

## Лекція № 8

### Застосування комп'ютерних (інформаційних) технологій у моделюванні і прогнозуванні стану довкілля.

#### План

1. Еколого-інформаційні системи як інструмент комплексного моніторингу навколишнього середовища
2. Бази даних екологічної інформації
3. Системи комп'ютерної обробки результатів моніторингових спостережень
4. Інформаційні технології системного аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища
5. Комп'ютеризовані системи для прийняття рішень по оптимізації навколишнього середовища

#### **1. Еколого-інформаційні системи як інструмент комплексного моніторингу та моделювання стану навколишнього середовища**

Одна із новітніх тенденцій розвитку суспільства й науки – інформатизація. Усвідомлення неповноти й відсутності системності знань про навколишнє середовище наприкінці двадцятого століття збіглося з бурхливим розвитком інформатики й обчислювальної техніки. Комп'ютер щільно входить у наше життя, інтенсивно змінюючи його, але й, допомагаючи вирішувати складні науково-прикладні проблеми. У результаті на стику багатьох областей знання, таких як науки про навколишнє природне середовище (географічного, біологічного циклів тощо), біометрії, математики, синергетики, інформатики та теорії інформації, виникла нова прикладна галузь науки – екоінформатика. Її основна задача – використання інформаційних технологій для збору, узагальнення, обробки, аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища та використання цієї інформації з метою розробки шляхів та заходів поліпшення стану довкілля та вирішення гострих екологічних проблем.

Перша електронно-цифрова машина ENIAC була створена в 1946 році. На сьогодні потужності та технічні характеристики комп'ютерної техніки того часу викликають у спеціалістів скепсис (перша ЕОМ займала величезну кімнату – 6 метрів у висоту і 26 метрів у довжину, а її обчислювальні можливості поступались розрахунковій потужності сучасних мікрокалькуляторів). Але значення цього винаходу на сьогодні переоцінити просто складно. Перший персональний комп'ютер Altair 8800 з'явився в 1974 році. В кінці 1970-х р.р. американська фірма “Commodore” випустила PET – один із перших масових персональних комп'ютерів. Його використовували в

основному в різноманітних офісах та навчальних закладах. Розпочався комп'ютерний бум.

В вісімдесяті роки, протягом всього одного десятиліття, у всіх розвинутих країнах світу були створені національні еколого-інформаційні системи, які включали національні системи моніторингу атмосфери, водних ресурсів, ґрунтів і інших компонентів природного середовища, а також системи збору й аналізу географічно прив'язаної інформації про антропогенне навантаження і стан здоров'я населення. У дев'яностих роках, за рахунок появи нових інформаційних технологій і розвитку мережі Internet, зокрема, формування "всесвітньої павутини" (World Wide Web) ці системи виявилися об'єднаними в єдину екоінформаційну систему світу, на серверах якої зберігаються величезні обсяги інформації про стан навколишнього середовища планети Земля, отримані за допомогою систем екологічного моніторингу.

Вважається, що екоінформаційні системи містять у собі системи екологічного моніторингу і є функціональною основою процесу керування екологічною безпекою розвитку й взаємодії суспільства й природи. Перед **екоінформаційною системою** стоять наступні основні завдання:

- підготовка інтегрованої інформації про стан навколишнього середовища, прогнозів ймовірних наслідків господарської діяльності й рекомендацій з вибору варіантів безпечного розвитку регіону для систем підтримки ухвалення рішення;
- імітаційне моделювання процесів, що відбуваються в навколишнім середовищі, з урахуванням існуючих рівнів антропогенного навантаження і можливих результатів прийнятих управлінських рішень;
- оцінка ризику для існуючих і проєктованих підприємств, окремих територій і т.п., з метою керування безпекою техногенних впливів;
- нагромадження інформації з тимчасових трендів параметрів навколишнього середовища з метою екологічного прогнозування;
- підготовка електронних карт, що відбивають стан навколишнього середовища регіону;
- складання звітів про досягнення цілей стійкого розвитку для федеральних і міжнародних організацій;
- обробка і нагромадження в базах даних результатів локального і дистанційного моніторингу й виявлення параметрів навколишнього середовища найбільш чутливих до антропогенних впливів;
- обґрунтування оптимальної мережі спостережень для регіональної системи екологічного моніторингу;
- обмін інформацією про стан навколишнього середовища (імпорт і експорт даних) з іншими екоінформаційними системами;

- надання інформації, необхідної для контролю за дотриманням прийнятих законів, для екологічного утворення, для засобів масової інформації і т.д.

В екоінформаційній системі можна виділити три рівні (рис. 1), які відрізняються за методом вирішення задач екологічного моніторингу й методах роботи з екологічною інформацією. Верхній щабель займають програмні модулі для підтримки прийняття рішень по оптимізації навколишнього середовища, середній – програмне забезпечення, що дозволяє провести системний аналіз інформації про стан навколишнього середовища, а нижній – модулі обробки первинної екологічної інформації.



*Рис.1. Структура екоінформаційної системи.*

На нижньому рівні екоінформаційної системи для збереження даних про стан навколишнього середовища використовуються різноманітні системи управління базами даних (СУБД) – *MS Access, Informix, Lotus, FoxPro, Oracle*, тощо, а для обробки результатів спостережень – електронні таблиці (*MS Excel, SuperCalc, Origin і т.д.*), пакети прикладних програм (*MathCAD, Matlab, Mathematica, Maple, Statistica, SPSS, Stata, StatGraphics, Surfer, Turbo Grafer* і багато хто інших). Така кількість різноманітного програмного забезпечення зумовлена величезним числом різнопланових задач по обробці результатів спостережень за станом навколишнього середовища, отриманих за допомогою локальних і дистанційних методів екологічного моніторингу.

На середньому рівні екологічної інформаційної системи для аналізу інформації про стан навколишнього середовища використовуються географічні інформаційні системи (ГІС). Подібні системи, забезпечуючи введення,

збереження, відновлення, обробку, аналіз і візуалізацію усіх видів географічно прив'язаної інформації, дозволяють систематизувати видачу такої інформації для управління екологічними процесами, реалізуючи досвід, накопичений фахівцями в даній галузі.

Системи підтримки прийняття рішень в області екологічної безпеки неминуче ґрунтуються на математичному моделюванні процесів, що відбуваються в природі. Це закономірно, тому що враховуючи складність організації екосистем та поліваріантність їх розвитку, просто необхідно “програвати” на ЕОМ сценарії розвитку тих чи інших процесів та явищ, будувати оперативні та адекватні прогнози. На жаль, на сьогодні обчислювальна потужність комп'ютерів занадто мала, а методи математичного моделювання навколишнього середовища не досить досконалі, аби їх результати могли б широко використовуватися для підтримки прийняття рішень в області природоохоронної діяльності. Тому в даний час нагромадження знань, необхідних для підтримки прийняття рішень, ґрунтується на різних спрощених методах оцінки впливу на навколишнє середовище (різноманітних уніфікованих методиках, експертних системах, окремих імітаційно-моделюючих інформаційних системах тощо).

## 2. Бази даних екологічної інформації

Останнім часом бази даних (БД) і системи керування базами даних (СУБД) широко входять в усі сфери діяльності людини, пов'язані з використанням комп'ютерної техніки. На базі СУБД будуються різноманітні інформаційні й інформаційно-керуючі системи, що використовуються у всіх галузях людської діяльності. При цьому відповідні БД можуть містити, у принципі, будь-які дані, однак, у більшості випадків, це дані алфавітно-цифрові (тобто текст) або числові.

**База даних**, БД (data base, database, DB) – сукупність даних, організованих за визначеними правилами, що встановлює загальні принципи опису, збереження й маніпулювання даними. Збереження даних у БД забезпечує централізоване управління, дотримання стандартів, безпеку й цілісність даних, скорочує надмірність і усуває суперечливість даних. БД не залежить від прикладних програм. Створення БД і звертання до неї (по запитах) здійснюються за допомогою системи керування базами даних (СУБД). Програмне забезпечення локальних обчислювальних мереж спочатку підтримувало режим роботи, при якому робочі станції мережі посилали запити до БД, розташованої на обслуговуючому їхньому комп'ютері – **файл-сервері** (file server), одержували від нього необхідні файли, виконували сукупність операцій пошуку, вибірки й коректування – **транзакції** (transaction) і відсилали файли назад. При іншому режимі робочі станції виступають у ролі клієнтів, а

сервер БД цілком обслуговує запити (як правило, записані мовою SQL) і відсилає клієнтам результати, реалізуюючи технологію *клієнт-сервер* (client/server). БД може бути розміщена на декількох комп'ютерах мережі; у цьому випадку вона називається *розподіленою БД* (distributed database). БД ГІС містять набори даних про просторові об'єкти, тому утворюють *просторові БД* (spatial database); цифрова картографічна інформація може бути організована у *картографічні бази даних* (map database), картографічні банки даних.

