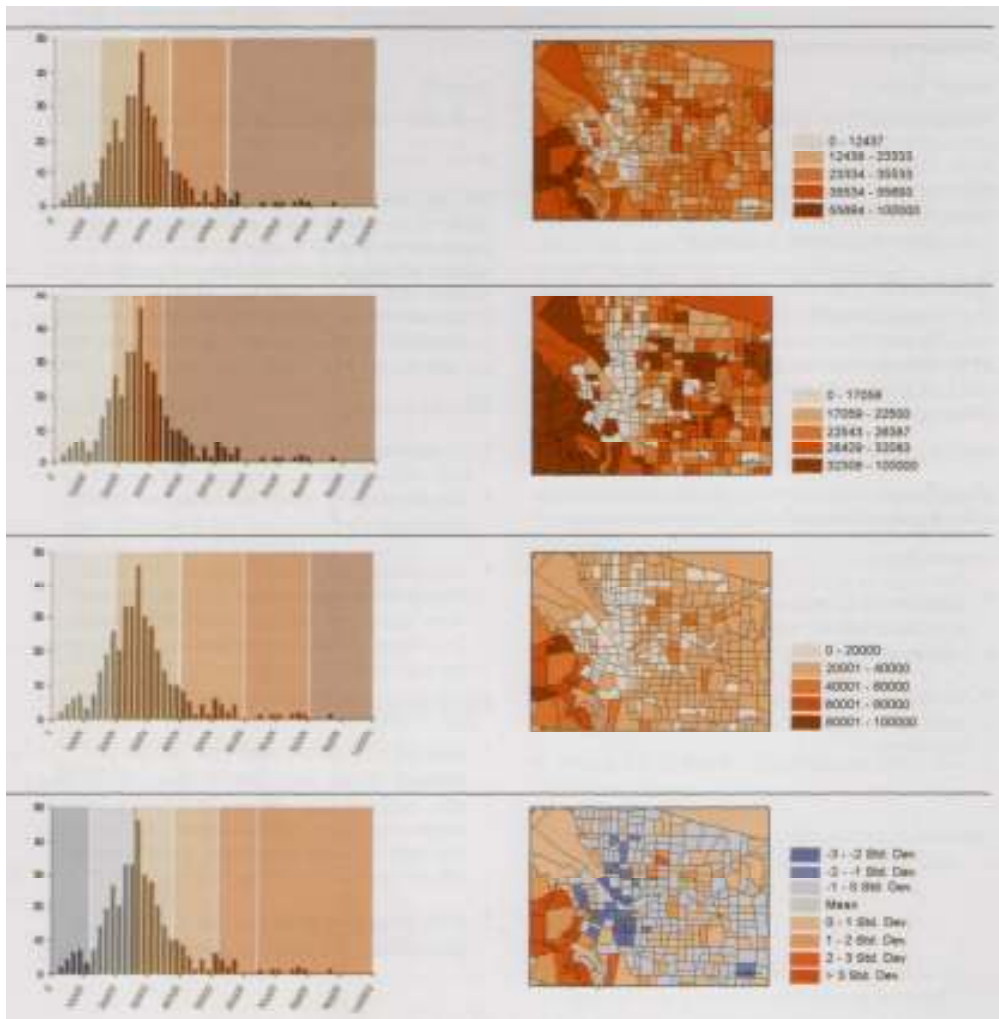


Рисунок 4.2 – Аналіз гістограми розподілу кількісних даних у відповідності до її параметрів та закону розподілу (ArcGIS) [52]

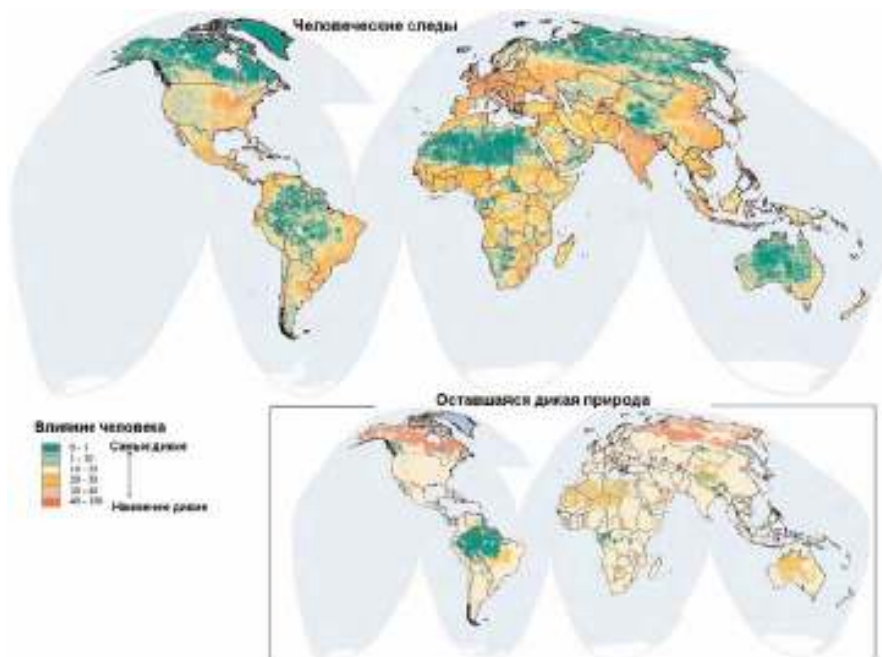


Рисунок 4.3 – Карта оцінки впливу людини на довкілля (ArcGIS) [78]

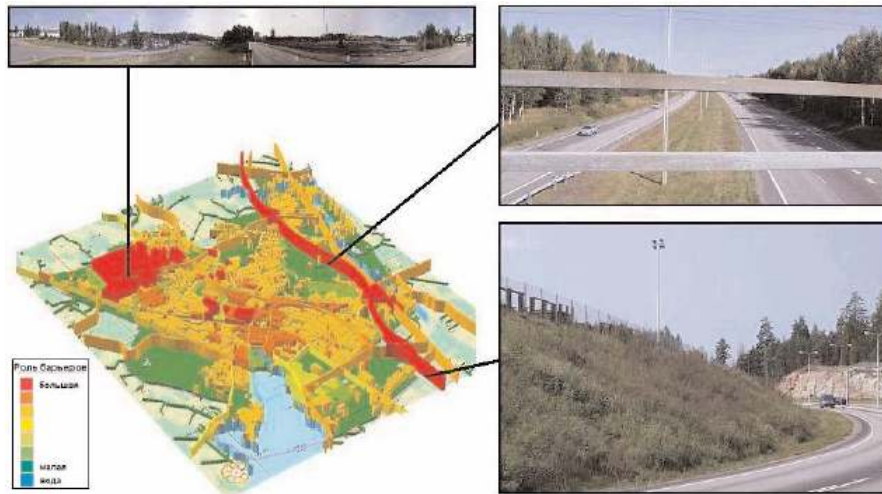


Рисунок 4.4 – Візуальне зображення екологічних бар'єрів (ArcGIS) [79]

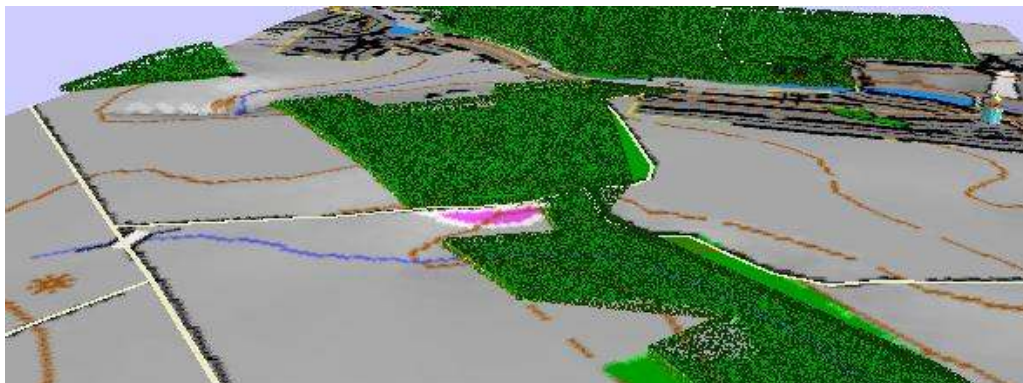


Рисунок 4.5 – Тривимірна схема місця видалення відходів (Панорама) [80]

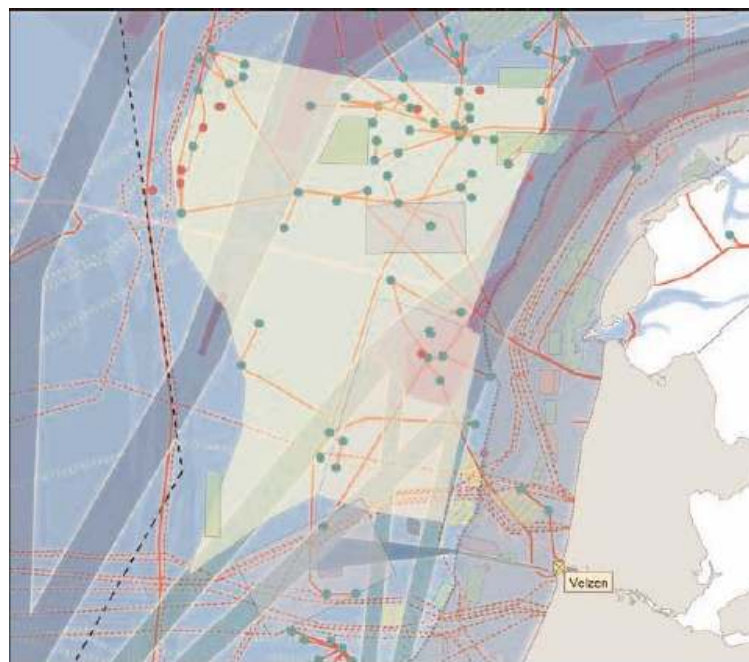


Рисунок 4.6 – Одна із карт, створена за допомогою ArcMap в Центрі інформаційних та комунікаційних технологій “Nuon” (ArcGIS) [93] геоінформаційну карту з їх просторовою прив'язкою, а й додатково до па-

спорту місць видалення відходів можна переглянути фрагмент тривимірної карти місцевості, де розташовано це МВВ (рис. 4.5). Тривимірна карта побудована в ГІС-пакеті “Панорама” (РФ) за допомогою інструменту “Формування тривимірної карти місцевості” [80, 81].

3. Аналітичної обробки даних із врахуванням багатьох критеріїв.

В Центрі інформаційних та комунікаційних технологій “Nuon” Нідерландів вибирається територія для встановлення вітрогенераторів. При цьому бажаним є прибережне мілководдя, де вітер більш стійкий, ніж на суші, мала щільність судноплавства, мала наближеність до шляхів міграції птахів, а також врахування обмежень з боку військових. Кожному з цих факторів присвоюється певна вага, далі для кожного будується відповідна тематична карта, а потім ці карти накладаються одна на одну і за певним алгоритмом визначаються території, де усі ці критерії задовольняються максимально (рис. 4.6) [93].

В Державному заповіднику “Денежкин Камень” у м. Североуральську, Свердловська область РФ, вченими університету Пурду (США) за допомогою створеної ГІС, картографічні дані якої були уточнені за допомогою даних супутникового знімання, формуються оптимальні фенологічні маршрути. На основі порівняння карт типів дерев у лісі, карт рельєфу (з параметрами: експозиція схилу, кут нахилу місцевості), карт маршрутів ссавців, птахів, продуктивності ягідників та кедрівників, вдалось знайти ті місця, де досягається найбільша біорізноманітність, представлені основні типи лісу заповідника та є найбільш типові ландшафти (рис. 4.7) [81].

4. Прогнозування розвитку певних процесів чи явищ.

Урядова інформаційно-аналітична система з надзвичайних ситуацій України, розроблена на замовлення МНС України фахівцями та вченими Розподіленого інформаційно-аналітичного центру ІНТЕК-Україна, Інституту кібернетики НАНУ, Інституту геохімії навколишнього середовища НАН та МНС України, НДЦ технологій стійкого розвитку Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського та ЗАО “ЕСОММ Со”, має за мету забезпечити міжвідомчу інформаційну взаємодію та аналітичну підтримку прийняття рішень на основі сучасних методів просторового аналізу, моделювання розвитку надзвичайних ситуацій та прогнозування їх наслідків. Наприклад, за допомогою ГІС-інструментарію пакет програм дозволяє розраховувати та здійснювати візуалізацію результатів моделювання поширення викидів в атмосферу (рис. 4.8), результатів прогнозування зони затоплення місцевості (рис. 4.9) [82].

Фахівцями Метеорологічної обсерваторії географічного факультету Московського державного університету ім. М. В. Ломоносова за допомогою ArcGIS проводиться обробка метеокліматичних даних РФ та їх прогнозування. На рис. 4.10 наведено результати прогнозування аномалій атмосферного повітря на весняно-літній сезон 2002 року для РФ. Під аномаліями мається на увазі перевищення середньосезонних значень від перевищення протягом одного місяця до перевищення протягом усього сезону [83].

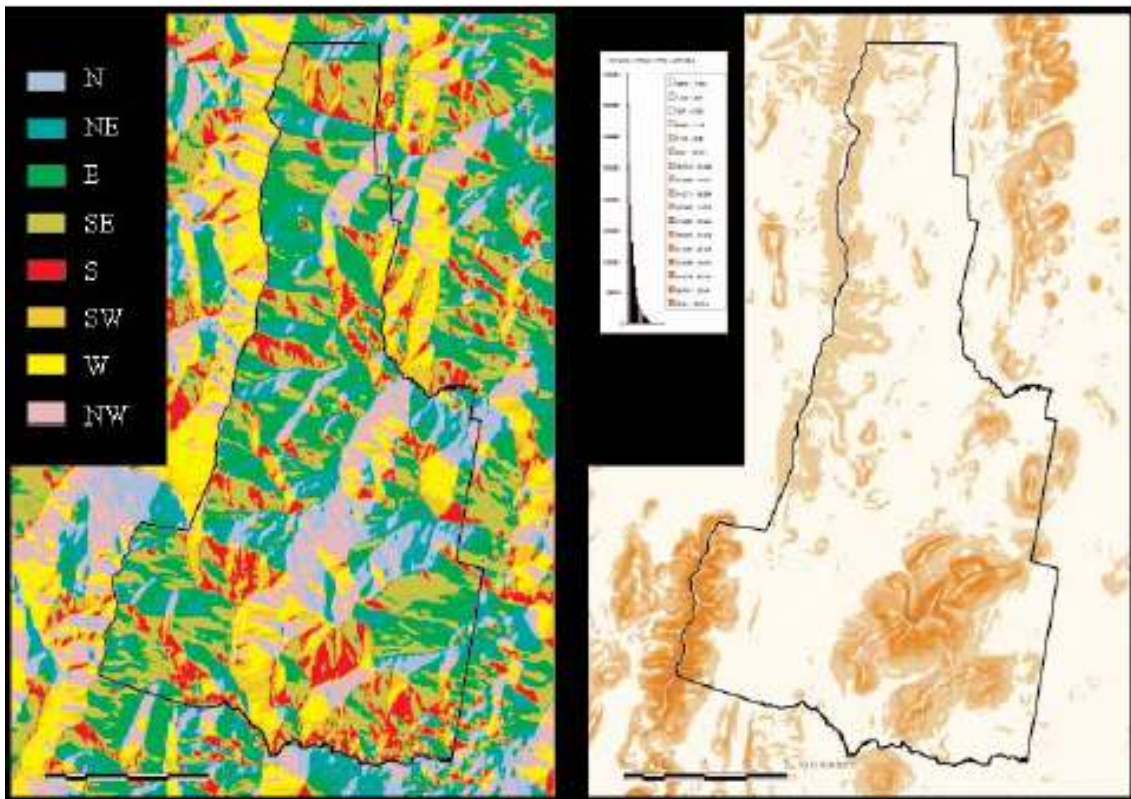


Рисунок 4.7 – Карти експозицій та схилів (ERDAS IMAGINE) [91]