З поняття бази даних тісно пов'язаний і інший термін – *банк даних* (databank, data bank) – інформаційна система централізованого збереження і колективного використання даних. Містить сукупність баз даних, СУБД і комплекс прикладних програм. Банк даних називають *локальним* (local databank), якщо він розміщений в одному обчислювальному центрі (ОЦ) або на одному комп'ютері; *розподіленим* (distributed databank) – система об'єднаних єдиним адмініструванням, але за допомогою комп'ютерної мережі територіально роз'єднаних локальних банків даних. Картографічні банки даних іменуються також *банками цифрових карт*. Отже, поняття банку даних є дещо ширшим, ніж поняття бази даних.

Загальноприйнятим є представлення БД як взаємозалежної сукупності таблиць. Кожна таблиця складається з рядків (записів) і стовпців (полів). Кожний запис несе інформацію про деякий об'єкт, кожне поле містить значення деякої властивості об'єкта. У найпростішому випадку вся БД складається з однієї таблиці. Як приклад можна розглянути табличне зведення даних хімічного аналізу води, де кожний рядок містить дані про хімічний склад досліджуваної води, що відібрана в конкретній точці відбору проб (водопості або гідростворі), а значеннями полів є концентрація кожної окремо забруднюючої речовини, загальна мінералізація, сухий залишок, прозорість, мутність, рН, БСК, ХСК тощо. Подібного роду дані прийнято називати *атрибутивними* або *фактографічними*, або простіше – *табличними*.

Основні операції, які можна виконувати над атрибутивними даними, передбачають пошук даних по різних запитах, упорядкування даних (наприклад, за алфавітом), поєднання взаємозалежних даних із різних таблиць, обчислення сумарних значень, побудова різноманітних звітів. Крім того, СУБД дозволяє виконувати операції по створенню і модифікації БД: додавання і видалення записів, редагування (тобто зміна значень) полів запису, зміна структури записів (додавання й видалення полів і т.п.).

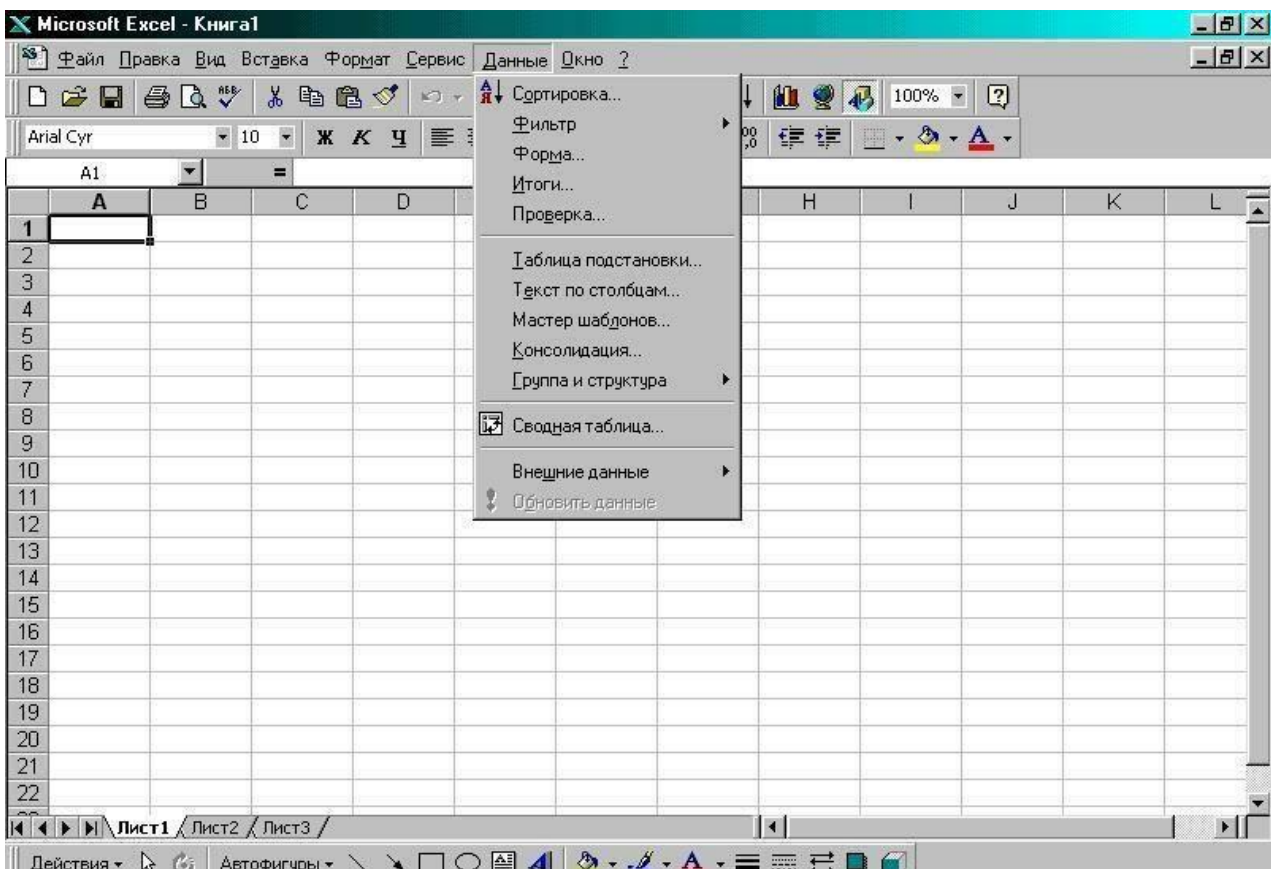
В загальному випадку можна сформулювати основні функції баз даних:

- збереження інформації;
- перегляд і пошук бази даних;
- вибірка даних із таблиці;
- формування звітів;

- введення й редагування інформації;
- контроль інформації;
- відображення інформації;

До сучасних баз даних ставляться наступні вимоги:

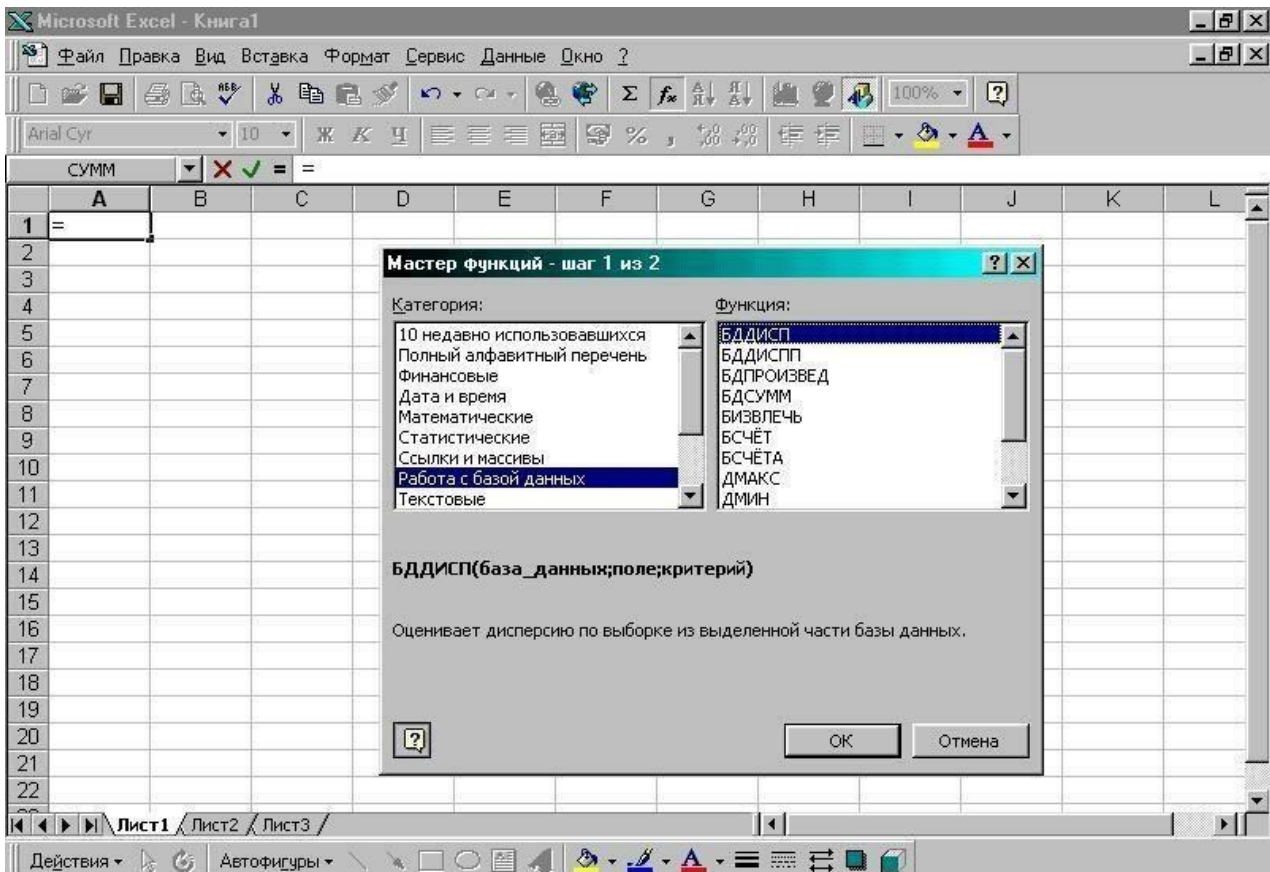
- ефективне виконання однієї і тієї ж СУБД різних функцій;
- мінімізація надмірності збережених даних;
- надання для процесів прийняття рішень несуперечливої інформації;
- забезпечення управління безпекою;
- відсутність підвищених вимог до персоналу, зв'язаній з розробкою, підтримкою й удосконалюванням прикладних програм при більшій продуктивності і менших витратах;
- проста фізична реорганізація бази даних;
- можливість централізованого керування базою даних;
- спрощення процедури експлуатації ЕОМ.



*Рис. 2. Меню Данные табличного процессора MS Excel.*

Програм, які дозволяють створювати та використовувати бази даних на сьогодні існує дуже багато. Характерною тенденцією для цих програм є підвищення їх спільної сумісності, розширення можливостей експорту і імпорту даних з одного формату в інший, використання універсальних засобів формування запитів (SQL). Найпростіші бази даних можна створювати і в

стандартних, встановлених практично на кожному комп'ютері програмах. Наприклад, в *MS Excel*. Зокрема, ця програма містить доволі багато можливостей для сортування, фільтрування, консолідації, групування, приєднання зовнішніх даних. Усі ці функції знаходяться в меню **Данные** (рис. 2).



*Рис. 3. Мастер функций MS Excel.*

Окрім того, *MS Excel* надає користувачу деякі спеціальні функції для роботи з базами даних. Їх можна знайти, запустивши **Мастер функций** і вибравши категорію **Работа с базой данных** (рис. 3).

### **3. Системи комп'ютерної обробки результатів моніторингових спостережень**

*Електронні таблиці* виникли як певний прообраз звичайних таблиць. Початок електронним таблицям як таким поклала в 1979 р. програма *VisiCalc*, в основу роботи якої вже був уведений принцип відображення в певній клітинці таблиці результатів розрахунків, для отримання яких були задіяні інші клітинки. У 1981 р. з'явилася програма *SuperCalc*, а у 1983 р. – пакет *Lotus 1-2-*

3. В ній уже було передбачена графічна візуалізація результатів розрахунків і це багато в чому зробило програму *Lotus 1-2-3* лідером на ринку аналогічних програм. Наприкінці 80-х років конкуренція на ринку електронних таблиць

загострилась – боротьба точилась між програмами 1-2-3 версії 2.01 і 3.0 фірми Lotus Development Corporation, Excel 2.1 фірми Microsoft, Quattro 1.0 фірми Borland International і SuperCalc 5 фірми Computer Associates. В зв'язку з посиленням позиції MS Windows на ринку програмних середовищ до середини 1990 р.р. найбільш популярним став пакет Excel.

**Електронні таблиці Excel** дозволяють вирішувати дуже багато задач по обробці даних, зосереджених у таблиці. У Excel передбачений автоматичне введення даних із SQL-серверів і різних СУБД. Обробка даних передбачає, крім арифметичних операцій, можливість роботи з матрицями, обчислення найрізноманітніших статистичних характеристик. Передбачені доволі потужні методи для графічного аналізу даних та графічної візуалізації результатів розрахунку. Починаючи з версії 7.0 програма Excel має встроєні можливості для відображення даних на географічній карті. Досягається це завдяки інтеграції у програму ГІС-модуля фірми MapInfo Corp. Складні задачі можуть вирішуватися в межах декількох зв'язаних таблиць, які називаються в Excel робочою книгою.

Позитивними сторонами MS Excel безумовно є також відносна простота роботи, широкі можливості для експорту-імпорту інформації в різноманітні формати, добра сумісність з іншими програмами, особливо з програмами наступного рівня (рис. 1) – ГІСами (уже згадуване Mapinfo, MapPoint, Surfer), розгалужена довідкова система, відносно високий рівень захисту інформації, наявність найрізноманітніших довідкових матеріалів по роботі з даним пакетом, широкі можливості для написання власних функцій користувача та підпрограм за допомогою редактора VBA.

В той же ж час MS Excel має й певні недоліки: занадто високий ступінь стандартизації, що іноді не дозволяє користувачу внести необхідний суб'єктивний момент в результати роботи, виконаної в програмі. Програма має слабші, в порівнянні з іншими табличними та статистичними процесорами, розрахункові можливості (розрахунок проводиться, як правило безальтернативно, лише за однією закладеною формулою, яка, на думку розробників з Microsoft, є найбільш оптимальною, хоча для вирішення конкретної прикладної задачі, як правило стала б у пригоді менш універсальна, але точніша й адекватніша методика).

Наприклад, оцінімо за допомогою MS Excel суттєвість залежності концентрацій забруднюючих речовин у донних відкладах р. Стир для чотирьох забруднюючих речовин у межах м. Луцька від місця відбору проб. Нульова гіпотеза ( $H_0$ ) у даному випадку формулюється так: відсутність залежності між забрудненням донних відкладів р. Стир і місцем відбору проб. Вихідні дані представлені у табл. 1.

**Таблиця 1.** Вміст забруднюючих речовин у донних відкладах р. Стир вище й



*нижче очисних споруд*

Місце відбору проб води з р. Стир	Досліджувані речовини, мг/кг			
	Цинк	Свинець	Нікель	Мідь
Вище комунальних очисних споруд м. Луцька	165,5	97,8	78,1	67,4
Нижче комунальних очисних споруд м. Луцька	307,5	152,2	86,2	83,7

Після завершення вводу даних, отримаємо таблицю, показану у верхній частині рис. 4. Перевірка даних таблиці на закон розподілу випадкової величини довела їх нормальний розподіл.

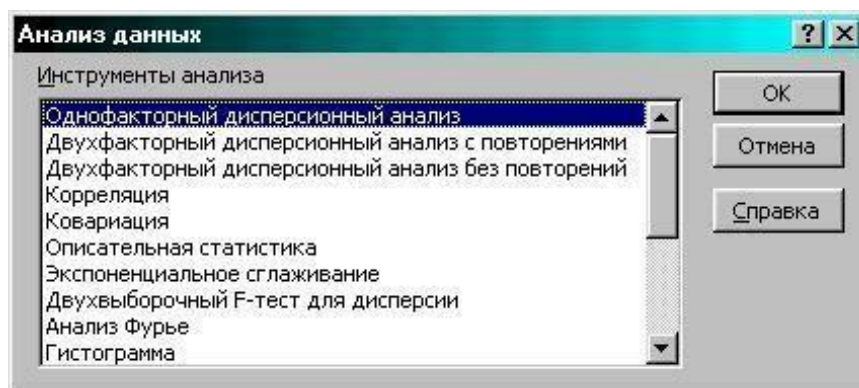
Для того, аби провести процедуру однофакторного дисперсійного аналізу слід виконати наступні дії:

**Сервис**

**Анализ данных**

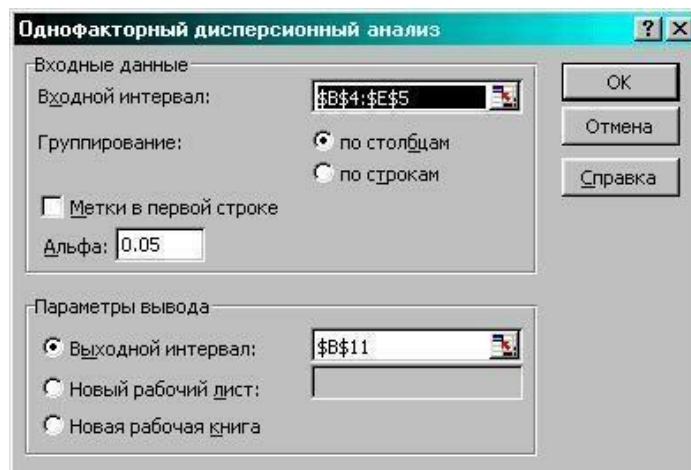
**Однофакторный дисперсионный анализ**

З'явиться вікно, зображене на рис. 4.