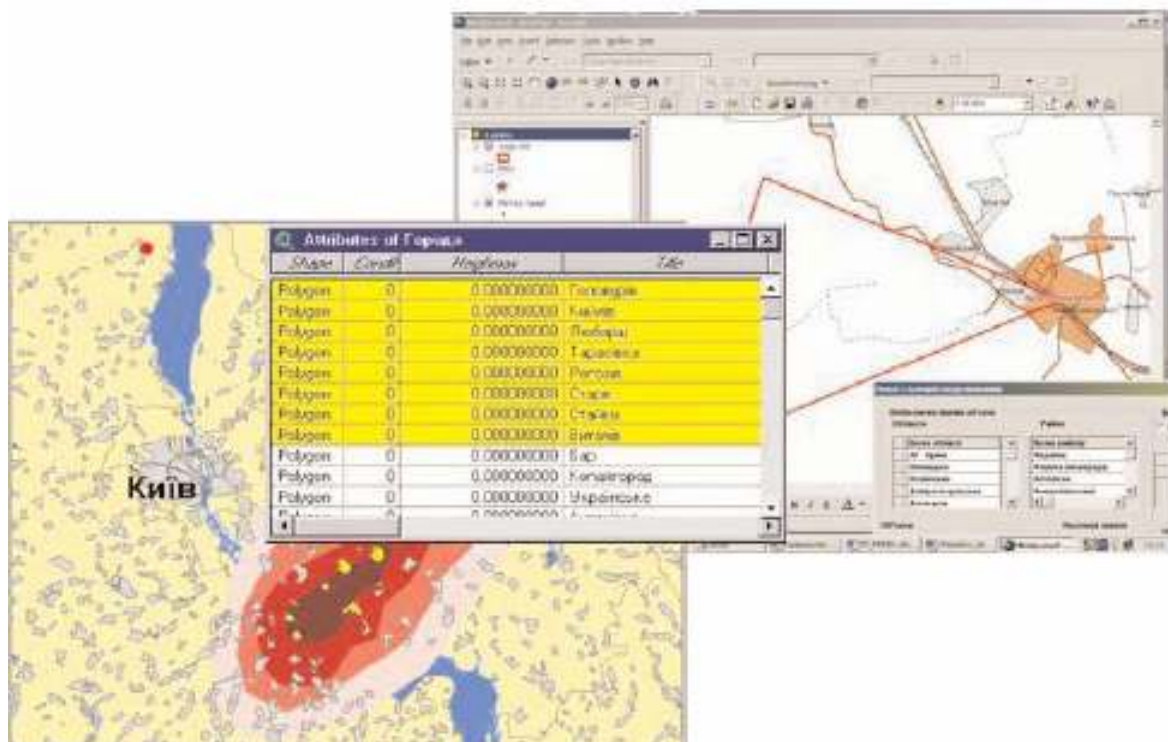


Рисунок 4.8 – Результати моделювання (прогнозування) міграції викидів в атмосферу засобами ГІС (ліворуч) та, для порівняння, за стандартною методикою, прийнятою в МНС України (праворуч) (ArcGIS) [82]



Рисунок 4.9 – Прогнозування зони затоплення 1% рівня забезпеченості в заплаві р. Боржава (ArcGIS ArcScene) [82]

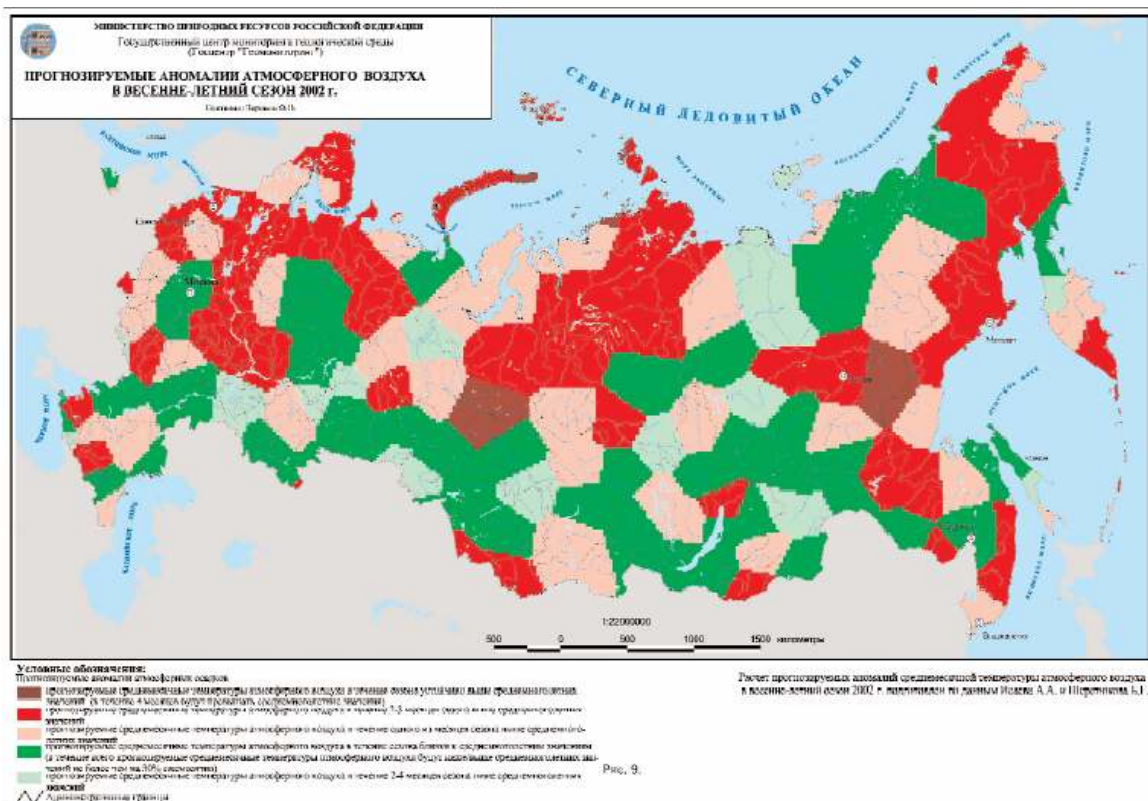


Рисунок 4.10 – Результати прогнозування аномалій атмосферного повітря на весняно-літній сезон 2002 року в РФ (ArcGIS) [83]

5. Аналізу наслідків певних процесів чи подій, які вже відбулись.

Фахівцями ЗАО ППФ “Діорит” (м. Москва) розроблено інформаційно-програмне забезпечення для моніторингу селів в районі міста Тирнауз в долині р. Баксан, що на Північному Кавказі. На рис. 4.11 наведено фрагмент карти з оцінкою наслідків сходження катастрофічного селю у 2000 році (загинуло 8 осіб, зруйновано частину міста з багатопверховими будинками, збитки склали мільярди карбованців) [84].

6. Інтерполювання даних з виявленням нових закономірностей чи відтворенням картини розподілу певних параметрів у просторі.

Вченими Інституту промислової екології Півночі КНЦ РАН (м. Апатити, РФ) були побудовані карти розподілу концентрації стронцію та вмісту кишкової палочки у водах річки Белая в районі м. Кіровськ та м. Апатити (рис. 4.12) [85].

Вченими та студентами кафедри раціонального природокористування географічного факультету Московського державного університету було здійснено комплексне фізико-екологічне обстеження експозиційних зал Музею землезнавства університету. Побудована ГІС музею та низка тематичних карт, головним чином, радіаційно-екологічної обстановки та електромагнітного забруднення приміщень. Карти побудовані шляхом проведення обмірів у певних точках та інтерполяції в інших точках в пакеті ArcGIS 3D Analyst (рис. 4.13). В результаті було виявлено два радіоактивних експонати, які раніше вважались безпечними [86].

7. Комплексності врахування багатьох параметрів довкілля.

Побудована в Державному заповіднику “Денежкин Камень”, що вже згадувався, ГІС, яка відображає динаміку зміни продуктивності ягодників та кедровників по сезонах, дозволяє досліджувати закономірності в маршруті тварин саме у порівнянні зі станом середовища, в якому живе відповідна тварина [81].

Фахівцями НВП “Екологічна лабораторія” ГУГП “Южгеологія” (м. Ростов-на-Дону, РФ) була побудована карта екологічної комфортності проживання на території м. Ростов-на-Дону, яка є результатом зівставлення карти самого міста, карти шумового навантаження міста, карти підтоплення міста ґрунтовими водами, карти забруднення міста пилом, карти розподілу важких металів та інших токсикантів в атмосферних опадах та карти ступеня забруднення ґрунту важкими металами та нафтопродуктами (рис. 4.14) [87].

III. За інструментарієм, що використовується.

1. Побудови *тематичних карт та діаграм* (картограм) та їх друкування (див. рис. 4.3, 4.6, 4.8, 4.10 - 4.15) [43, 44].
2. Формування *цифрової матриці рельєфу (ЦМР)*



Рисунок 4.11 – Фрагмент карти з оцінкою наслідків сходження катастрофічного селю у 2000 р. (ArcGIS) [84]

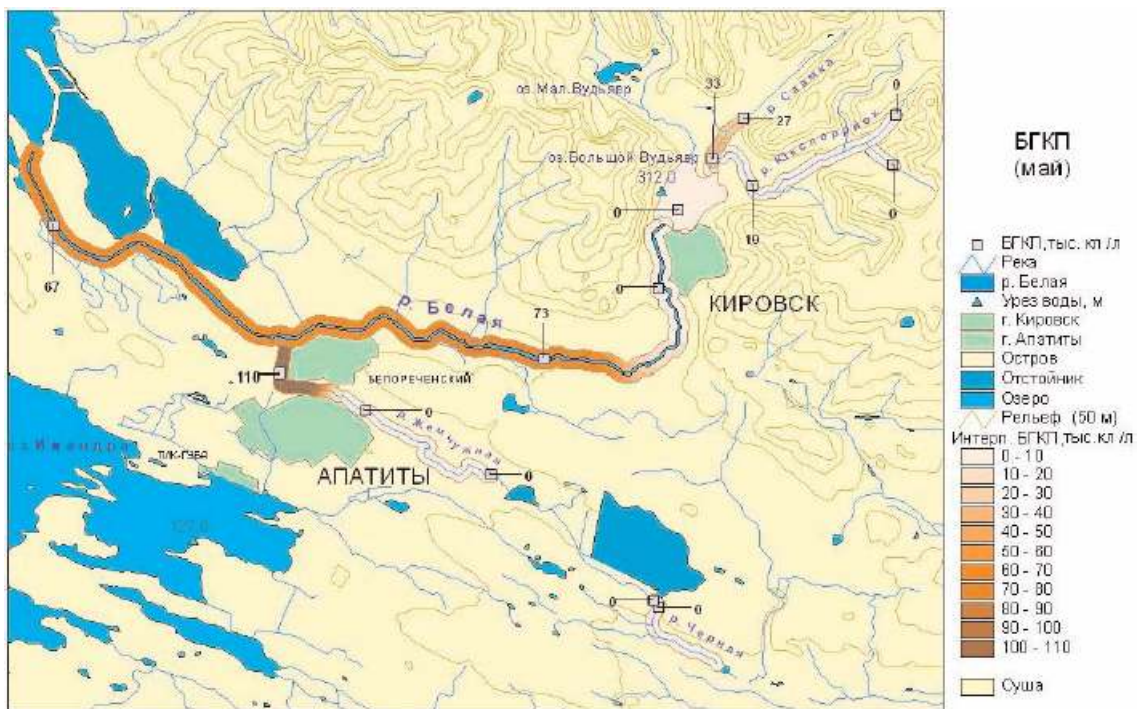


Рисунок 4.12 – Карта розподілу чисельності бактерій типу кишкової палочки у водах річки Белая в районі м. Кіровськ та м. Апатити (ArcGIS) [85]

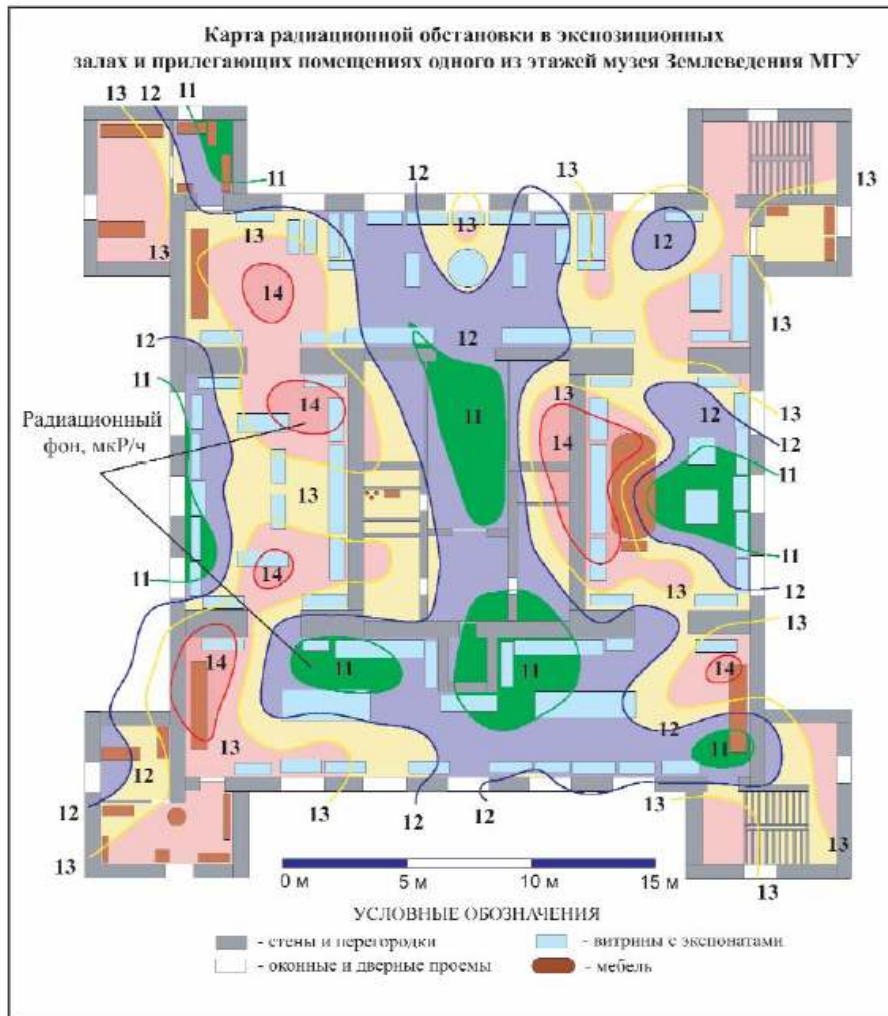


Рисунок 4.13 – Результаты радиационно-экологического дослідження приміщень (ArcGIS) [86]

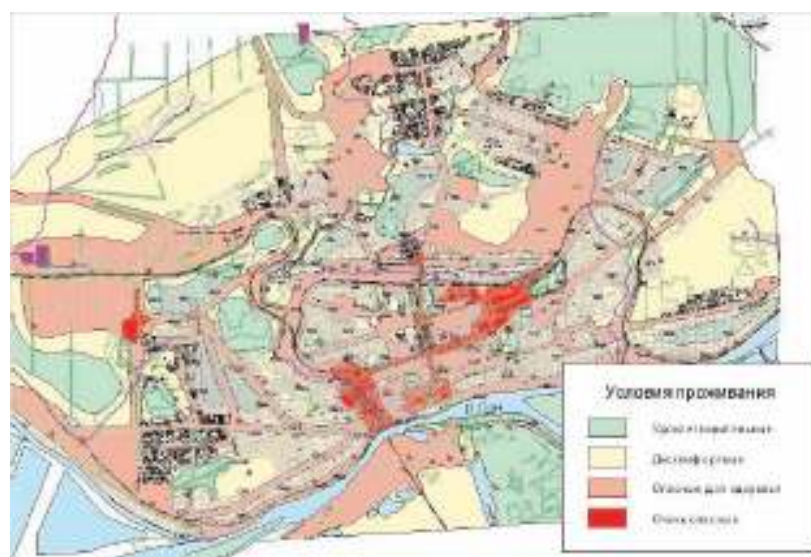


Рисунок 4.14 – Карта екологічної комфортності проживання на території м. Ростов-на-Дону (ArcGIS) [87]

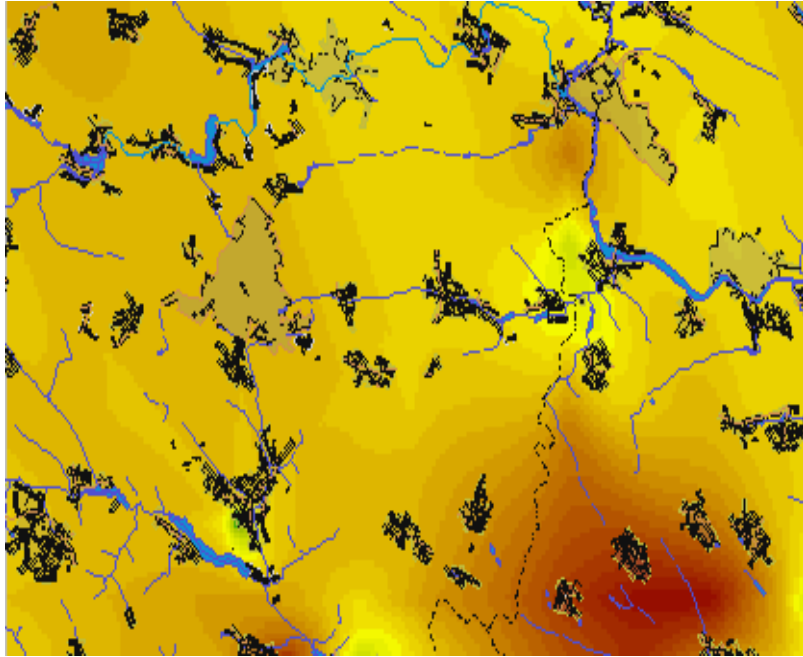


Рисунок 4.15 – Фрагмент тематичної карти із забруднення водних ресурсів нітратами (Панорама) [43, 44]

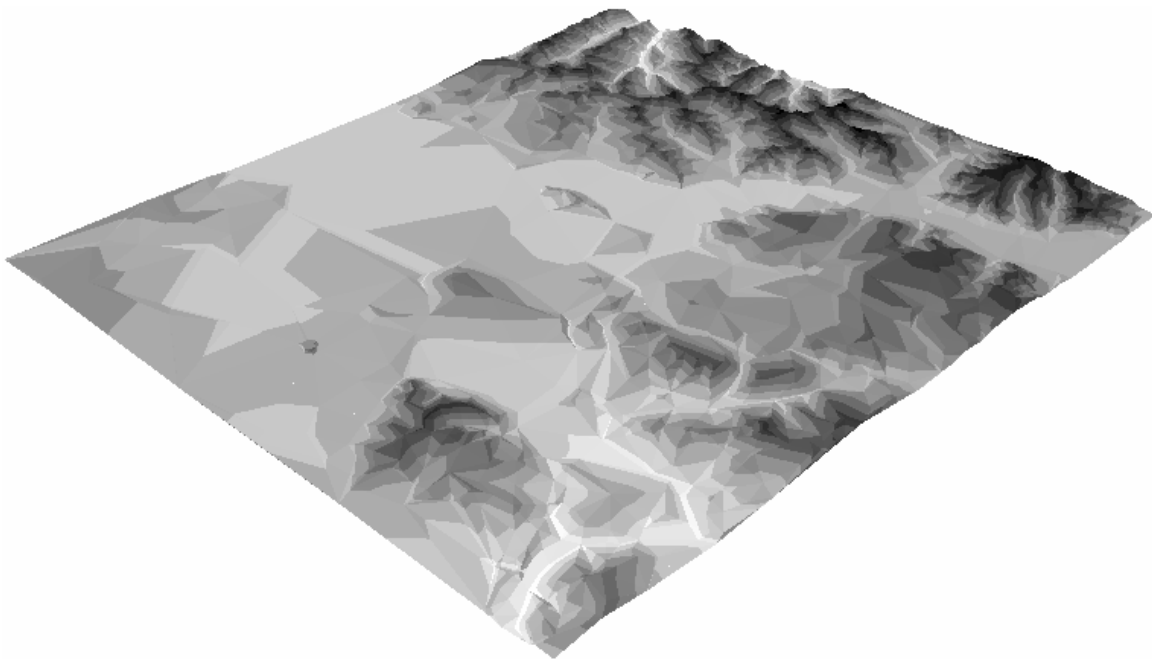


Рисунок 4.16 – ЦМР у вигляді TIN (об'ємний вигляд в перспективі) (ArcGIS) [43]

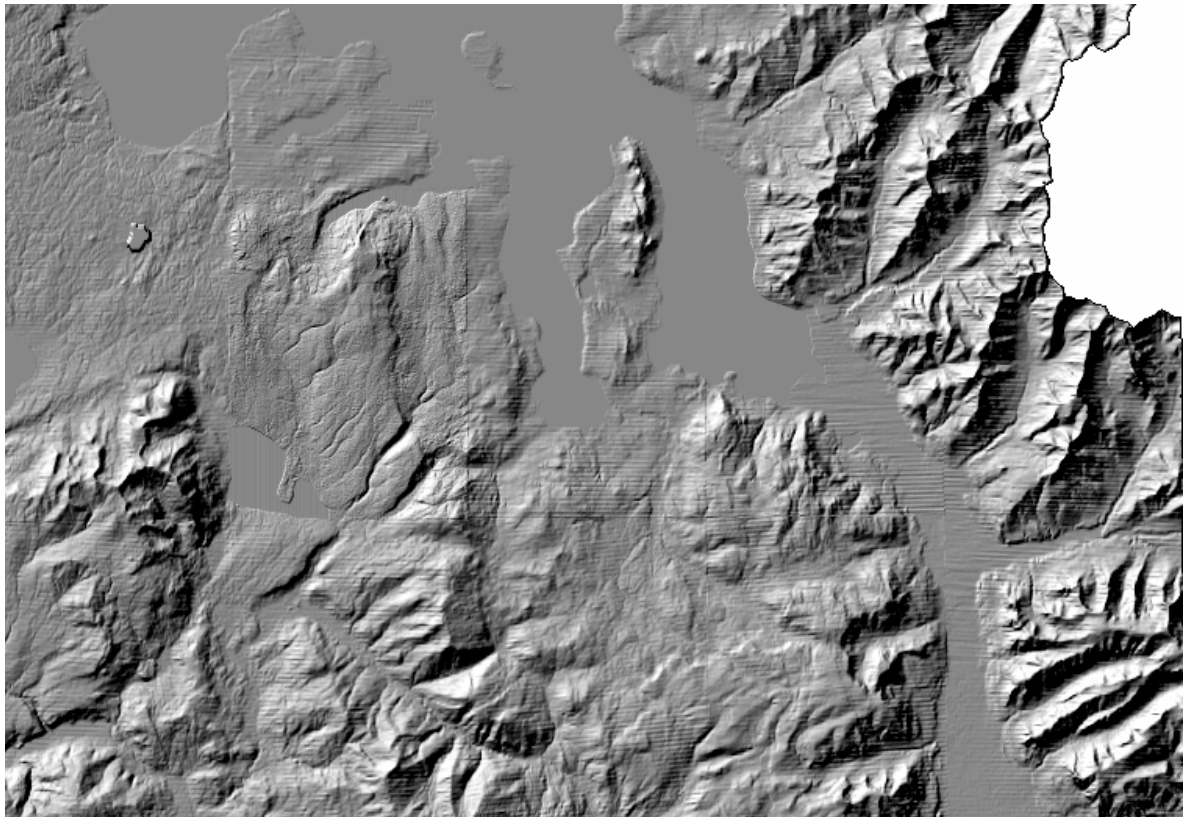


Рисунок 4.17 – ЦМР з більшою деталізацією (ArcGIS) [43]



Рисунок 4.18 – ЦМР з векторними об'єктами (Панорама) [43]

3. Геостатистичного аналізу.

Геостатистична модель просторових даних для кількісного оцінювання їх просторової кореляції використовує функції відстані між парами точок та напрямом вектора, який з'єднує ці точки. Іншими словами, геостатистичні методи дозволяють отримати кількісну оцінку просторової автокореляції з урахуванням просторової конфігурації опорних точок відносно точки, для якої робиться прогноз. При цьому задається міра похибки прогнозу, яка дозволяє визначити ступінь точності прогнозування. Наприклад, на рис. 4.19 показана побудована за цим методом в ГІС-пакеті ArcGIS GeoStatistical Analyst карта ймовірності захворювання дітей Білорусі раком щитовидної залози на основі аналізу напрямків вітру 27-30 квітня 1986 року з боку Чорнобильської АЕС [88].

4. Обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

В російській системі дистанційного моніторингу лісових пожеж Міністерства природних ресурсів РФ, створеній Центром з проблем екології та продуктивності лісів РАН (м. Москва), Інститутом космічних досліджень РАН (м. Москва), Інститутом сонячно-земної фізики СО РАН (м. Иркутськ) та ФГУ “Авіалісоохорона”, здійснюється оперативний моніторинг лісових пожеж з використанням даних дистанційного зондування Землі. Дані з супутників TERRA і AQUA надходять з інтервалом в 12 та 20 годин. Далі вони обробляються пакетом програм “СМИС-П”. На рис. 4.20 наведено знімок Центральної Якутії від 18.07.2002 р., де чітко видно шлейфи диму від лісових пожеж. Детектовані місця лісових пожеж заносяться у геоінформаційну карту в ГІС-пакеті ArcView 3.x [89].

Вченими Новосибірського регіонального центру геоінформаційних технологій Сибірського відділення РАН проводиться дослідження природничо-історичних закономірностей розвитку Аральського регіону, зміни клімату та екосистеми озера, їх впливу на розселення та міграцію населення. Основою дослідження є космознімки різних супутників та форматів РФ та США з роздільною здатністю 160 м, 180 м та 250 м. На рис. 4.21 чітко видно стадії відступання берега Аральського моря з часом, а на більш оглядовому знімку на рис. 4.22 видно границі Аралу у 1960 році та в значно більш давню епоху – епоху голоцену [91].

Одним із найпотужніших пакетів програм для обробки даних ДЗЗ є ERDAS IMAGINE. В МНС спільно з Гідрометеослужбою Республіки Башкортостан здійснюється відслідковування динаміки сходження снігового покриву на основі даних ДЗЗ низької роздільної здатності. Метод оснований на наявності закономірності між величиною і швидкістю накопичення снігового покриву в басейнах річок та початком небезпечного підйому рівня води у цих річках. З певною періодичністю аналізуються супутникові знімки місцевості. На них за допомогою пакета ERDAS IMAGINE чітко виявляють контури снігового покриву та наносять їх на карту (рис. 4.23). Регулярно аналізуючи карту за картою, можна робити висновки про швидкість накопичення снігу в регіоні та робити певні прогнози про появу у цьому регіоні паводків та повеней, їх розміри та наслідки [90].

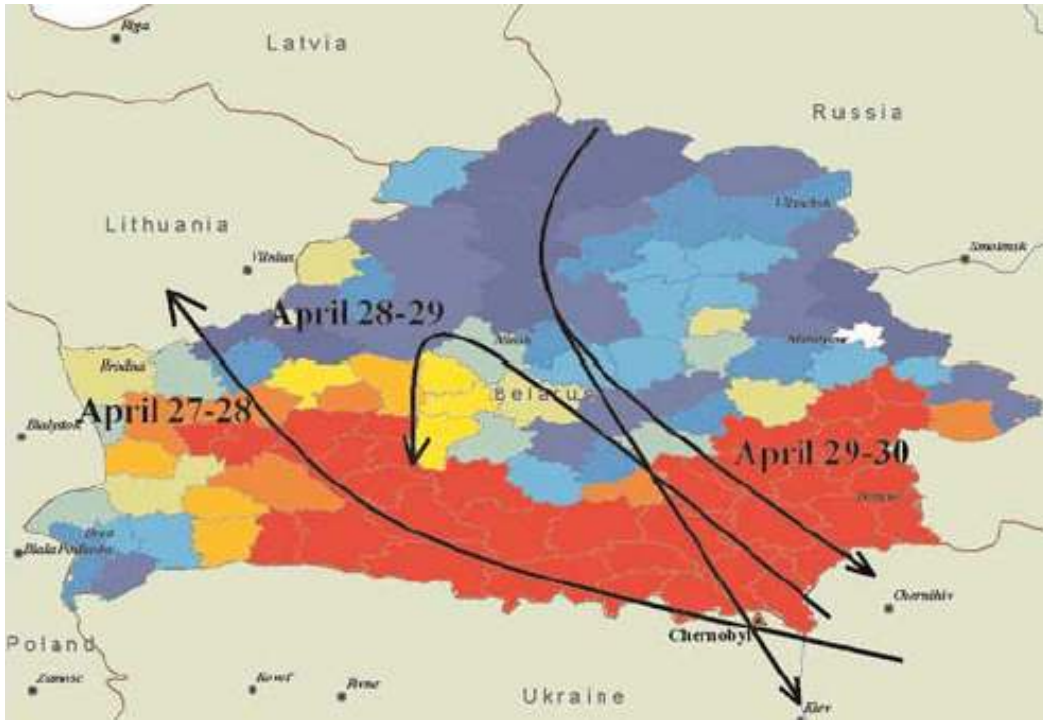


Рисунок 4.19 – Карта ймовірності захворювання дітей Білорусі раком щитовидної залози на основі аналізу напрямків вітру 27-30 квітня 1986 року з боку Чорнобильської АЕС (ArcGIS GeoStatistical Analyst) [88]

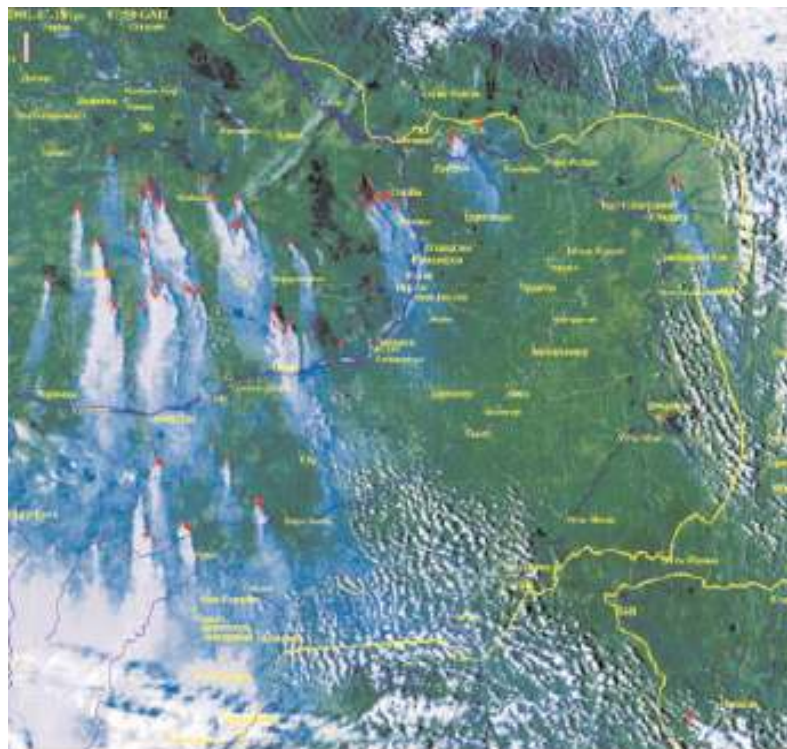


Рисунок 4.20 – Знімок Центральної Якутії (ArcView) [89]



Рисунок 4.21 – Стадії відступання берега Аральського моря на знімку ASTER, 2001 рік [91]

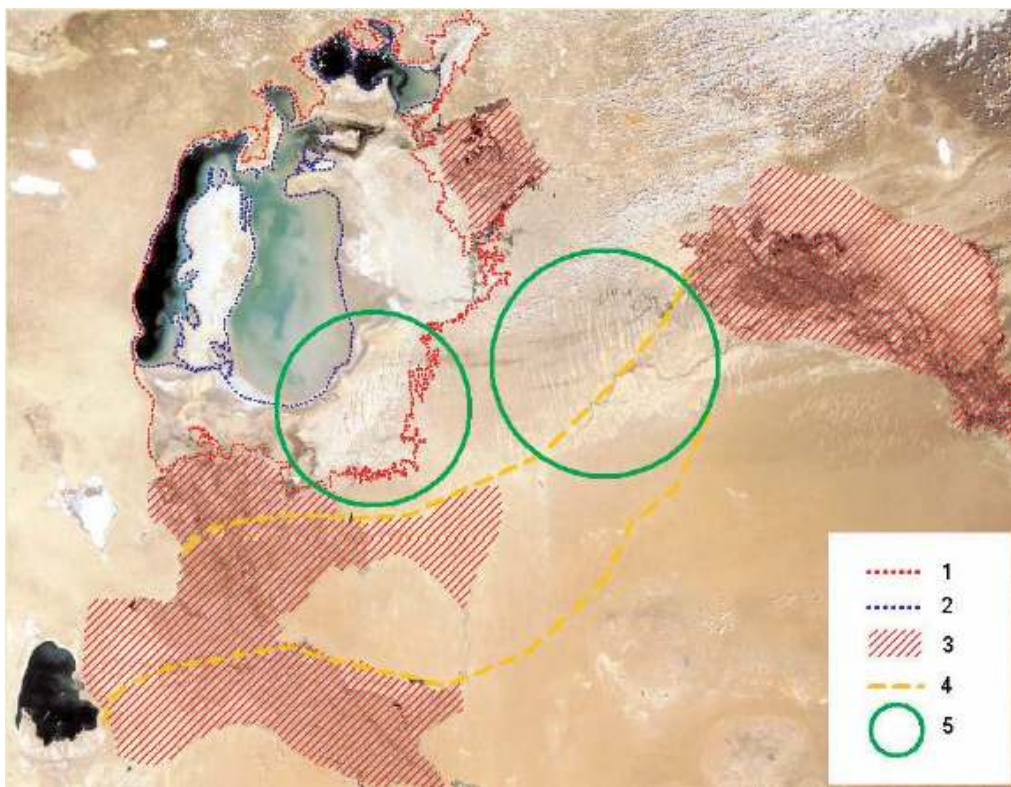


Рисунок 4.22 – Ознаки більш високих рівнів Аральського моря в голоцені видні на знімку MODIS (12.06.2002 р.): 1 – берегова лінія 1960 р.; 2 - берегова лінія 2000 р.; 3 – території дельти р. Амудар'ї та Сирдар'ї; 4 – сліди давніх берегових ліній в епоху голоцену; 5 – області прибережних дюн, що з часом потрапили в смугу осушення [91]

Сучасна технологія супутникового знімання поверхні Землі та обробки результатів знімання у різних спектрах дозволяє отримувати зображення високої роздільної здатності у справжніх кольорах. На рис. 4.24 наведено отримане таким чином зображення цунамі, що забрало в грудні 2004 року сотні тисяч життів (зображення взято з галереї супутникових знімків на сайті ООО “ПРАЙМ ГРУП”, РФ: <http://www.quickbird.ru>).