*Рис. 4. Вікно вибору способу обробки даних **Анализ данных** меню **Сервис***

В цьому вікні слід вибрати інструмент аналізу **Однофакторный дисперсионный анализ** і клацнути **Ок**. З'явиться вікно, що показано на рис. 5.



*Рис. 5. Вікно установки параметрів для однофакторного дисперсійного аналізу*

В даному вікні опції означають наступне:

**Входной диапазон**

Посилання на діапазон, що містить аналізовані дані. Посилання повинне складатися не менш чим із двох суміжних діапазонів даних, дані в які розташовані по рядках або стовпцях.

**Группирование**

Установіть перемикач у положення **По столбцам** или **По строкам** у залежності від розташування даних у вхідному діапазоні.

**Метки в первой строке/столбце**

Якщо перший рядок вихідного діапазону містить назви стовпців, установіть перемикач у положення **Метки в первой строке**. Якщо назви рядків знаходяться в першому стовпці вхідного діапазону, установіть перемикач у положення **Метки в первом столбце**. Якщо вхідний діапазон не містить міток, то необхідні заголовки у вихідному діапазоні будуть створені автоматично.

**Альфа**

Уведіть рівень значимості, необхідний для оцінки критичних параметрів F-статистики. Рівень альфа зв'язаний з ймовірністю виникнення помилки, внаслідок відкидання вірної гіпотези.

**Выходной диапазон**

Уведіть посилання на комірку, розташовану у лівому верхньому куті вихідного діапазону. Розміри вихідної області будуть розраховані автоматично, і відповідне повідомлення з'явиться на екрані в тому випадку, якщо вихідний діапазон займає місце існуючих даних або його розміри перевищують розміри листа.

**Новый лист**

Установіть перемикач, щоб відкрити новий лист у книзі і вставити результати аналізу. Ця функція доволі зручна, якщо необхідно зберегти результати роздільно з вихідними даними.

**Новая книга**

Аналогічно можна зберегти результати не лише на новому листі, але й у нову робочу книгу.

Досліджувані речовини, мг/кг				
Місце відбору проб	Цинк	Свинець	Нікель	Мідь
Вище комунальних очисних споруд м. Луцька	165.5	97.8	78.1	67.4
Нижче комунальних очисних споруд м. Луцька	307.5	152.2	86.2	83.7

Однофакторный дисперсионный анализ				
ИТОГИ				
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
Столбец 1	2	473	236.5	10082
Столбец 2	2	250	125	1479.68
Столбец 3	2	164.3	82.15	32.805
Столбец 4	2	151.1	75.55	132.845

Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Между группами	33243.03	3	11081.01	3.779551	0.115819082	6.591392
Внутри групп	11727.33	4	2931.833			
Итого	44970.36	7				

Рис. 6. Результати однофакторного дисперсійного аналізу даних із табл. 1

У вікні результатів (рис. 6) використані стандартні позначення *MS Excel*: *SS* – сума квадратів; *между группами* – міжгрупова сума квадратів; *внутри групп* – внутрішньогрупова сума квадратів; *итого* – повна (загальна) сума квадратів; *df* – число ступенів свободи; *MS* – середній квадрат (фактична дисперсія); *F* – розрахункове значення критерію Фішера; *P-Значение* – розрахункове значення мінімальної значимості; *F-критическое* – критичне значення розподілу Фішера.

Отже, як видно з результатів розрахунку розрахункове значення критерію Фішера (3,78) менше ніж критичне значення (6,59). Тому гіпотеза про відсутність залежності між забрудненням донних відкладів р. Стир і місцем відбору проб приймається при заданому рівні значимості 0,05. Оскільки *P-Значение* достатньо велике (0,115), то нема підстав для відкидання гіпотези про рівність дисперсій.

**Пакети прикладних програм** дозволяють підготувати документ, що включає як об'єкти, документи інших типів або гіперпосилання на інші документи і програми обробки. В останні роки в розвитку програмного забезпечення для персональних ЕОМ простежується тенденція застосування

інтегрованих пакетів, що включають поряд зі спеціалізованими програмами й програми підготовки звітів. Модульний підхід до моделювання простежується й у сучасних пакетах.

### **Пакет MATLAB**

Одним їх із них є *MATLAB* фірми “The MathWorks Inc” (USA). Система *MATLAB* призначена для виконання інженерних і наукових розрахунків і високоякісної візуалізації одержуваних результатів. Ця система застосовується в математиці, обчислювальних експериментах, імітаційному моделюванні. У пакет входить безліч перевірених та верифікованих чисельних методів, оператори графічного представлення результатів, засоби створення діалогів. Відмінною рисою *MATLAB* у порівнянні зі звичайними мовами програмування є матричне представлення даних і великі можливості матричних операцій над даними. Використовуючи пакет *MATLAB* можна як із кубиків побудувати досить складну математичну модель, або написати свою програму (досить схожу на Фортран-програму). А можна використовуючи **SIMULINK** і технологію візуального моделювання скласти імітаційну модель або систему автоматичного регулювання.

Гнучка мова *MATLAB* дає можливість інженерам і вченим легко реалізовувати свої ідеї. Могутні чисельні методи і графічні можливості дозволяють перевіряти припущення і нові виникаючі ідеї, а інтегроване середовище дає можливість швидко одержувати практичні результати. Сьогодні *MATLAB* використовується в безлічі областей, серед яких обробка сигналів і зображень, проектування систем керування, фінансові розрахунки і медичні дослідження. Для проектування систем керування, цифрової обробки сигналів, комунікаційних систем широко використовується *SIMULINK*, що дозволяє моделювати динамічні системи, оцінювати їхню роботу, модифікувати проект за допомогою графічних блок-діаграм. *SIMULINK* – це інтерактивне середовище для моделювання й аналізу широкого класу динамічних систем.

### **Пакет MATHCAD**

Інша сторона розвитку сучасного програмного забезпечення – орієнтація на “непрограмуючого користувача”. У цьому випадку користувач такого пакета одержує можливість зосередитися на сутності самої задачі, а не способах її програмної реалізації. У свою чергу користувач повинний ясно представляти можливості використовуваного пакета і закладених у ньому методів, а також уміти вибрати необхідний пакет, що відповідає розв'язуваній задачі.

Всі етапи створення й використання математичної моделі легко простежити при роботі з пакетом *MATHCAD* фірми “MathSoft Inc.” (USA). *MATHCAD* – універсальний математичний пакет, призначений для виконання інженерних і наукових розрахунків. Математичне забезпечення пакета дозволяє вирішувати задачі практично по всі розділах математики. Пакет весь час удосконалюється. На сьогодні найпопулярнішими є версії *MATHCAD 8.0* і

*MATHCAD 2000*. Позитивною рисою цієї програми є присутність на вітчизняному ринку не лише оригінальної (англомовної), але й русифікованої версії програми. Як зазначають більшість кваліфікованих користувачів, *MATHCAD* дуже простий у роботі – практично як калькулятор. В той же ж час він дозволяє здійснювати обчислення з довільною точністю, роботу з різними типами даних (комплексні, вектори, матриці), використання бібліотеки математичних функцій (яка може бути доповнена програмами на Фортрані). Основна перевага пакета перед типовими мовами програмування – звична математична мова, на якій формулюється розв'язувана задача.

Пакет поєднує в собі: редактор математичних формул, інтерпретатор для обчислень, бібліотеку математичних функцій, процесор символічних перетворень, текстовий редактор, графічні засоби представлення результатів. Пакет *MATHCAD* відноситься до інтегрованих пакетів, тобто дозволяє не тільки зробити обчислення, але й одержати документ – підсумковий звіт з коментарями, формулами, таблицями й графіками.

До позитивних якостей *MATHCAD* варто віднести також відкритість – усе приведене в документі може бути відтворено (тобто експортовано в інші програми для подальшої роботи), а інтеграція в одному документі вихідних даних, методу рішення й результатів дозволяє зберегти настроювання для вирішення подібних задач.