5. Розв’язання задачі “Комівояжера” – задачі вибору оптимального маршруту з мінімальною відстанню між заданими точками.

Наприклад, в ГІС-пакеті “Панорама” можна сформулювати множини доріг, по яких може рухатись той чи інший вид транспорту, наприклад пожежні машини для ліквідації лісової пожежі, присвоїти цим дорогам ранг (за максимально можливою швидкістю чи за типом покриття чи ін.), побудувати дорожню мережу. Далі на створеній мережі виділяється початковий та кінцевий об’єкти маршруту і ГІС-інструмент “Построение минимального пути” з параметром “по длине” або “по времени” показує на карті маршрут з мінімальною відстанню та з мінімальним часом подолання цього маршруту з урахуванням рангу доріг. У спеціальному вікні виводиться час, необхідний на подолання кожного відрізка оптимального маршруту та сумарний час (рис. 4.25).

IV. За способом врахування координати часу.

1. Статичні в одній фазі часу – відображення певних закономірностей в певний момент часу або за певний період.

Цей спосіб використовується у переважній більшості карт, в яких не ставиться задача аналізу динаміки або варто аналізувати кожен характерний період (наприклад, зима, весна, літо та осінь) окремо.

2. Статичні в багатьох фазах часу – відображення серій карт на одній, наприклад різними кольорами.

Цей спосіб є дуже поширеним, оскільки дозволяє на одній карті аналізувати динаміку розвитку явища, наприклад, поширення лісової пожежі, або збільшення зони затоплення територій паводком, або розростання території міста з часом тощо (рис. 4.26).

Даний спосіб є найбільш зручним за умови, що зміна параметрів стану чи розмірів об’єктів карти відбувається монотонно, тобто в усіх напрямках весь час збільшується або хоча б не змінюється. Це характерно, як правило, для зміни території лісової пожежі, зон затоплення, нафтових плям в океані та ін. Якщо ж хоча б в одному напрямку відбувається реверс розширення, як наприклад, для зміни границь ареалу розповсюдження тварин чи рослин, зміна контурів плям на Сонці тощо, тоді цей метод втрачає свою ефективність. У цьому разі слід використати інші методи [92].

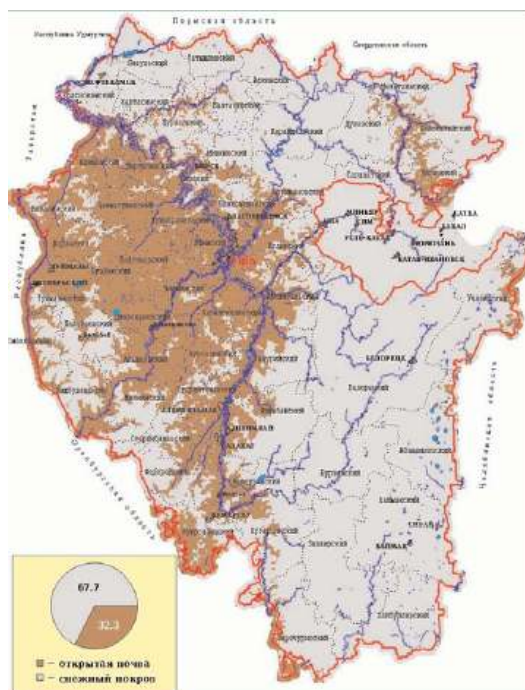


Рисунок 4.23 – Карта засніженості території (сніг показано світлішим кольором, відкритий ґрунт – темнішим) (ERDAS IMAGINE) [90]



Рисунок 4.24 – Цунамі біля о. Шрі-Ланка (супутник QuickBird; галерея супутникових знімків ООО "ПРАЙМ ГРУП": <http://www.quickbird.ru/gallery/>)

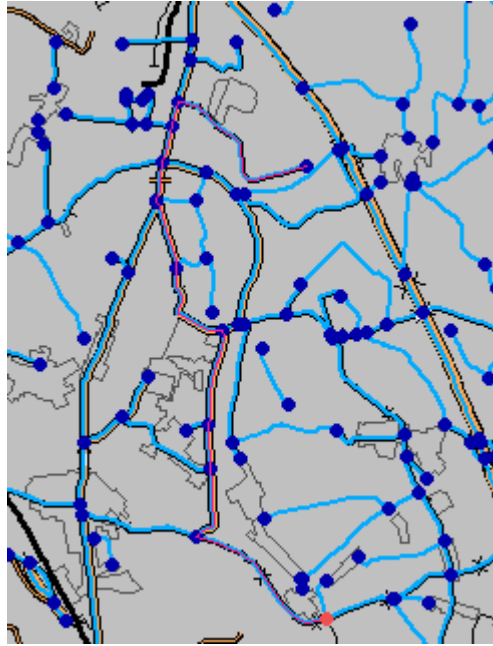


Рисунок 4.25 – Фрагмент геоінформаційної карти з побудованою мережею доріг та оптимальним за мінімумом відстані маршрутом між двома точками в ГІС-пакеті “Панорама 7”

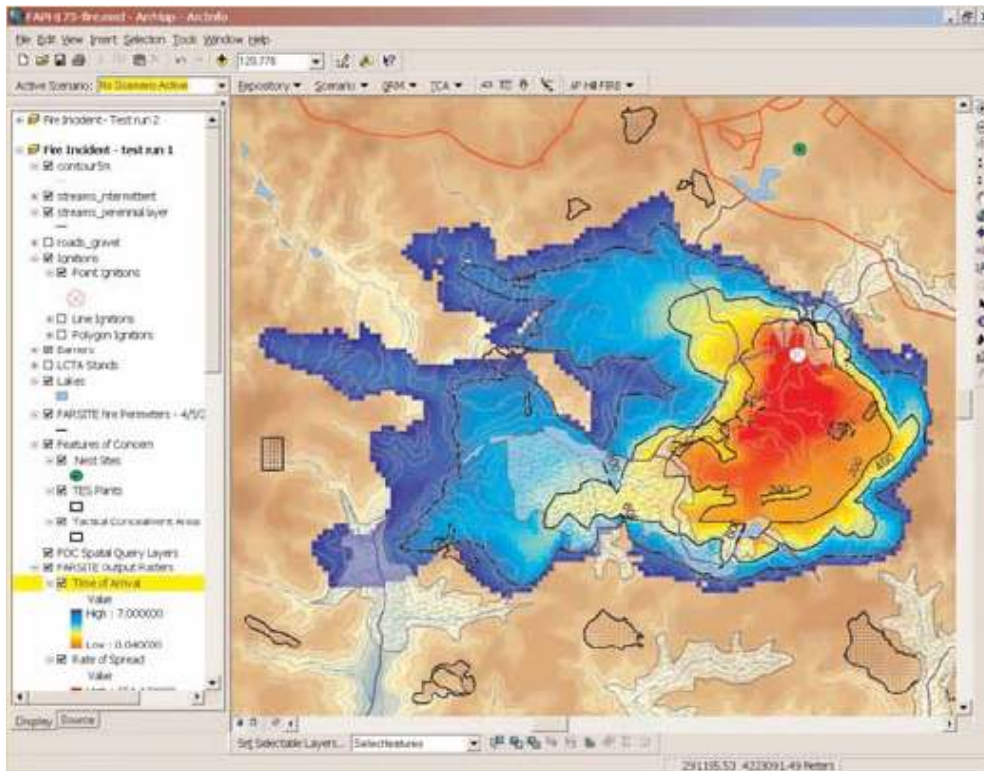


Рисунок 4.26 – Зони лісової пожежі, відображені різними кольорами в залежності від часу, що пройде від виникнення пожежі до досягнення нею контурів цих зон (ГІС-пакет ArcGIS та програма EcoDSS і модель пожежі FARSITE) [92]

3. Мультиплікація карт з використанням сучасних програмних за-

собів – відображення серії карт в одній системі координат з використанням однакових умовних позначень та кольорових шкал з виведенням одна за одною з певною часовою затримкою для відслідковування динаміки розвитку явища, котре відображається на цих картах.

Наприклад, виведення одна за одною карт, отриманих дешифруванням даних дистанційного зондування Землі, які з певним часовим інтервалом відображають певне явище, наприклад, поширення нафтової плями в океані, чи цунамі, чи зміни контурів озонового шару на Південному полюсі Землі.

У такий спосіб можна легко відслідкувати динаміку розвитку явища та виявити його закономірності. Наприклад пакет “Панорама” має спеціальний інструмент – “Мультиплікація даних”.

Мультиплікація карт є універсальним способом відображення динаміки явища, єдиним недоліком якого є складність ілюстрування цієї динаміки у звітах, статтях та інших роботах. Доводиться наводити карти просто поряд, але тоді їх важче аналізувати, оскільки вони не накладаються одна на одну і тому втрачаються переваги цього способу.

4. Карти з динамічними об’єктами – з використанням технологій DirectX (платна) або OpenGL (безкоштовна) можна запрограмувати виведення певних об’єктів карти в динаміці, наприклад міграція птахів, риб чи тварин, зміна границь міста з часом, рух пересувного транспорту – потенційних джерел забруднення довкілля та ін.

Карти з динамічними об’єктами сприймаються ще більш ефектно, за їх допомогою можна відображати явища, котрі змінюються в усіх трьох просторових координатах одночасно. Недоліки: складність створення таких карт, складність ілюстрування цієї динаміки у звітах, статтях та інших роботах, складність проведення вимірювань на цих картах.

V. За відображенням розподілених у просторі явищ на екрані:

1. Тривимірні просторові зображення, але з відображенням відмінностей в глибині поверхні Землі.

Наприклад, ГІС-пакет “Панорама” дозволяє візуалізувати розподіл різних мінералів та складових по вертикалі товщі порід. Оскільки кожен шар мінералів має тривимірне відображення, можна говорити про чотири виміри даного зображення. На рис. 4.27. показано розподіл мінералів вздовж вертикалі товщини породи, а на рис. 4.28. вигляд цієї вертикалі разом із рельєфом на поверхні в перспективі.

ГІС-технології мають й інші можливості, наприклад технологія GPS дає можливість точно визначати місцеположення об’єктів і далі автоматично наносити його на карту ГІС шляхом підключення GPS-приймача до комп’ютера з ГІС-пакетом та цієї картою. Це відкриває величезні можливості для збирання та обробки екологічної інформації.

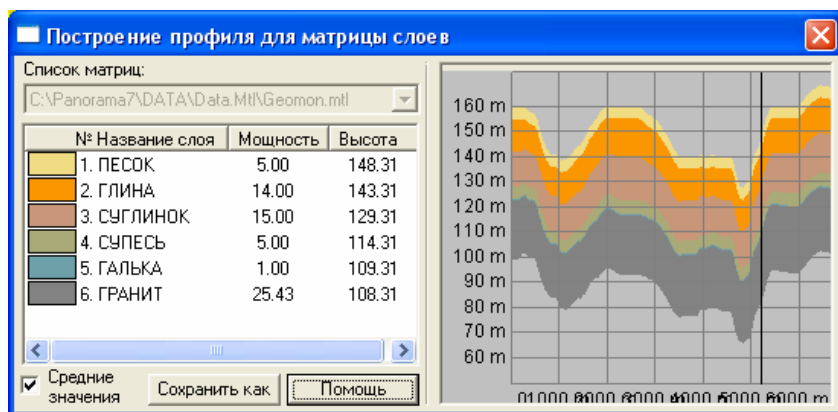


Рисунок 4.27 – Розподіл мінералів вздовж вертикалі товщини породи (ГІС “Панорама”)

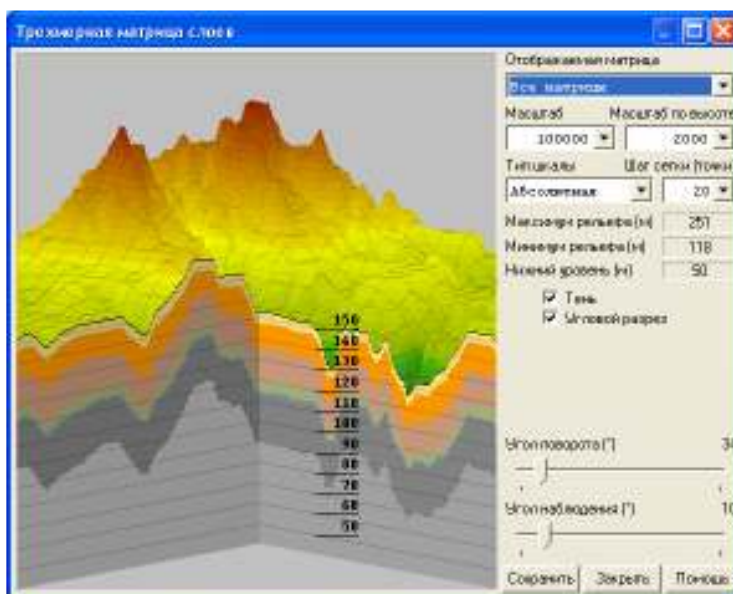


Рисунок 4.28 – Вигляд розподілу мінералів вздовж вертикалі товщини породи разом із рельєфом на поверхні в перспективі (ГІС “Панорама”)

Наприклад, в Йеллоустоунському парку (США) GPS-приймачі використовують для стеження за маршрутом ведмедів гризлі. Якщо раніше дослідники встановлювали у ведмедя радіомаяк, а потім рухались за ним з радіопеленгатором, біноклем і планшетом з картою місцевості, то тепер для цього використовують ошийник, обладнаний GPS-приймачем, модулем пам'яті та таймером. Ведмідь декілька місяців носить цей ошийник, котрий фіксує усі його координати і зберігає їх в запам'ятовувальному пристрої, встановленому на ошийнику. У певний час спрацьовує таймер і ошийник автоматично розстібається, падає на Землю та подає певний сигнал. Далі дослідники його знаходять, підключають до комп'ютера з ГІС і комп'ютер за даними з ошийника автоматично наносить на карту весь маршрут ведмедя за декілька місяців ледь не по секундах [98].

4.5 Позиціонування об'єктів довкілля за допомогою приймачів GPS

Система Глобального Позиціонування (GPS або Global Positioning System) забезпечує можливість отримання точних координат цілодобово та щодобово. Вона працює під управлінням Міністерства Оборони США. Система є всепогодною. До початку 70-х років на озброєнні армії США стояла супутникова навігаційна система TRANSIT, що мала такі головні недоліки [94]:

- відносно невисока точність визначення координат;
- великі проміжки часу між спостереженнями.

Безпосередня реалізація програми почалася у середині 1977 р. із запуском першого супутника. З 1983 р. система відкрита для використання в цивільних цілях, а з 1991 р. зняті обмеження на продаж GPS-устаткування в країні колишнього СРСР. У 1993 р. система була повністю доступна. Витрати на її реалізацію перевищили 15 мільярдів доларів США. У Росії діє аналогічна система супутникової навігації GLONASS (*ГЛОбальна НАвігаційна Супутникова Система*), принцип роботи якої багато в чому подібний GPS [95].

Навігаційна система GPS складається із трьох блоків: космічного, контролюючого та користувацького. Космічний блок містить більше двох десятків супутників, що знаходяться на декількох орбітах. Контроль здійснює головна контрольна станція спостереження та допоміжні станції, розміщені в декількох точках Землі. Станції спостереження слідкують за супутниками, записують усю інформацію про їх рух. Ця інформація передається на головну станцію для корегування орбіт супутників і навігаційної інформації. Блоком для користування є приймачі GPS [95].

Приймачі навігаційного обладнання GPS мають такі особливості: унікальні алгоритми слідкування за супутниками, зручний графічний інтерфейс, компактність та незначне споживання електроенергії. Різницею між типами GPS є їх точність та швидкість визначення місцеположення [96].

Сучасні багатоканальні GPS-приймачі забезпечують достатньо високу точність. Так, 12-канальні GPS-приймачі GARMIN відстежують до 12-ти супутників GPS одночасно, забезпечуючи швидке і впевнене визначення місцеположення, зокрема в міських умовах або під густими кронами дерев. На точність визначення місцеположення GPS-приймачем впливає розташування видимих супутників, а також низка атмосферних та інших чинників. В середньому, точність GPS-приймачів GARMIN складає 15 м [94].

Точність GPS-приймачів може бути підвищена шляхом прийому диференціальних поправок. Найбільш перспективні джерела диференціальних поправок – глобальні диференціальні підсистеми, що передають поправку до сигналів GPS з геостационарних супутників. За їх використання не передбачено якої-небудь платні. До них відносяться американська система WAAS, європейська EGNOS і японська MSAS. Вони покращують точність визначення місцеположення GPS-приймачами до 1-3 м, однак є дуже дорогими (десятки тисяч у.о.) [94].

GPS є зручним інструментом для створення і оновлення баз даних

ГІС.

Глобальні, регіональні та локальні системи відліку координат можуть мати різні геодезичні координати. Внаслідок цього виникають задачі взаємного перетворення системи координат. Це призводить до складнощів у методиці перерахунку обробки GPS-спостережень. В Україні використовуються регіональні системи координат СК-42 та СК-63, в той час як координати західних приладів отримуються із обробки GPS-даних в системі WGS-84 [52, 53]. При цьому використовуються процедури перетворення параметрів між системами координат. Однак під час перерахунку координат виникають певні похибки внаслідок різниці між геоцентричними координатами та центром еліпсоїда Красовського [97].

За даними спеціалізованих сайтів, вартість приймачів GPS коливається від 100 до 20 000 у.о., головним чином, в залежності від точності та швидкодії, яку вони забезпечують (є й багато інших параметрів).

За допомогою дорогих GPS (від декількох тисяч до десятків тисяч у.о.), які можуть ще мати наземну станцію для внесення диференціальної поправки додатково до сигналу із супутників, можна проводити дуже складні геодезичні дослідження з високою точністю.

Однак більшого поширення набули дешеві GPS (сотні у.о.), основна функція яких у системі моніторингу довкілля – це отримання координат заданого об'єкта з точністю до 10-50 м для нанесення на електронну карту. Точність у 10 м на дешевих GPS забезпечується, якщо приймати сигнал на відкритій місцевості і дочекатись, поки Ваш пристрій отримає сигнал від найбільшої кількості супутників.

Оскільки базовими масштабами електронних карт регіонального моніторингу є 1:100 000 та 1:200 000 з точністю, відповідно, 10 і 20 метрів, то точність координат GPS на рівні 10-20 м є достатньою.

Приклади об'єктів GPS-обстеження в галузі державного моніторингу вод: місця розташування джерел забруднення та водокористування і водоспоживання поверхневих вод, місця розташування створів спостережень як регулярного, так і епізодичного контролю тощо.

Сучасні ГІС-пакети (ArcGIS, Mapinfo, Панорама та ін.) мають спеціальні програмні інструменти для автоматизованого нанесення об'єктів на карту заданими умовними позначеннями за координатами, що надходять із приймачів GPS, які в свою чергу, як правило, мають можливість передавання координат у комп'ютер без дублювання їх набором вручну.

4.6. Опис розробок науково-дослідної лабораторії екологічних досліджень та екологічного моніторингу (НДЛ ЕДЕМ) Вінницького національного технічного університету

Напрямки наукових досліджень НДЛ ЕДЕМ:

1. Екологічний моніторинг річкових вод.
2. Моделювання процесів забруднення та очищення якості річкових

вод.

3. Управління якістю річкових вод.

4. Розв'язання задач та створення пакетів комп'ютерних програм моніторингу, моделювання і управління якістю та станом довкілля з використанням геоінформаційних систем та технологій.

5. Моніторинг атмосферного повітря – дослідження його забруднення автомобільним транспортом.

Основні з розроблених пакетів комп'ютерних програм:

1. Інформаційно-програмне забезпечення "Геоінформаційна аналітична система державного моніторингу поверхневих вод Вінницької області" (ГІАС ДМПВ ВО). Розробка проведена під керівництвом В.Б. Мокіна колективом вчених і студентів Вінницького національного технічного університету та співробітників організацій-суб'єктів системи державного моніторингу поверхневих вод Вінницької області

Електронне картографічне забезпечення ГІАС ДМПВ ВО розроблено Державним підприємством "Поділлягеодезкартографія". Усі системи та забезпечення створено протягом 2002–2004 років на замовлення Держуправління екології та природних ресурсів у Вінницькій області, яке очолювала О. Г. Яворська.

ГІАС ДМПВ ВО складається з електронних карт, системи управління банком даних (СУБД) та іншого програмно-інформаційного забезпечення. СУБД (рис. 4.29, 4.30) має спеціальні інструменти для роботи з реєстром водних об'єктів, реєстром спецводокористувачів, реєстрами адміністративних та басейнових утворень, з даними гідроекологічних спостережень. Є засоби автоматизованого наповнення бази даних за формою 2-ТП "Водгосп" та аналітичні засоби бази даних: порівняння даних спостережень з гранично допустимими значеннями, обчислення мінімальних, максимальних та середніх значень у багатопараметровій вибірці, кореляційний аналіз даних спостережень у різних створах, статистичний аналіз даних у реєстрі водних об'єктів, аналіз квартальних тенденцій у зміні показників спецводокористування області та ін. Є інструмент автоматизованого нанесення джерел скидання стічних вод та водовідборів за їх описом у формі 2-ТП "Водгосп".

Розроблено алгоритм та реалізовано відповідні інструменти автоматичного обчислення абсолютної похибки вимірювань даних спостережень.

Розроблена програма-оболонка GISSEM (GeoInformation System of State Ecological Monitoring), яка має широкі можливості інформаційно-пошукових та аналітичних засобів, що діють за принципом "Натиснув "мишею" на карті на об'єкт – переглянув усі його дані в БД" і працюють з річками, ставками, водосховищами, суб'єктами водокористування (джерелами скидання стічних вод та водовідборами), дозволяє будувати тематичні карти і діаграми та ін. (рис. 4.31–4.33).

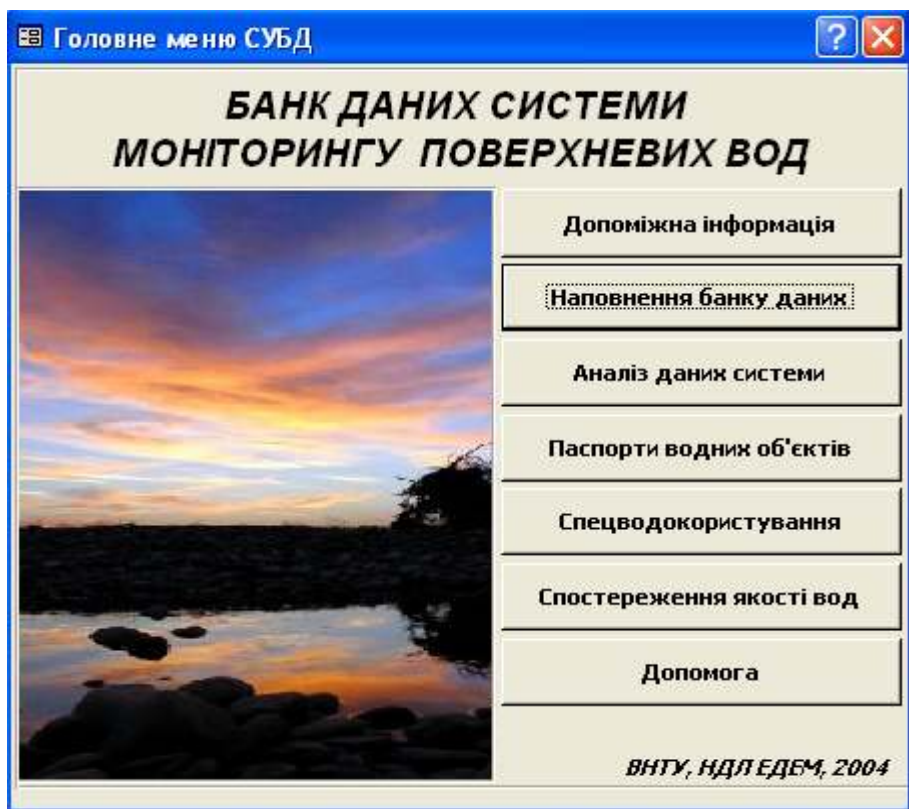


Рисунок 4.29 – Головне меню СУБД

Запит 1. Факти перевищення ГДК чи ГДВ по заданих показниках за період

ЗАПИТ 1 Визначення фактів перевищення ГДК (ГДВ) значень вимірювань показника відповідно до заданих: Показника, Річки, Періоду вимірювань

Показник: рН Ріка: Півд. Буг
 В/госп.діл.: 23004
 Басейн: Південнобузький

Дата: з 01/01/2000 по 25/12/2002

Тип ГДК (ГДВ): господарсько-питне водоспоживання
 рибогосподарське
 комунально-побутове водоспоживання

Дек 2002 Дек 2002

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Сн
25	26	27	28	29	30	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5

Результат запити

	Num_stvor	Parameter	Date_stv	Org_Mon	Object
ГДК (ГДВ) показника: рН	1	8,600 ± 1,720	12.12.2000	ДУ ЕПР В	Півд. Буг
Верхня межа: 8,5	1	8,650 ± 1,730	24.12.2000	ДУ ЕПР В	Півд. Буг
Нижня межа: 6,5	2	8,900 ± 1,780	31.03.2002	ДУ ЕПР В	Півд. Буг
Кількість виявлених перевищень: 20	2	8,600 ± 1,720	08.12.2000	ДУ ЕПР В	Півд. Буг
Кількість проаналізованих фактів: 385	2	8,550 ± 1,710	12.12.2000	ДУ ЕПР В	Півд. Буг
Відсоток фактів перевищень: 5,1948%	8	8,510 ± 1,702	05.07.2000	ДУ ЕПР В	Півд. Буг
	34	8,950 ± 1,790	11.03.2001	ПБ БУВР	Півд. Буг
	35	8,510 ± 1,702	01.03.2000	ПБ БУВР	Півд. Буг
	37	8,540 ± 1,708	06.08.2001	ПБ БУВР	Півд. Буг

Запись: 1 из 20

Виконати запит Перегляд звіту

Рисунок 4.30 – Факти перевищення ГДВ за показником “рН” за період та його значення з похибками

Усе розроблене інформаційно-програмне забезпечення з 2004 року впроваджено в таких основних суб'єктах державної системи моніторингу вод Вінницької області:

- Держуправління екології та природних ресурсів у Вінницькій області;
- Південно-Бузьке басейнове управління водних ресурсів;
- Вінницький облводгосп;
- Вінницька облсанепідемстанція;
- Вінницький обласний центр з гідрометеорології;
- Управління з надзвичайних ситуацій Вінницької області.

Авторські права на розроблену базу даних, пакет програм для аналізу даних спостережень якості води ГІАС ДМПВ Вінницької області та на програму-оболонку GISSEM зареєстровані в Державному департаменті інтелектуальної власності України – свідоцтва № 12999, № 13000 та № 13001 відповідно.

2. *Пакет програм “SWaterClass”* (повна назва – “Surface Water Classyfication”) дозволяє в лічені хвилини провести повне оцінювання якості вод регіону у відповідності із методикою екологічного оцінювання якості поверхневих вод за відповідними категоріями [99], затвердженою наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України № 44 від 31.03.1998 р.

Результат розрахунку виводиться як в табличному, так і в картографічному вигляді у відповідності до методики картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води [58], рекомендованої Українським Комітетом управління програмою “Розвиток управління навколишнім середовищем в Україні (район басейну р. Дніпро)” 29 травня 1998 року та Вченою радою Інституту географії НАН України 6 листопада 1997 року.

Програмне забезпечення розроблено В.Б. Мокіним за участі М.П. Боцули, А. І. Катасонова та Ю. М. Коновалюка під методичним керівництвом колективу вчених Українського науково-дослідного інституту водогосподарсько-екологічних проблем (УНДІВЕП) (м. Київ), який очолює А.В. Яцик.

Методика екологічного оцінювання якості поверхневих вод за відповідними категоріями передбачає два різні види оцінювання – за найгіршими та за середніми (рис. 4.34) значеннями. Відповідно міняється алгоритм розрахунку на усіх етапах.

Пакет програм дозволяє проводити розрахунок для заданого періоду, наприклад декількох років, що дозволяє швидко побудувати серію карт для ретроспективного аналізу змін якості води протягом, наприклад, десятків років. При цьому нескладне доопрацювання пакета програм дозволило б легко обчислити прирости значень оцінок від одного періоду до іншого для відслідковування тенденцій.

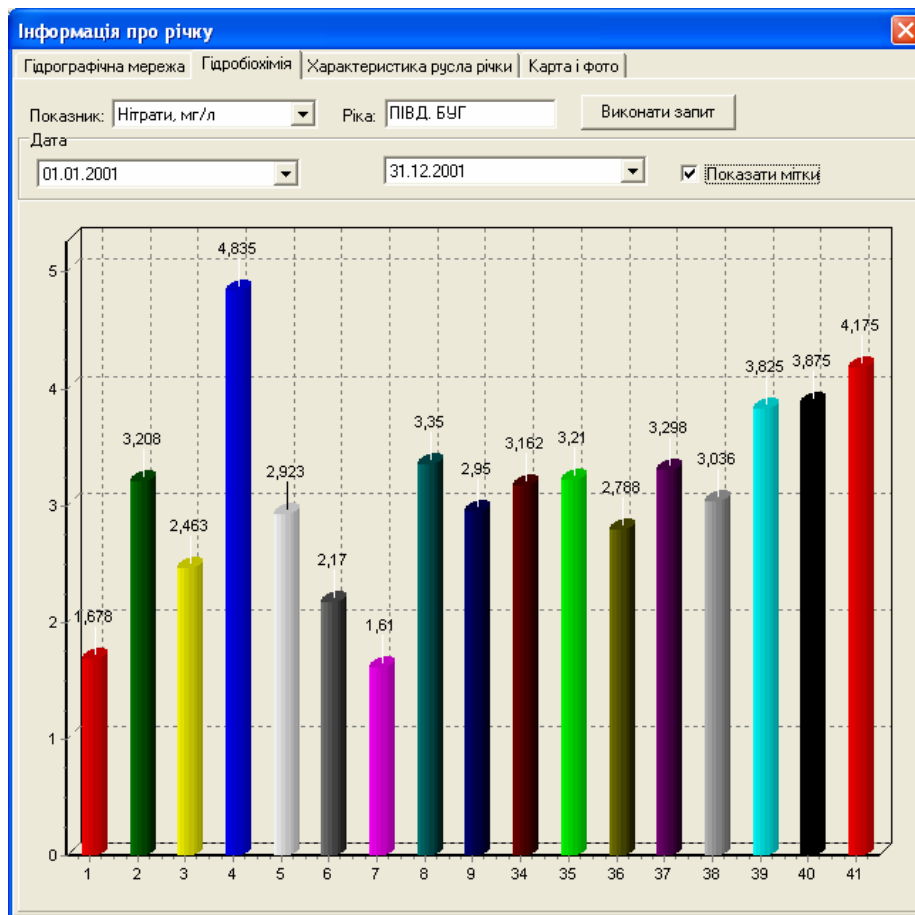


Рисунок 4.31 – Аналітична інформація про якість води у вибраній річці на прикладі ріки Південний Буг (GISSEM)