### **Пакет STATISTICA**

У багатьох природничо-наукових областях статистичні методи були і залишаються важливою складовою частиною процедури обробки результатів вимірів. Це стосується фізики, хімії, біології, геології, метеорології і багатьох інших. Сучасні програми для статистичної обробки даних дозволяють застосовувати складні сучасні методи аналізу навіть у тих областях, де раніше такі дослідження були надзвичайно трудомісткими (медицина, біоценологія) і, отже, проводилися досить рідко.

Система *STATISTICA* може служити не тільки ефективним інструментом для наукових досліджень, але і надзвичайно зручним середовищем для навчання методам статистичного аналізу. По позитивних сторін системи слід віднести просту модульну структуру, унікальні можливості по обміну інформацією із іншими програмами, абсолютну зрозумілість та інтуїтивну передбачливість інтерфейсу. Система *STATISTICA* із самого початку свого створення активно використовується в навчальному процесі у ВУЗах. Детальніше з особливостями та перевагами даного пакета ми ознайомимось в ході виконання лабораторних робіт по стохастичному моделюванню.

### **Інші математичні пакети**

Усе різноманіття математичних пакетів не обмежується перерахованими вище системами. Дещо менш поширеними є:

*MAPLE V* – система символічних перетворень (частково входить у

MATHCAD);

*MATHEMATICA* – дуже система аналітичного вирішення будь-яких математичних задач;

*SPSS* – дуже потужний статистичний процесор, який сьогодні на рівних конкурує із системою *STATISTICA*;

*Stata* – невеликий, але досить популярний і перспективний статистичний процесор, спеціалісти особливо його рекомендують для проведення економіко-статистичних розрахунків;

*StatGraphics* – версій цієї програми існує дуже багато, до недавнього часу (поки її не потіснили програми *STATISTICA* та *SPSS*) *StatGraphics* був абсолютним лідером ринку статистичних процесорів

Даний перелік можна продовжувати ще дуже довго. Але хотілось би звернути увагу на ще одну групу програм – **графічні пакети**. До недавнього часу в наукових колах була поширена думка, що графічні пакети призначені лише для візуалізації результатів розрахунків. На сьогодні завдяки їм можна вирішувати задачі, які далеко виходять за межі простої візуалізації результатів розрахунку. Зокрема, за їх допомогою можна реалізувати графічне та картографічне моделювання того чи іншого об'єкта, тобто здійснювати побудову концептуальних знакових моделей, які належать до ідеальних моделей. Безумовно, ці моделі не завжди будуються на формалізованому апараті математичного аналізу. Але все ж певний елемент застосування кількісної інформації для них є обов'язковим. Хотілось би зупинитись на декількох таких пакетах:

**Golden Software Surfer 7.0** – невелика, дуже проста, але потужна й зручна програма для побудови просторових поверхонь, ліній рівня і різноманітних карт. По-суті, програма *Surfer* не будує карт, вона будує графіки поверхні і, абстрагувавшись, такий графік можна вважати картою (тому, що власне, електронні карти будуються за допомогою ГІС-програм). В той же ж час іноді для територіально-просторової візуалізації і не потрібно будувати складних і загромождених карт – достатньо принципової генералізованої схеми досліджуваного явища, із чим *Surfer* справляється блискуче. Серед всіх інших переваг програми, нам особливо подобається можливість сумістити даний візуалізатор з електронними таблицями *MS Excel*, адже *Surfer* читає файли формату **\*\*.xls**.

*Grapher 2* – програма для побудови двовимірних графіків від того ж виробника Golden Software (USA).

Окремо хотілось би згадати про потужні векторні – AutoCAD, Corel DRAW, Adobe Illustrator, MS Visio та растрові – Corel PhotoPaint, Photoshop та інші графічні процесори. Вони дозволяють не лише дуже якісно провести графічну візуалізацію, а й завдяки потужним експортно-імпортним можливостям та підтримкою графічних обмінних форматів часто

використовуються як допоміжні модулі при роботі з ГІС-програмами.

#### **4. Інформаційні технології системного аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища**

Звичайні (атрибутивні) СУБД виявляються непристосованими для роботи з таким специфічним видом даних, як графічні (просторові) об'єкти. Графічний об'єкт характеризується прив'язкою до деякої системи координат (наприклад, географічних). Об'єкт задається, як мінімум, однією парою координат (X, Y), що визначає точку його місця розташування. Крім того, об'єкт може мати визначену форму й розміри, які можна задати набором координат характерних точок. Прикладами об'єктів можуть бути будинки, земельні ділянки, стовпи, колодязі, дороги, водойми, природні зони, адміністративні райони, країни і т.п.

Зрозуміло, координати точок об'єктів можна вважати атрибутивними даними і зберігати у звичайній БД. Однак такий підхід не дозволяє вирішувати такі задачі, де важливим є саме просторовий характер об'єктів. Це, насамперед, відображення об'єктів на екрані або принтері, просторовий пошук, розрахунок геометричних характеристик об'єктів (довжина, площа), візуальне редагування об'єктів, а також різноманітні задачі просторового аналізу.

База даних, спроектована таким чином, щоб зберігати інформацію про графічні об'єкти, називається *геоінформаційною базою даних* (ГБД). Зміст ГБД не обмежується координатами об'єктів. Насамперед, об'єкти можуть бути класифіковані по типах, геометричних характеристиках, призначенню й інших ознаках. Тому ГБД повинна мати визначену структуру, що відбиває цю класифікацію. Крім того, із кожним об'єктом може бути зв'язана визначена атрибутивна інформація. Наприклад, для об'єктів-будинків може бути задана адреса, корисна площа, число поверхів, власник, дата ремонту й інші характеристики. Ця інформація також повинна зберігатися в складі ГБД. Атрибутивна інформація може використовуватися для формулювання запитів до БД і для керування відображенням об'єктів.

Зрозуміло, що програми для роботи з ГБД повинні, поряд із функціями, характерними для звичайних СУБД, виконувати великий набір операцій із графічними об'єктами. Підсумовуючи вищесказане, можна дати визначення наступних важливих понять.

**Геоінформаційна база даних (ГБД)** – це організована сукупність просторових і табличних даних, що описують деяку територію і розташовані на ній об'єкти.

**Геоінформаційна система (ГІС)** – це програмна система, призначена для збереження, обробки й відображення даних, що зберігаються в ГБД.

До появи перших геоінформаційних систем привело об'єднання

комп'ютерної технології (особливо по обробці й аналізу даних) і традиційної географічної (конкретно – еколого-географічної) карти, відкрило нові обрії просторового аналізу розподілу природних і антропогенних явищ.

**ГІС** – інформаційна система, що забезпечує збір, збереження, обробку, доступ, відображення й поширення просторово-координованих даних. ГІС містить дані про просторові об'єкти у формі їхніх цифрових представлень (векторних, растрових, квадратових і інших), включає відповідний набор функціональних можливостей, у яких реалізуються операції геоінформаційних технологій, підтримується програмним, апаратним, інформаційним, нормативно-правовим, кадровим і організаційним забезпеченням.

**Таблиця 2.** Підходи до трактування терміну «ГІС»

Термін	Джерело
Географічна інформаційна система ( <i>Geographic Information System</i> )	Американська термінологія
Географічна інформаційна система ( <i>Geographical Information System</i> )	Європейська термінологія
Геоінформатика ( <i>Geoinformatics</i> )	Канадська термінологія
Геореляційна інформаційна система ( <i>Georelational Information System</i> )	Технічна термінологія
Інформаційна система з природних ресурсів ( <i>Natural Resources Information System</i> )	Дисциплінарна термінологія
Інформаційна система з геології чи наук про Землю ( <i>Geoscience or Geological Information System</i> )	Дисциплінарна термінологія
Просторова інформаційна система ( <i>Spatial Information System</i> )	Негеографічний термін
Система аналізу просторових даних ( <i>Spatial Data Analysis System</i> )	Термінологія на основі функцій системи

На перший план при впровадженні ГІС-технологій виходять наступні питання: розробка районних екологічних геоінформаційних систем, відображення картографічної інформації в кадастрових ГІС, відображення картографічної інформації в екологічних ГІС, використання картографічної інформації у будівництві, дослідження глибинних покривів Землі, аналіз функцій від двох перемінних у тематичній картографії, розрахунок прямого економічного ефекту від упровадження геоінформаційних систем.

Геоінформаційні системи на даний час поєднують у собі точність і якість цифрових карт, величезну кількість довідкової інформації, потужний набір



інструментів для обробки й аналізу даних і, неодмінно, здатність обміну спеціалізованою інформацією через *Internet*.