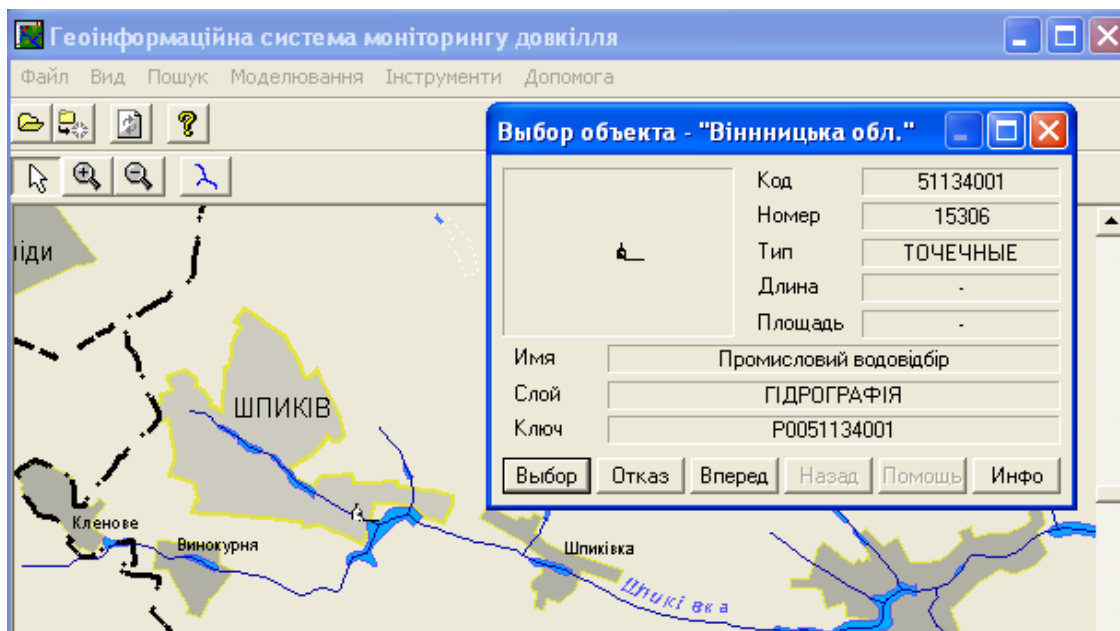


Рисунок 4.32 – Виділений на карті водовідбір (GISSEM)

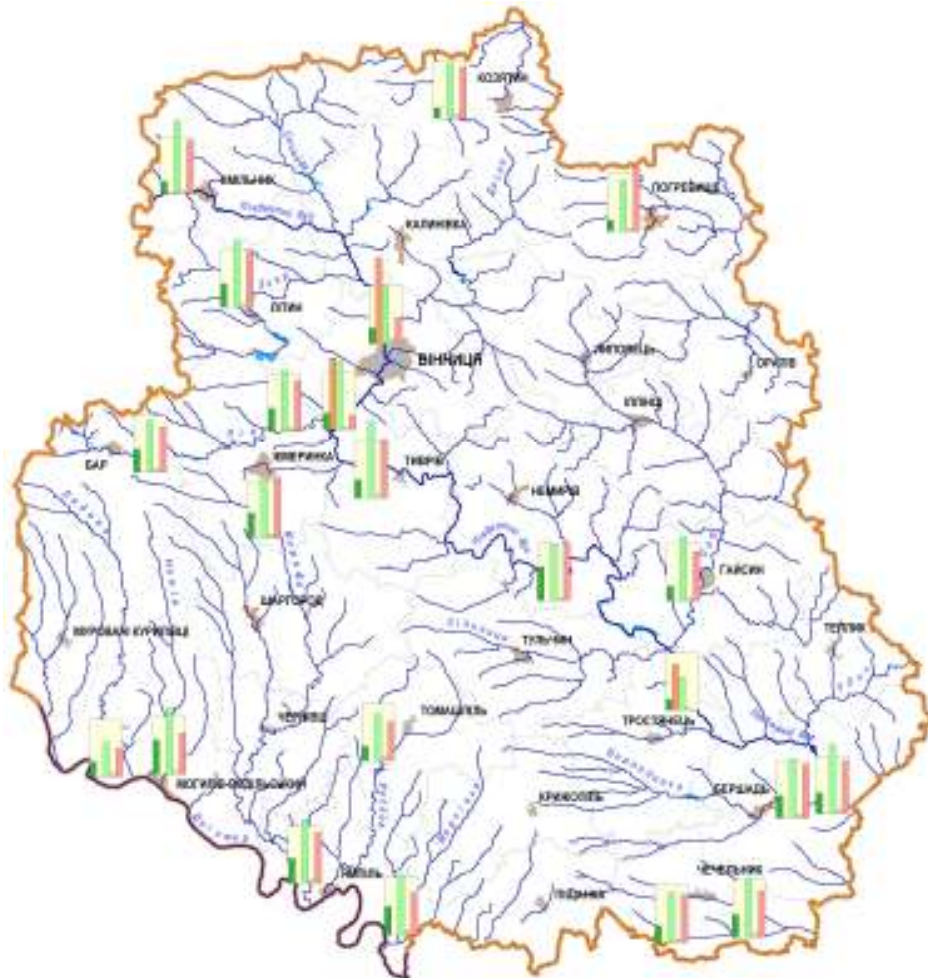


Рисунок 4.33 – Карта-схема з тематичними діаграмами забруднення поверхневих вод Вінницької області по 5 показниках якості, віднесених до їх гранично допустимих значень (GISSEM)

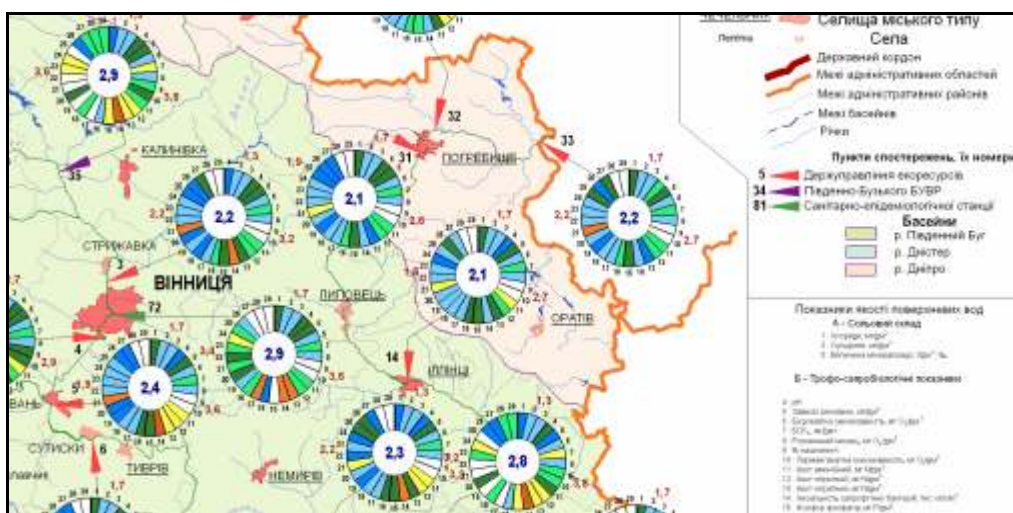


Рис. 4.34. Фрагмент карти екологічної оцінки якості поверхневих вод Вінницької області за середніми значеннями, яка автоматично генерується за шаблоном та базою даних СДМПВ області пакетом програм “SWaterClass”

3. *Пакет програм "ЕкоМонітор"*, розроблений В. Б. Мокіним за участі А. І. Катасонова, дозволяє моделювати, прогнозувати та оцінювати процеси забруднення/очищення рівнинних малих та середніх річок. Прототипом цього пакета програм був пакет програм для математичного моделювання динаміки якості річкових вод "МОделювання ДИнаміки Річкових ПРОцесів" ("МОДИРПРО") (1997-1999 рр.), розроблений особисто В.Б. Мокіним (свідоцтво про реєстрацію авторських прав у Державному агенстві авторських та суміжних прав України ПА № 2094 від 29.06.1999 р.).

Пакет програм "ЕкоМонітор" дозволяє створювати свою схему розгалуженої річкової системи просто на екрані комп'ютера на фоні вибраної растрової карти, далі наносяться усі створи, суб'єкти водокористування та їх параметри. Пакет програм проводить розбиття річок на елементарні ділянки та ідентифікацію математичної моделі за тими даними спостережень, які є по створах. Після ідентифікації моделі можна або визначити якість води у заданій "мишені" точці річкової системи, або побудувати графік зміни якості води вздовж усієї річки чи її ділянки, або здійснити прогнозування можливих наслідків при зміні параметрів забруднення річкової системи, або здійснити ідентифікацію незареєстрованих входів, тобто знаходження координат та об'ємів можливих скидів стічних вод (чи водовідборів) до річки (рис. 4.35).

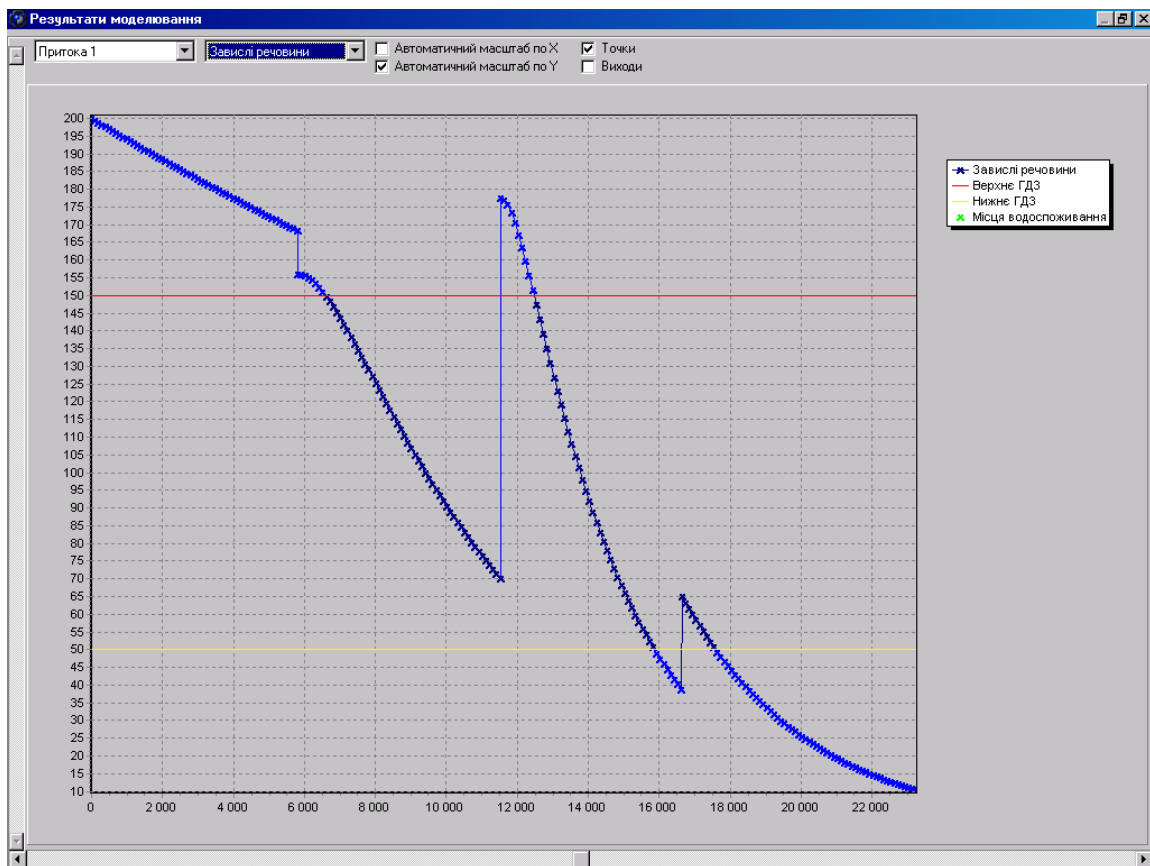


Рисунок 4.35 – Результати моделювання якості води у графічному вигляді (ЕкоМонітор)

4. **Пакет програм “ЕкоКерування”** розроблений В.Б. Мокіним за участі А.І. Катасонова для синтезу оптимальних законів управління якістю річкових вод.

Пакет програм “ЕкоКерування”, розроблений на основі пакету програм “ЕкоМонітор”, дозволяє не тільки моделювати, прогнозувати та оцінювати процеси забруднення/очищення малих та середніх річок, а й синтезувати оптимальні закони керування (управління) якістю води в них за умов їх аварійного забруднення, керуючи скидами стічних вод, забезпечуючи оптимум певному критерію оптимальності за одним із трьох принципів управління: 1) принцип рівних можливостей; 2) принцип “Більшим джерелам – значно більші квоти”; 3) принцип використання вагових коефіцієнтів.

Після розрахунків користувач може переглянути розраховані величини дозволених скидів для кожного джерела стічних вод та результуючий графік залежності концентрації речовин від координати на річковій системі. Якщо задача не має розв’язку, тобто за рахунок керування скидами стічних вод не можна забезпечити потрібну якість води в заданому створі річки, тоді виведеться відповідне повідомлення.

5. **Пакет програм “ЕкоКерування Pro” (“EcoControl Pro”)**, розроблений В. Б. Мокіним за участі А. І. Катасонова, дозволяє використовувати реальні дані щодо конфігурації річкової системи, скидів стічних вод, водовідборів, місць водокористування та водоспоживання тощо з геоінформаційної системи об’єкта дослідження, а також використовувати ГІС-технології для візуалізації результатів обчислень.

Пакет програм автоматично конвертує метричні та семантичні дані річкової системи, а також дані про створи вимірювання, місця водокористування та водоспоживання у структуру, яка може бути використана для розв’язання задач моделювання та управління якістю вод. На рис. 4.36 показано приклад схеми річкової системи р. Південний Буг та її притоки – річки Віннички (правий нижній кут рисунка), а на рис. 4.37 – результат виділення цієї річкової системи в ГІС річки Південний Буг.

Після проведення операції імпорту та редагування графової моделі річкової системи пакет програм “ЕкоКерування Pro” (“EcoControl Pro”) дозволяє розв’язувати усі ті ж задачі, що й пакети програм “ЕкоКерування” та “ЕкоМонітор”.

6. **Пакет програм “NetGL”**, розроблений В. Б. Мокіним за участі О. В. Давиденка, реалізує оригінальну параметричну 3D-технологію на основі технології програмування тривимірної графіки OpenGL. Параметрична 3D-технологія основана на формуванні тривимірного відображення просторово-розподілених об’єктів з урахуванням таких основних положень [101, 102]:

1) взаємне розташування та контури об’єктів за двома просторовими координатами відповідають їх просторовому розташуванню на карті;

2) об’єкти одного типу мають однакову ширину – від значення заданого параметра змінюється тільки висота об’єктів;

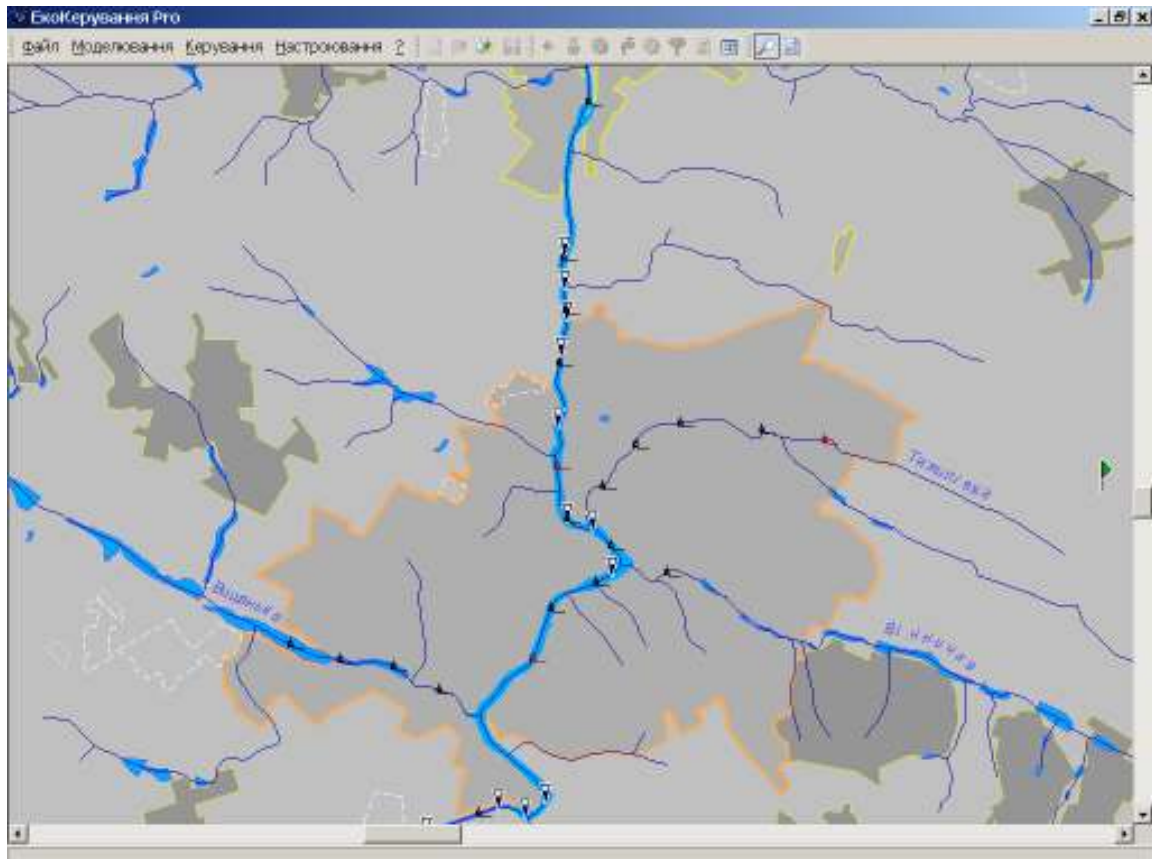


Рисунок 4.36 – Пакет програм «ЕкоКерування Pro» з відкритою у ньому геоінформаційною схемою гідрографії Вінницької області – річкова система р. Вінничка, що впадає у р. Південний Буг