Сучасний інструментарій ГІС дозволяє одержувати доступ до просторової інформації, грамотно її проаналізувати, врахувати всі алгоритми обробки. ГІС допомагає краще керувати проектами. Вона надає економні й ефективні інструменти, що дозволяють задовольнити потреби ринку у всезростаючих сервісних послугах в області геодезії й картографії без яких-небудь затримок. Рішення на базі ГІС сприяють підвищенню конкурентноздатності підприємства чи організації на ринку високих технологій та інформаційних послуг. Проектування інфраструктури й розробка відповідного проекту інженерної підготовки й освоєння території теж вимагають у даний час автоматизації й використання відповідних ГІС.

Основна задача, яка ставиться перед ГІС-технологіями – моделювання стану довкілля. ГІС-моделювання – це створення багат шарової електронної карти, у якій опірний шар описує географію досліджуваної території, а кожний з інших шарів – один з аспектів стану цієї території, а також виявлення взаємозв'язків, прогнозування, оцінка об'єктів і явищ на основі різного поєднання і сполученого аналізу цих шарів.

Термін “карта” асоціюється із деяким зображенням на площині, з різнобарвними лініями й областями, умовними знаками й написами, із заданим масштабом. Так приблизно і виглядає карта, коли вона візуалізується на екрані або виводиться на принтер чи плотер. Але це – зовнішній вигляд. Щоб успішно працювати з картами, потрібно уявляти собі, у чому суть поняття карти в ГІСах, із чого складається карта і які операції можна виконувати з картою. Карта складається з одного або декількох шарів, кожний шар містить один або кілька типів графічних об'єктів. Кожному типу відповідає безліч графічних об'єктів цього типу. Шари карти і типи графічних об'єктів є компонентами карти, а сама карта є один із компонентів ГБД.

Розбивка карти на шари й типи об'єктів цілком залежить від бажань користувача, що створює карту. Звичайно, це відбиває реальні взаємозв'язки об'єктів і може залежати від призначення карти. До одного типу звичайно, відносять такі об'єкти, що мають однаковий набір характеристик, що їх описують. Наприклад, усі земельні ділянки мають такі характеристики – тип ґрунту, призначення ділянки, форма власності, власник і т.п.

При розбивці карти на шари варто враховувати, що відображення карти завжди виконується пошарово, причому користувач може задати необхідний порядок шарів (від нижнього шару до верхнього). Об'єкти певного шару, перешаровуючись, можуть перекрити собою об'єкти з раніше відображених (нижніх) шарів. На противагу цьому, для типів об'єктів одного шару не гарантується якийсь визначений порядок відображення. Завжди можливо змінити існуючу розбивку на компоненти, увести нові шари або, навпаки,

об'єднати існуючі, змінити шар і тип для деяких об'єктів і т.п.

Кожний графічний об'єкт відноситься до одному з п'яти геометричних типів:

- [Точкові об'єкти](#)
- [Лінійні об'єкти](#)
- [Площинні об'єкти](#)
- [Текстові об'єкти](#)
- [Растрові об'єкти](#)

Найбільш важливою характеристикою геоінформаційної системи є набір підтримуваних нею *моделей представлення просторових даних*. По складу підтримуваних моделей можна судити про потенційні можливості й характер функцій просторового аналізу в програмному забезпеченні ГІС. *Моделлю представлення інформації* називається система концепцій та правил, що використовується для опису типів об'єктів і взаємин між екземплярами об'єктів. При цьому одна група аналітичних функцій просторового аналізу може бути реалізована на декількох моделях, друга – тільки на одній моделі. Модель просторової інформації визначає характер практично всіх наступних операцій і методів аналізу інформації, спосіб введення даних і особливості одержуваних результатів. Найбільш розповсюдженими моделями є *векторна модель із внутрішньооб'єктною топологією, векторна з лінійно-вузловою топологією і растрова*. У деяких додатках може бути використана *модель даних САПР*. Серед перспективних моделей варто назвати *модель квадротомічного дерева і векторні моделі з концептуальною топологією*. Використовуючи особливості кожної моделі, у ГІС реалізуються ті або інші функції просторового аналізу геоданих.

Класичні функції просторового аналізу включають полігональні оверлеї, аналіз близькості, буферизацію, алгебру карт, побудову та аналіз моделей рельєфу, моделювання мереж. Операції буферизації забезпечують такі можливості як, наприклад, побудова карт шумового забруднення від транспортних потоків, поширення забруднень по території, моделювання надзвичайних ситуацій на точкових об'єктах підвищеної техногенно- екологічної небезпеки і т.д. За допомогою оверлейних операцій між шарами різних карт можна згенерувати нові карти взаємних співвідношень між об'єктами, карти спільної поширеності явищ. Результатом аналізу мереж можуть бути карти транспортної доступності, поширення забруднень по річковій мережі, розрахунок оптимальних транспортних потоків.

ГІС-технології дозволяють здійснювати:

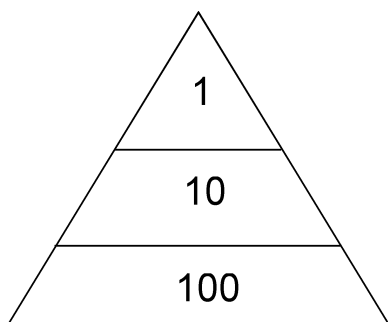
- ведення комплексного й галузевого кадастру;
- пошук і раціональне використання природних ресурсів;
- моніторинг екологічних ситуацій;

- контроль умов життя населення – охорона здоров'я, соціальне обслуговування;
- картографування – створення тематичних карт, національних і регіональних атласів, відновлення карт;
- територіальне й галузеве планування й керування промисловістю, сільським господарством, транспортом, енергетикою і т.д.

При аналізі методичних особливостей використання ГІС-технологій у роботі еколога слід особливо акцентувати увагу на програмному забезпеченні. Класифікаційну належність програмного забезпечення ГІС демонструє табл. 3, а співвідношення між наявністю й потребами споживачів у різноманітних програмних засобах для геоінформаційних досліджень ілюструє рис. 7.

**Таблиця 3.** Класифікація програмних засобів (ПЗ) ГІС-технологій

Клас ПЗ	Введення і форматування просторових даних	Створення і ведення атрибутивних баз даних	Запити до баз даних	Просторовий аналіз
ГІС-конструктори	Так	Так	Так	Так
ГІС-аналітики	Обмежене	Так	Так	Так
ГІС-глядачі	Ні	Обмежене	Так	Обмежене



### **ГІС-конструктори**

(повнофункціональні модульні ГІС, виробничі картографічні системи, промислові бази даних).

### **ГІС-аналітики**

(повнофункціональні настільні ГІС, промислові і настільні бази даних)

### **ГІС-глядачі (від англ. Viewer)**

(настільні ГІС-глядачі, мережеві ГІС-клієнти, Web-браузери)

**Рис. 7.** Різноманітні класи ГІС-продуктів

**MGE** (Modular GIS Environment) – модульне ГІС-середовище, донедавна флагман у великій піраміді ГІС-продуктів, розроблених компанією INTERGRAPH. **MGE** – це повнофункціональна інструментальна ГІС, до складу якої входить більш ніж 60 модулів різного функціонального призначення, і одночасно — наскрізна виробнича картографічна система. Спектр функціональності модулів **MGE** неймовірно широкий і незамінний у тих

випадках, коли інші програмні продукти не можуть вирішити всіх проблем.

У якості базового графічного ядра в системі *MGE* використовується векторний редактор корпорації Beantly – *Microstation J (SE)*. Усі додатки *MGE* є програмними надбудовами над *MicroStation*, що являє собою могутній багатофункціональний графічний редактор і має розвинуті засоби створення власних програмних додатків.

В основі програмних засобів створення й маніпулювання базами картографічних даних *MGE* лежить традиційна для такого рівня ГІС модель лінійно-вузлової топології просторових об'єктів із традиційною пошаровою організацією і зв'язана з ними описова або атрибутивна інформація, збережена в зовнішньої СУБД. Серед усієї сукупності продуктів *MGE* три модулі є базовими, оскільки містять основні функції створення й супроводу ГІС проекту. Це **MGE Basic Nucleus** – ядро системи, **MGE Basic Administrator** – основний адміністратор і **MGE Base Mapper** – базовий картографічний модуль. Наявність цих продуктів у системі необхідно практично при будь-якій конфігурації робочих місць. Набір додаткових додатків *MGE* у системі залежить від конкретної розв'язуваної задачі.

*GeoMedia* – перший заснований на технології Jupiter продукт корпорації Intergraph в області ГІС. Це універсальний географічний клієнт, покликаний відігравати роль "настільного" ГІС-інструментарію для задоволення потреб широкого кола користувачів у географічній інформації. Завдяки можливостям читання, інтеграції і спільного аналізу даних із різномірних джерел (найбільш популярних форматів ГІС, САПР і БД), *GeoMedia* здатна доповнити або замінити геоінформаційні системи попереднього покоління – такі як, наприклад, *MGE*.

*GeoMedia* – "настільний" аналітичний інструмент, призначений, насамперед для підтримки прийняття рішень на всіх рівнях. Користувач *GeoMedia* одержує повний набір функцій для реалізації географічного аналізу. Відкритість продукту дозволяє вести свої власні бази даних (як табличні, так і просторові), створювати з них тематичні шари карти, зображувати результати просторового аналізу й аналізу атрибутивних даних у виді вибірок із шару або самостійних шарів, вносити необхідні зміни в існуючі дані, формувати тематичні карти, що містять тільки необхідний набір шарів, інтегрувати бази даних із картографічними даними і багато чого, багато чого іншого.

Пакет *SICAD/open* (Simmence, Germany) призначений для побудови глобальних геоінформаційних систем. *SICAD/open* – це комплексна система інтеграції взаємозалежних інформаційних атрибутів і графічних об'єктів у банку геоданих. Зміни в одній області автоматично відображаються в іншій. Як інформаційну основу використовується корпоративні СУБД INFORMIX або ORACLE, що дозволяє використовувати переваги стандартної системи керування базами даних клієнт-сервер:

- SQL як користувальницьку мову запитів;
- комплексну інтеграцію;
- колективний доступ;
- можливість мережної розподіленої обробки.

*SICAD/open* є комбінованою растрово-векторною системою, що пропонує всі інструменти для введення, збереження, обробки й аналізу растрових і векторних даних: геодезичних, топографічних і аерофотознімків.

**ARC/INFO** – ведучий програмний продукт компанії ESRI – високорівнева ГІС-система. Безумовно, *Arc/Info* найбільш громіздка система, вимагає дуже значних обчислювальних ресурсів, складна в освоєнні і надзвичайно дорога система. В західних країнах (особливо в США) *Arc/Info* намагається претендувати на роль стандарту *de facto* як засіб об'єднання різних геологічних, геофізичних, географічних, екологічних прикладних систем. На теренах колишнього СРСР ситуація інша – у зв'язку з тим, що це програмне забезпечення дуже дороге, широкого поширення *Arc/Info* не зазнав.

**MicroStation GeoGraphics** – платформа на базі свого відомого продукту *MicroStation* для побудови географічних інформаційних систем. *MicroStation GeoGraphics* позиціонується на ринку як самостійна геоінформаційна система, але її скоріше варто розглядати як інструментарій для розробки власних програм, оскільки кожний проект вимагає індивідуального підходу в плані настроювань інтерфейсу, створення макросів і додаткових модулів. Потужні інструментальні засоби дозволяють розробляти будь-які робочі місця відповідно до ідеології проекту. Головне достоїнство *GeoGraphics* полягає в тому, що це інтеграційна ГІС-платформа високого рівня. Тобто все різноманіття інструментів *MicroStation* залишається доступним користувачу *GeoGraphics* як розробнику, і, крім цього, надається можливість створення власних спеціалізованих програм на базі *GeoGraphics*. *MicroStation GeoGraphics* працює прямо із СУБД *Oracle* і через драйвери ODBC із СУБД *MS Access*, *FoxPro*, *INFORMIX*, *SQL Server* і ін.

**AutoCAD Map 2000** – модуль для створення карт і просторового аналізу в середовищі *AutoCAD*, а також збереження, організації, аналізу й обміну інформацією про будь-які географічні об'єкти, їх форму і розташування в різних графічних форматах. Він містить весь набір стандартних засобів і спеціальні засоби для створення, обробки й збереження карт і географічних даних.

Основні можливості *AutoCAD Map 2000*:

- дозволяє працювати одночасно з декількома проектами і декількома кресленнями під час одного сеансу роботи.
- дає найкращі інструменти для швидкого й точного «сколювання» карт із паперових носіїв. Сколювання карт значно прискорює переклад паперових карт у цифрову форму.

- додаткова інформація, зв'язана з об'єктами карт, дозволяє значно розширити можливості аналізу й ухвалення рішення. AutoCAD Map надає велику гнучкість у підключенні інформації, керуванні їй і створенні запитів.
- здійснення доступу до інформації в зовнішніх базах даних із використанням SQL-зв'язків.
- підтримка растрових зображень. Растрові зображення є потужними засобами представлення графічної інформації. Аерофотознімки і фотографії із супутників надають точну й сучасну інформацію в легкодоступному форматі. Автотрасування і поліпшена автоприв'язка дозволяють створювати і розміщати нові об'єкти, ґрунтуючись на існуючих об'єктах за допомогою тимчасової допоміжної геометрії.

**GeoMedia** доповнює лінію продуктів *MGE*. У той час, як *MGE* у першу чергу призначалася для конструкторів ГІС, що формують бази геоданих і керують інформацією, *GeoMedia* розрахована на ГІС-аналітиків і ГІС-глядачів, що синтезують нові дані, знання й рішення на основі вже наявних даних. Ці дані зможуть бути використані для комплексного еколого-географічного аналізу й прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Використовуючи сервери даних, *GeoMedia* дозволяє підключатися до джерел, розташованих у різних географічних точках, і одночасно аналізувати дані різних типів і форматів. Будучи цілком інтегрованою в технологію *Windows*, *GeoMedia* проста в користуванні і не вимагає ніяких спеціальних знань, що до мінімуму скорочує час навчання й звикання.

Геоінформаційна система **MapInfo** була розроблена наприкінці 80-х р.р. ХХ ст. фірмою Mapping Information Systems Corporation (U.S.A.). Пакет MapInfo спеціально спроектований для обробки й аналізу інформації, що має адресну або просторову прив'язку. MapInfo – це картографічна база даних. Встроєна мова запитів SQL MM, завдяки географічному розширенню, дозволяє організувати вибірки з урахуванням просторових відносин об'єктів, таких як віддаленість, вкладеність, перекриття, перетинання, площі і т.п. У MapInfo мається можливість пошуку й нанесення об'єктів на карту по координатах, адресі або системі індексів. *MapInfo* дозволяє редагувати й створювати електронні карти. Оцифровка можлива як за допомогою дигітайзера, так і по сканованому зображенню. MapInfo підтримує растрові формати GIF, JPEG, TIFF, PCX, BMP, TGA (Targa), BIL (SPOT – супутникові фотографії). Універсальний транслятор *MapInfo* імпортує карти створені у форматах інших геоінформаційних і САПР-систем: *AutoCAD* (DXF, DWG), *Intergraph/MicroStation Design* (DGN), *ESRI Shape* файл, *AtlasGIS*, *ARC/INFO Export* (E00). У *MapInfo* можна працювати з даними у форматах *Excel*, *Access*, *xBASE*, *Lotus 1-2-3* і текстовому. Конвертація файлів

даних не потрібно. З MapInfo Ви маєте доступ до віддалених баз даних *ORACLE, SYBASE, INFORMIX, INGRES, QE Lib, DB2, Microsoft SQL* і ін. У *MapInfo* можна створювати тематичні карти наступних основних типів: картограми, стовпчасті і кругові діаграми, метод значків, щільність крапок, метод якісного тла і безперервної поверхні. Сполучення тематичних шарів і методів буферизації, районування, злиття й розбивки об'єктів, просторової й атрибутивної класифікації дозволяє створювати синтетичні багатокомпонентні карти з ієрархічною структурою легенди.

Пакет *MapInfo* ( Mapping Information Systems Corp., USA) в останні роки займає ведучі позиції серед геоінформаційних систем для персональних комп'ютерів. Mapping Information Systems входить у число американських компаній, що найбільш динамічно розвиваються

*ArcView* – теж відносно недорогий і простий у вивченні програмний продукт, що володіє функціями картографування і геоінформаційного аналізу та дозволяє користувачу швидко робити просторові й атрибутивні вибірки різних даних і відображати потрібну інформацію. *ArcView* забезпечує повний набір функціональності для початкового картографування, роботи з табличними даними, підтримку безлічі типів даних .

Найбільшою перевагою *ArcView* є набір засобів геообробки й аналізу. Ці засоби дозволяють проводити такі складні просторові операції з географічними даними як створення буферних зон навколо картографічних об'єктів, вирізка, злиття, перетинання, об'єднання тим і присвоєння даних по місцю розташування.