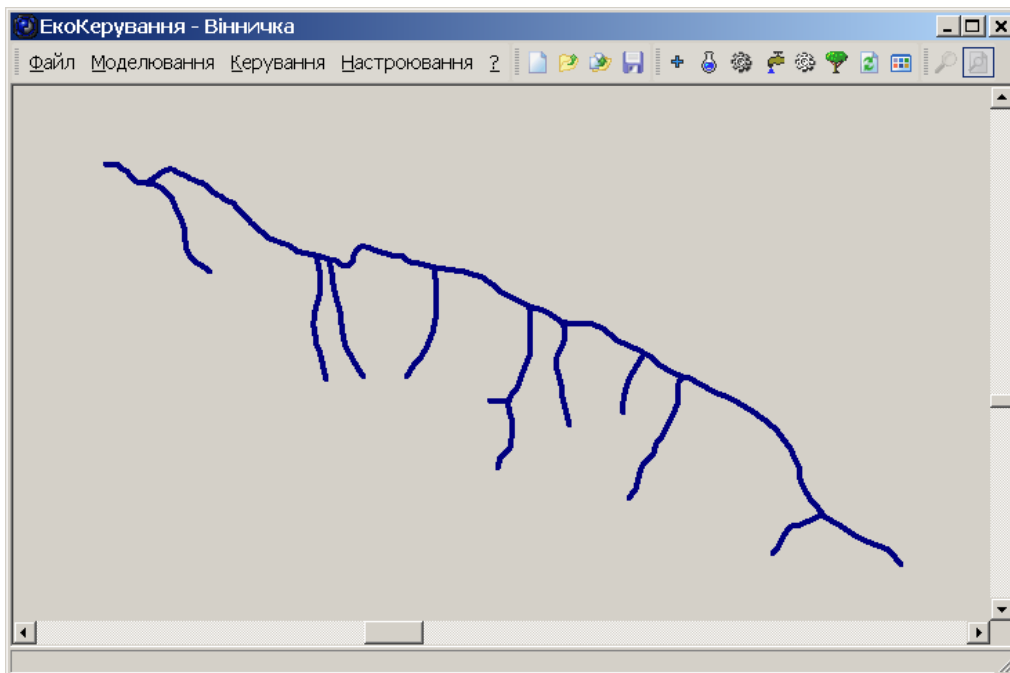


Рисунок 4.37 – Приклад імпорту річки Вінничка зі схеми Вінницької області

3) у межах одного об'єкта висота може:

- бути постійною – наприклад, для усереднених по всьому об’єкту параметрів;

- мінятись за лінійним чи нелінійним законом – для величин, що розраховуються за формулою, у котрій фігурує(ють) просторова(і) координата(и);

- мати ступінчастий характер – наприклад, для відображення водного балансу, коли надходження води притоки чи стічних вод миттєво збільшує витрати головної річки, а водовідбір миттєво їх зменшує;

4) у межах одного об’єкта можна відобразити декілька параметрів чи зміну одного параметра (наприклад мінімальне та максимальне значення) за допомогою різних кольорів;

5) на основі об’єктів формується тривимірна модель, яка має усі можливі ступені свободи – її можна обертати навколо різних осей, до неї можна наблизитись, від неї віддалитись, міняти розташування та інтенсивність джерела освітлення тощо;

6) для вимірювання висоти будь-якого об’єкта (річки, водойми, каналу відведення до річки стічних вод тощо) використовується спеціальний віртуальний засіб, який має ті ж ступені свободи, що й усі об’єкти, але незалежне управління, і дозволяє прикласти або навести його на заданий об’єкт та легко дізнатись точне значення параметра; також регульованою є кількість об’єктів, до яких одночасно застосовується цей вимірювальний інструмент, для забезпечення можливості порівняння значень параметра декількох суміжних об’єктів;

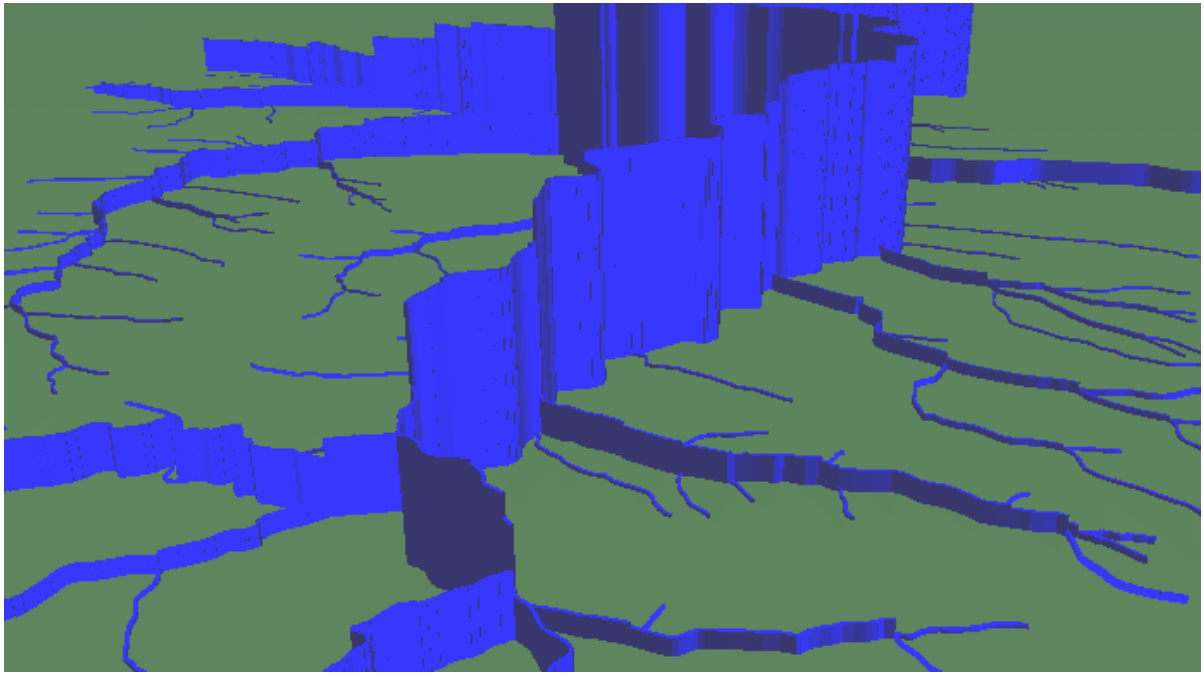
7) інші об’єкти карти можуть відображатись як фон, на якому будується тривимірне зображення.

На рис. 4.38 видно реалізований у пакеті програм NetGL ступінчастий характер відображення збільшення витрат води головної річки у місцях впадіння у неї приток.

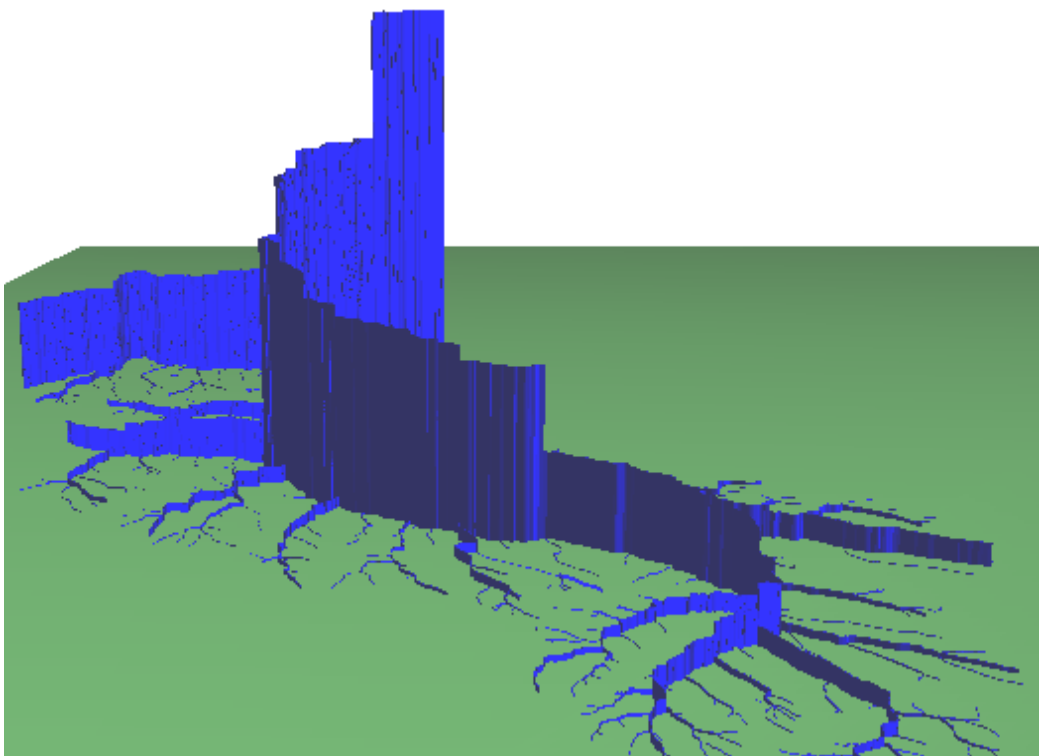
Важливо зазначити, що запропонована технологія параметричної 3D-візуалізації не обмежується тільки параметром “Витрати води” – це може бути і будь-який інший параметр, наприклад, концентрація нітратів, усереднена вздовж певної ділянки річки. Для візуалізації ж граничних значень параметрів, що моделюються, наприклад витрат, певного рівня або гранично допустимої концентрації (ГДК) показників якості води (ПЯВ), наприклад, концентрації у воді нітратів чи нафтопродуктів, цю технологію пропонується розширити принципом: відображення граничного значення здійснювати накладанням спеціальної сітки на побудовану модель, яка повинна “рухатись” мишею на екрані синхронно з основною моделлю [102].

На рис. 4.39 чітко видно на яких ділянках річок витрати води перевищують задане граничне значення (поверхню, що утворена сіткою), а на яких є нижчими за нього.

Модель, наведена на рис. 4.39, можна розширити шляхом врахування інших параметрів водотоків.



а)



б)

Рисунок 4.38 – Фрагменты моделей приток р. Південний Буг

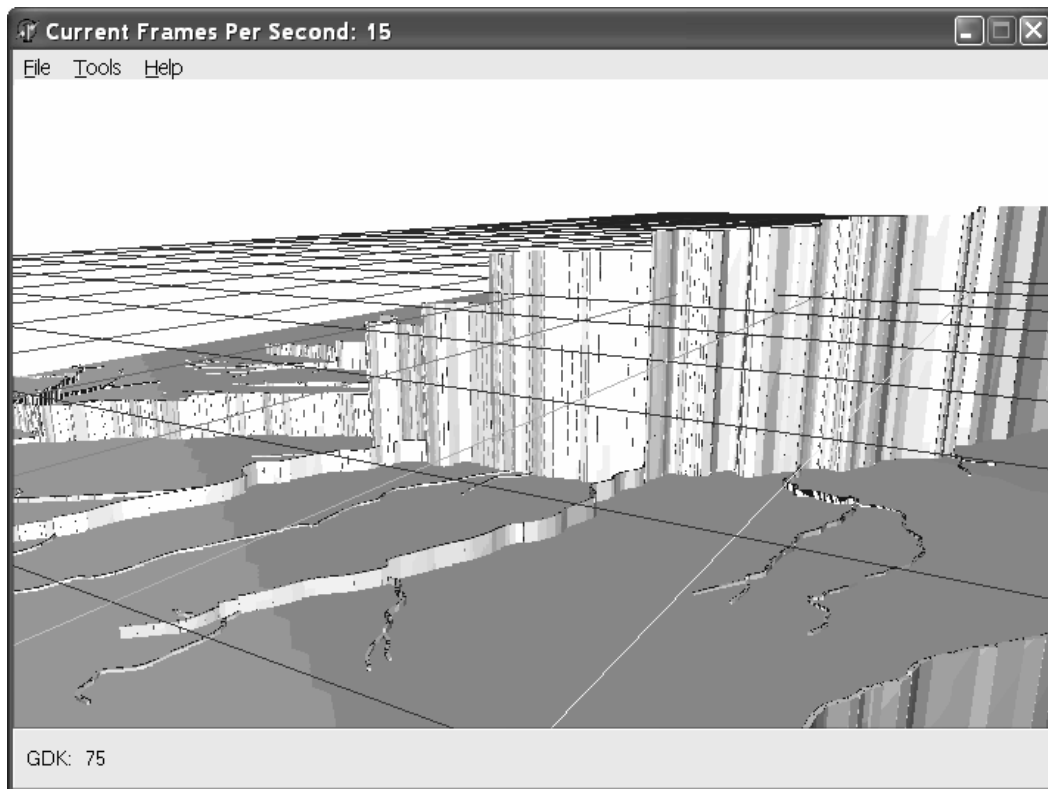


Рисунок 4.39 – Приклад використання сітки на рівні граничного допустимого значення показника якості вод, що моделюється

Авторські права на пакет комп'ютерних програм тривимірної візуалізації параметрів річкової мережі за її геоінформаційною моделлю зареєстровані в Державному департаменті інтелектуальної власності України – свідоцтво № 13002.

7. Internet-сайти, розроблені студентом ВНТУ О. М. Москвіним під керівництвом В. Б. Мокіна:

- сайт Держуправління екології та природних ресурсів у Вінницькій області: <http://www.vstu.edu.ua/vineco/>

- сайт НДЛ ЕДЕМ ВНТУ: <http://edem.vstu.vinnica.ua>

- Web-інтерфейс доступу громадськості та ЗМІ до банку даних державної системи моніторингу поверхневих вод Вінницької області: <http://edem.vstu.vinnica.ua/monitoring/>

- сайт кафедри моделювання та моніторингу складних систем ВНТУ (зав. каф. В.Б. Мокін): <http://www.vstu.vinnica.ua/ua/kaf/mmss/index.php?m=2>

- сайт Вінницької облсанепідемстанції: <http://www.oblses.vn.ua/>

- сайт громадської організації з розвитку сільського зеленого туризму у Вінницькій області: <http://www.greentour.vn.ua/>

Є й інші розробки: ГІС місць видалення відходів та хімікатів Вінницької області [80], створена на замовлення Держуправління екології та природних ресурсів у Вінницькій області у 2004 році, Гідрологічний бюлетень Вінницької області [105], створений на замовлення Вінницького обласного центру з гідрометеорології у 2003 році та ін.

В даний час здійснюється створення таких систем:

- для Вінницької області на замовлення: мережна система моніторингу поверхневих вод з оперативним оновленням даних спостережень через Internet; геоінформаційні системи та банки даних природно-заповідного фонду, стану та забруднювачів атмосферного повітря, стану ґрунту та ін.;
- для усього басейну ріки Південний Буг на замовлення Держводгоспу України: система підтримки прийняття управлінських рішень керівниками водогосподарських установ басейну річки Південний Буг з використанням геоінформаційних технологій [106-109].

Контрольні питання для самостійної роботи студентів

1. Дайте означення географічної інформаційної системи (ГІС).
2. Для чого призначені ГІС?
3. Що таке ГІС-технології?
4. Для чого необхідні геоінформаційні моделі?
5. Що таке векторизація даних?
6. Що таке геокодування даних?
7. Для чого призначений ГІС-аналіз?
8. Порівняйте можливості сучасних ГІС-пакетів. Наведіть приклади їх застосування.
9. Як відбувається супутникове знімання рельєфу місцевості?
10. Охарактеризуйте етапи проведення досліджень з використанням ГІС-технологій.
11. Наведіть класифікацію прикладів використання ГІС-технологій в екологічних дослідженнях.
12. Як створюється візуальне доповнення в інформаційних банках даних та реєстрах?
13. Як здійснюється аналітична обробка даних ГІС?
14. Як за допомогою ГІС прогнозується розвиток певних процесів чи явищ?
15. Як здійснюється аналіз наслідків певних процесів чи подій, які вже відбулись?
16. Яким чином проводиться інтерполювання даних з виявленням нових закономірностей чи відтворенням картини розподілу певних параметрів у просторі?
17. Що таке позиціонування об'єктів довкілля за допомогою приймачів GPS?
18. Назвіть основні напрямки наукових досліджень НДЛ ЕДЕМ ВНТУ.
19. Які пакети комп'ютерних програм екологічного моніторингу розроблені НДЛ ЕДЕМ ВНТУ Ви знаєте? Охарактеризуйте їх можливості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основы научных исследований: Учебн. для техн. вузов /В.Й. Крутов, Й.М.Грушко и др. – М.: Высшая школа, 1989.– 232 с.
2. Артюх О.Ф. Основы наукових досліджень: Навчальний посібник. – К.: УМКВО, 1990.– 315 с.
3. Кринецкий Й.Й. Основы научных исследований: Учебн. пособие для вузов. -К.: Выща школа, 1981.– 282 с.
4. Сиденко В.Н, Грушко И.М. Основы научных исследований. - Харьков: Выща школа, 1978.– 197 с.
5. Егоров А.Е. Исследование устройств и систем автоматики методом планирования эксперимента. - Харьков: Выща школа, 1986.– 153 с.
6. Половинный А.Й. Основы инженерного творчества: Учебн. пособие для студентов вузов. - М.: Машиностроение, 1988.– 209 с.
7. Володарский Е.Т., Малиновский Б.Н., Туз Ю.М. Планирование и организация измерительного эксперимента. - К.: Выща школа, 1987.– 157 с.
8. Тимошенко Г.М., Зима И.Ф. Теория инженерного эксперимента: Учебное пособие. - К.: УМКВО, 1991.– 155 с.
9. Методические рекомендации по применению методов математической статистики для обработки данных эксперимента: для студ. спец. 0606/ Р.Н. Кветный и др. –Винница: ВПИ, 1988.– 52 с.
10. Методические рекомендации по проведению патентных исследований. - М.: Гос. ком. по изобретениям и открытиям, 1988.– 82 с.
11. Организация и планирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. – Свердловск: изд-во Урал. ун-та, 1989.– 123 с.
12. Чяпяле Ю.М. Методы поиска изобретательских идей. - Л.: Машиностроение, 1990.– 190 с.
13. Прахов В.Т. и др. Изобретательство и патентование. - К.: Техніка, 1988.– 240 с.
14. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука: теория решения изобретательских задач. - М.: Сов. радио, 1979.– 155 с.
15. Джонсон И., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. – М.: Мир, 1980.– 180 с.
16. Безносков Н.В. Справочник изобретателя и рационализатора. – М.: Профиздат, 1985.– 346 с.
17. Экология: учебник для технических вузов/ Цветкова Л.И., Алексеев М.И. и др. – М.: Химиздат, 1999. – 488 с.
18. Білявський Г.О., Бубченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: теорія та практика. Навч. посібник. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.
19. Злобін Ю.А. Основи екології. – К.: Лібра, 1998. – 248 с.
20. Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Долгополов В.П., Грумінська Л.В. Метрологія та вимірювальна техніка. Навч. посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 252 с.

21. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCAD 7.0 в математике, физике и в Internet. – М.: Нолидж, 1999. – 352 с.
22. Дьяконов В.П., Круглов В.В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. – СПб.: Питер, 2002. – 448 с.
23. Артемьев Е.И. и др. Патентоведение (для вузов). – М.: Машиностроение, 1984. – 351 с.
24. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 219 с.
25. Кожем'яко В.П., Бобровник Є.А., Понура О.І. Наука і технічна творчість в навчальному процесі (від абітурієнта до аспіранта). Навчальний посібник. Ч.1. – Вінниця: ВДТУ, 2000. – 152 с.
26. Метрологія. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 68 с.
27. Зорі А.А., Коренєв В.Д., Хламов М.Г. Методи, засоби, системи вимірювань і контролю параметрів водних середовищ. – Донецьк: РВА Донату, 2000. – 386 с.
28. Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? Учебное пособие / Под ред. В.И.Данилова-Данильяна. – М.: МНЭПУ, 1997. – 332 с.
29. Розанов Б.Г. Основы учения об окружающей среде. – М.: МГУ, 1984. – 369 с.
30. Химия окружающей среды/ Под ред. Дж. Бокриса. – М.: Химия, 1982. – 67 с.
31. Петрук В.Г. Спектрофотометрія світлорозсіювальних середовищ (теорія і практика оптичного вимірювального контролю). Монографія. – Вінниця: Універсум-Вінниця: 2000. – 207 с.
32. Сучасні екологічно чисті технології знезараження непридатних пестицидів. Монографія/ Кол. авторів під ред. д.т.н., проф. Петрука В.Г. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2003. – 254 с.
33. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) для студентів всіх спеціальностей / В.В. Кухарчук, О.Г. Ігнатенко, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВДТУ, 2000. – 55с.
34. Правила складання і подання заявки на винахід та заявки на корисну модель // Інтелектуальна власність. – 2001. – №3.
35. Гультяев А.К. Matlab 5.3. Имитационное моделирование в среде Windows: Практическое пособие. – СПб.: Корона-принт, 2001. – 400с.
36. Рычков В., Дьяконов В.П., Новиков Ю. Компьютер для студента. – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.
37. Говорухин В., Цибулин В. Компьютер в математическом исследовании. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. – 624 с.
38. Коврижных Д.В. 8 уроков в программе Maple для студентов-медиков. – Волгоград: Перемена, 2004. – 76 с.

39. Положення про порядок підготовки магістрів у Вінницькому державному технічному університеті / Б. І. Мокін, В. В. Грабко, В. Б. Мокін. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 5-те вид. – 64 с.
40. Методичні вказівки з організації роботи аспіранта (здобувача) у Вінницькому державному технічному університеті / Уклад.: Б.І. Мокін, В.Б.Мокін, А.Г. Цісар – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 58 с.
41. Н.В.Смирнов, И.В.Дунин-Барковский. Курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: Наука, 1969. – 512 с.
42. С.А.Смоляков, Б.П.Титаренко. Устойчивые методы оценивания. – М.: Статистика, 1980. – 208 с.
43. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми. Монографія / Під ред. В. Б. Мокіна. – Вінниця: Вид-во ВНТУ “УНІВЕРСУМ-Вінниця”, 2005. – 315 с.
44. Геоінформаційна аналітична система державного моніторингу довкілля Вінницької області. Ч.І. Моніторинг поверхневих вод. – Методичний посібник / Під ред. В. Б. Мокіна та О. Г. Яворської / В. Б. Мокін, О. Г. Яворська, М. П. Боцула, О. В. Давиденко, А. І. Катасонов, А. Р. Ящолт, Є. М. Крижановський, О. О. Мокіна, Н. М. Гончар, В. Л. Романчук, Ю. С. Гавриков, Н. В. Тананчук. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 79 с.
45. Бугаевский Л. М., Цветков В.Я., Флейс М.З. Терминологическая основа и вопросы обучения ГИС // Информационные технологии. – 2000. – № 11. – С. 11–16.
46. Бусыгин Б. С., Гаркуша И. Н. Инструментарий геоинформационных систем (справочное пособие). – Киев: ИРГ “ВБ”, 2000. – 172 с.
47. Зелинский С. Удачный расклад. Обзор современных геоинформационных систем // СНІР. Комп'ютерний журнал. – 2000. – №8. – С. 50-55.
48. Светличный А. А., Андерсон В. Н., Плотницкий С. В. Географические информационные системы: технология и приложения. – Одесса: Астропринт, 1997. – 196 с.
49. Смирнов С. В. Тюкавкин Д. В. Процесс построения справочной геоинформационной системы для оказания помощи окружной администрации управления социально-образовательной сферой // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – № 2. – С. 4–10.
50. Шайтура С. В. Геоинформационные системы и методы их создания. – М.,1998. – 252 с.
51. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
52. Mitchell A. Environmental Systems Research Institute, Inc. The ESRI Guide to GIS Analysis. V.1: Geographic Patterns and Relationships: Redlands, USA, 1999. – 186 p.

53. Zeiler M. Modeling our World. – ESRI: Redlands, USA, 1999. – 202 p.
54. Геоинформационная система "КАРТА 2000" ("Панорама 7.x" 1991–2004). Руководство пользователя ("Mapguide") / Под ред. О.В. Беленкова. – РФ, Ногинск: КБ Панорама, 2004. – 112 с.
55. ESRI Map Book V. 19. – ESRI: Redlands, USA, 2004. – 120 p.
56. Bratt S., Booth B. Using ArcGIS 3D Analyst. – ESRI: Redlands, USA, 2002. – 261 p.
57. Vienneau A. Using ArcCatalog. – ESRI: Redlands, USA, 2001.– 286 p.
58. ArcGIS 9. Geodatabase Workbook. – ESRI: Redlands, USA, 2004.– 258 p.
59. ArcGIS 9. Getting Started With ArcGIS. – ESRI: Redlands, USA, 2004.– 265 p.
60. ArcGIS 9. Managing ArcSDE Application Serves. – ESRI: Redlands, USA, 2004. – 147 p.
61. ArcGIS 9. What is ArcGIS. – ESRI: Redlands, USA, 2004.– 119 p.
62. Booth B., Shaner J., MacDonald A., Sanchez P. Geodatabase Workbook. – ESRI: Redlands, USA, 2002. – 208 p.
63. Booth B., Crosier S., Clark J., MacDonald A. Building a Geodatabase. – ESRI: Redlands, USA, 2002. – 426 p.
64. Building a Gedatabase. – ESRI: Redlands, USA, 2003. – 460 p.
65. Editing in ArcMap. – ESRI: Redlands, USA, 2003. – 462 p.
66. Erdas Imagine и Космический стереомониторинг атмосферы Земли / С. Ефимов // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 1 (28). – С. 10–11.
67. ESRI Map Book V. 15. – ESRI: Redlands, USA, 2000. – 120 p.
68. ESRI Map Book. Geography and GIS – Sustaining Our World. V.17.– USA: ESRI, 2002.– 120 p.
69. Getting Started with ArcGIS. – ESRI: Redlands, USA, 2002. – 253 p.
70. Minami M. Using ArcMap. – ESRI: Redlands, USA, 2000. – 528 p.
71. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. – ESRI: Redlands, USA, 2001. – 300 p.
72. Using ArcGIS Spatial Analyst. – ESRI: Redlands, USA, 2002. – 232 p.
73. Using ArcGIS Survey Analyst. – ESRI: Redlands, USA, 2002. – 304 p.
74. Using ArcGIS Tracking Analyst. – ESRI: Redlands, USA, 2003. – 107 p.
75. Using ArcScan for ArcGIS. – ESRI: Redlands, USA, 2003.– 140 p.
76. Белоусов К., Пилипенко О. Закрома информации // CHIP. – № 2. – 2003. – С. 58-69.
77. Фоменко Н. В. Створення комп'ютерної бази екологічних даних з метою їх обробки (на прикладі м. Івано-Франківська) // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2004. – № 4. – С. 49–51.
78. В. Гохман. Человеческие следы и оставшаяся дикая природа. ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 4 (31). – С. 1.
79. В. Гохман. Моделирование экологических барьеров. ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 4 (31). – С. 16.

80. Розробка і впровадження геоінформаційної системи із базою даних про розташування та стан складів ХЗЗР, агрохімікатів та місць видалення відходів: Звіт про НДР / В. Б. Мокін, М. П. Боцула та ін. / ВНТУ. – 2801; № ДР 0105U002724.– Інв. № 0205U002730.– К., 2005.– 139 с.
81. А. Квашнина. Мониторинг природных комплексов в заповеднике “Денежкин Камень” // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 4 (31). – С. 3.
82. А. Ищук, С. Карпенко, Е. Серединин. Роль ГИС в системе по чрезвычайным ситуациям Украины // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2003. – № 3 (26). – С. 3-4.
83. О. Зеркаль. ГИС при прогнозировании экзогенных геологических процессов // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2003. – № 3 (26). – С. 7-8.
84. С. Корсей, Д. Парамонов. ГИС для картографирования селевой опасности // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2003. – № 3 (26). – С. 19-20.
85. С.С. Сандимиров, Н.А. Кашулин, Г.А. Евдокимова, В.В. Кошкин. ГИС-анализ техногенного загрязнения хибинских рек и озер в результате деятельности горного и обогатительного производства // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 4 (31). – С. 8.
86. А. Потапов. Система ArcGIS в задачах комплексного физико-экологического обследования помещений // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 4 (31). – С. 13.
87. В. Приваленко, В. Приваленко. ГИС при эколого-геохимическом мониторинге г. Ростова-на-Дону // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 4 (31). – С. 6-7.
88. Анализ последствий аварии на Чернобыльской АЭС при помощи ГИС и методов пространственной статистики / (По статье в ArcNews, осень 2003 г.) // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 4 (31). – С. 4.
89. Д.В. Ершов, Г.Н. Коровин, П.П. Шуляк и др. Российская система дистанционного мониторинга лесных пожаров // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 4 (31). – С. 21-23.
90. С. Павлов. ГИС для информационной поддержки деятельности по предупреждению и ликвидации последствий ЧС. ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2003. – № 3 (26). – С. 15-16.
91. С. Кривоногов, О. Лебедева и др. Геоинформационная поддержка проекта ИНТАС: Аральское море // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2003. – № 3 (26). – С. 18-19.
92. Колорадо в огне: космоснимки и ArcGIS / По материалам компании Space Imaging и журнала Geoinformatics // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2003. – № 3 (26). – С. 23.

93. Й. Патера. Деньги на ветер // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 4 (31). – С. 3.
94. Болдин В.А. Современные глобальные радионавигационные системы зарубежных стран. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1985.
95. Гофманн-Велленгоф Б., Ліхтенеггер Г., Коллінз Д. Глобальна система визначення місцеположення (GPS). Теорія і практика / Пер. з англ. під ред. Яцківа Я.С. – К.: Наук. думка, 1995.
96. Ратушняк Г.С. Топографія з основами картографії. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. – 179 с.
97. Применение навигационных приемников GPS для построения цифровых карт и планов лесных ресурсов // Геопрофи. – № 5. – 2003. – С. 7–8.
98. Электронный Гризли// ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 4 (31). – С. 15.
99. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О.П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. – К.: СИМВОЛ–Т, 1998. – 28 с.
100. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води / Л. Г. Руденко, В. П. Разов, В. М. Жукинський та ін. – К.: СИМВОЛ–Т, 1998. – 48 с.
101. Мокін В. Б., Давиденко О. В., Катасонов А. І. Комп'ютерна програма тривимірної візуалізації параметрів річкової мережі по її геоінформаційній моделі (“NetGL”) // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 13002. – К.: Державний департамент інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 11.05.2005.
102. Мокін В. Б., Давиденко О. В. Нова геоінформаційна технологія відображення кількісних та якісних параметрів річкових систем за допомогою технології OpenGL // Зб. наук. праць МНПК “Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти – 2003”. – 2004. – С. 36.
103. Мокін В. Б., Боцула М. П. Розробка геоінформаційної системи державного моніторингу довкілля Вінницької області / Зб. наукових праць “Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку”. – К.: ДНВП “Картографія”, 2003. – С. 140–143.
104. В.Б. Мокін, Ю.С. Гавриков, А.Р. Ящолт. Розробка геоінформаційного кадастру річок Вінницької області // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2004. – № 1. – С. 66–73.
105. Мокін В. Б., Боцула М. П. Розробка геоінформаційного автоматизованого гідрологічного бюлетеню Вінницького обласного центру з гідрометеорології // Геоінформатика. – 2003. – № 4. – С. 70–75.
106. Мокін В.Б. Комп'ютеризована обробка даних регіонального державного моніторингу вод з використанням геоінформаційних технологій / Зб. наук. праць Національного гірничого університету № 19. – Т. 2. – Дніпропетровськ, 2004. – С. 193-199.

107. Мокін В.Б. Розробка геоінформаційних аналітичних систем державного моніторингу довкілля Вінницької області / Зб. праць регіональної наради “Можливості сучасних ГІС/ДЗЗ-технологій у сприянні вирішення проблем Подільського регіону”. – К.: ДНВЦ “Природа” України, 2004. – С. 61-62.
108. Мокін В.Б., Мокін Б. І. Математичні моделі та програми для оцінювання якості річкових вод: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2000. – 152 с.
109. Мокін В.Б. Математичні моделі для контролю та управління якістю річкових вод: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 174 с.

Навчальне видання

доктор технічних наук, професор Василь Григорович Петрук
доктор технічних наук, професор Євген Тимофійович Володарський
кандидат технічних наук, доцент Віталій Борисович Мокін

ОСНОВИ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлений В.Г. Петруком

Редактор В.О. Дружиніна
Коректор З.В. Поліщук

Видавництво ВНТУ “УНІВЕРСУМ-Вінниця”
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7x42 $\frac{1}{4}$
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп’ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Петрук В.Г., Володарський Є.Т., Мокін В.Б. Основи науково-дослідної роботи. Навчальний посібник /Під ред. д.т.н., проф. Петрука В. Г.– Вінниця: ВНТУ, 2005. – 143 с.