Однією з найпростіших геоінформаційних систем є *Atlas GIS*. У цій системі є тільки одне графічне вікно й ряд вікон табличних і довідкових. Графічне вікно відповідає листу папера, де розміщується карта й елементи її оформлення (назва карти, загальна легенду і до 4-х тематичні легенди, масштабна лінійка). Найсильніше місце пакета – графічний інтерфейс. Він простий і логічний. Практично всі операції виконуються однозначно і не більш ніж за два-три кроків. Універсальність *Atlas GIS* виявляється в незалежності аналітичної роботи від поточного порядку шарів карти. Усі операції однаково доступні для будь-якого шару. При створенні нових об'єктів доступні режими об'єктної прив'язки, копіювання загальної границі і т.д.

Можна формувати запит за атрибутивним критерієм, вказавши конкретне значення, границі (від і до) або використовуючи потужний для даного типу ГІС, конструктор запитів з обчисленням по складній функції, що містить, у тому числі і логічних операторів.

Геоінформаційна система *WinGIS* розроблена австрійською фірмою *PROGIS*. У цій системі реалізована ідея багатовіконної обробки векторних, растрових і табличних даних. Перевагами системи *WINGIS* є: простота і зручність використання, застосування концепції багатошарової побудови

зображення, об'єднання можливостей роботи з векторними й растровими об'єктами одночасно. У порівнянні з іншими ГІС система *WINGIS* відрізняється універсальністю своїх графічних можливостей і гнучкістю своїх програмних засобів, що можуть працювати паралельно.

Настільна геоінформаційна система *WINGIS* поєднує в собі базу даних і графічний редактор. База даних заснована на реляційній системі керування базами даних – SQL. Також система містить потужний генератор звітів, що має функції сучасних текстових процесорів, таблиць і списків, дозволяє виконувати аналіз шляхом поєднання різних полів даних у запиті і статистичний аналіз (усереднення, максимум, мінімум і т.д.), поєднання тематичних даних із графічними, а також об'єднання декількох незалежних баз даних у єдиний проект. У системі *WINGIS* передбачені спеціальні функції над об'єктами: пошук в околицях полігонів і усередині заданого радіуса, автоматичне створення рівнобіжних поліліній, поділ складних графічних об'єктів на прості лінії й точки, об'єднання векторних полігонів, автоматичне створення сіток, автоматична математична прив'язка після оцифровки і т.д.

Доволі своєрідною ГІС-системою є *CADdy*. Вона дозволяє без спеціального налаштування системи вести проектування й створення земельної (міської) кадастрової інформаційної системи. За допомогою *CADdy* здійснюється розробка графічних інформаційних систем, призначених для вирішення задач ведення, диспетчеризації і управління по земельному й міському кадастрах, кадастрах муніципальних інженерних мереж (каналізації, водопостачання й ін.) і доріг. А також забезпечується вирішення задач управління земельними ділянками, будинками і капітальними, системами електро-, водо- і газопостачання, телекомунікаційними мережами, оформлення ліцензій на будівництво, відвід земельних ділянок, облаштуваність захисних зон і парків, ведення планів розвитку території, землевідводів і землекористування, а також баз даних по будівництву й експлуатації доріг.

*WinCAT* (Siemens Nixdorf) – геоінформаційна система, орієнтована на інтеграцію й аналіз графічних і семантичних баз даних з обмеженими можливостями введення й редагування. Основною одиницею роботи в *WinCAT* є проект, він поєднує в собі всю графічну й семантичну інформацію у виді тематичних шарів. Тематичними шарами є векторні і растрові файли і запити до таблиць ODBC. Тематична картографія в *WinCAT* розвита дуже сильно, кожний шар у проекті може нести тематичне навантаження. Тематика може бути створена для будь-яких типів графічних об'єктів – площинних, лінійних, точкових і т.д. Інформація в тематичному шарі може відображатися як стиль графічного об'єкта (колір, заливка, стиль і товщина лінії, розмір символу і т.д.), так і із застосуванням елементів ділової графіки, у виді діаграм, гістограма і т.д. Локальні запити можна складати по декількох полях, результат роботи запиту можна подивитися в таблиці. На карту можуть бути нанесені області



пошуку у виді полігонів різної форми, із ними можна зв'язати будь-який тематичний шар. На карті й у таблиці будуть відбиті тільки ті об'єкти, що потрапили в області пошуку. Операції по перетворенню координат WinCAT не підтримує.

Вище розглянуті програмні продукти розроблені виключно іноземними (переважно американськими) компаніями. При всіх їх перевагах і технічних можливостях вони початково мають 2 недоліки: графічне оформлення картографічної інформації не відповідає державним стандартам на відповідні види продукції, що діють на території країн колишнього СРСР, а, окрім того, ліцензія на користування цими системами коштує дуже дорого. Роботи по створенню ГІС-продуктів велись не лише за кордоном, але й у Росії і на навіть в Україні.

Одним з найвідоміших та найпоширеніших російських програмних продуктів цієї галузі є ГІС *“Панорама”*, розроблений фірмою *“Геоспектрум”* разом із топографічною службою ВР РФ. У цьому пакеті важливе місце займає автоматизована інформаційна система земельного кадастру – *“Панорама-Кадастр”*. Вона призначена для оперативного збору, нагромадження, збереження і використання земельно-кадастрових даних (топографічного й правового характеру) при кадастровому картографуванні, оперативного управління земельними ресурсами. Система дозволяє вести оперативну інформацію про землекористувачів, земельні ділянки, операції проведених із земельними ділянками, а також прив'язувати цю інформацію до цифрових карт і виконувати розрахункові задачі з видачею звітних матеріалів. Кадастрова інформація про земельні ділянки зберігається в реляційній базі даних, доступ до якої здійснюється за допомогою SQL-запитів. Цифрові карти місцевості мають внутрішній формат *ГІС-Панорама*.

Центр Геоінформаційних Досліджень ІГ РАН розробив геоінформаційну систему *GeoGraph/GeoDraw*. Популярність цього ГІСу стабільно зростає. Основними перевагами *GeoGraph/GeoDraw* є: поєднання сучасних професійних можливостей програмних засобів ГІС з їхньою доступністю для широкого кола користувачів; створення і нарощування універсального ядра ГІС, що охоплює базовий набір функцій будь-яких ГІС, і на основі якого будуються конкретні допоміжні програми; високі вимоги до якості створюваних цифрових карт і професійна реалізація функцій роботи з ними; можливість створення спеціалізованих програм на основі *GeoGraph/GeoDraw*, що можуть по дуже низькій ціні і масово поширюватися з потрібними базами даних.

Отже, ГІС-програми відкривають широкі горизонти в системному аналізі інформації про стан навколишнього природного середовища. Сучасні ГІСи дозволяють не лише зберігати екологічну інформацію, формуючи базу даних, та будувати електронні карти стану довкілля, але й аналізувати основні тенденції та закономірності, що відбуваються в природі. Окрім того, за їх допомогою можна створювати експертні системи (наприклад, кадастрові, міські

геоінформаційні системи, що включатимуть усі інженерні мережі та комунікації населеного пункту, моделі динаміки і впливу природо-заповідного фонду, прогнозні моделі масштабів та поширення небезпечних, шкідливих та уражуючих факторів при виникненні небезпечних або аварійних ситуацій на техногенно-небезпечних об'єктах) які допомагатимуть у прийнятті управлінських рішень у галузі оптимізації природного середовища.

## **5. Комп'ютеризовані системи для прийняття рішень по оптимізації навколишнього середовища**

Але створення експертних систем – це основна задача не стільки ГІС- програм, скільки експертних систем для прийняття (підтримки) рішень по оптимізації природного середовища. Систем цих на сьогодні існує доволі багато. При їх розробці закладено чисельний алгоритм вирішення певного завдання, кінцевим результатом роботи якого є пропозиція спеціалісту, що працює з даною програмою, прийняти або відхилити пропоноване комп'ютером рішення даної проблеми.

Специфіка цих програм у їх вузькій спеціалізації, індивідуальності. Тобто певна програма може, як правило, вирішувати лише одну задачу, а однотипні програми, написані однією мовою програмування, іноді навіть на одному програмному ядрі, вирішують лише кожна своє завдання. Звичайно, такі системи, являють собою окремі комп'ютерні програми, як правило, нескладні за структурою, написані на якійсь із мов програмування високого чи навіть низького рівня (*Pascal*, *TurboPascal*, *Delphi*, *Visual Basic*, *C++* тощо). Рідше ці програми створюються в програмному середовищі певного програмного продукту. Багато сучасних програм характеризуються відкритою архітектурою, тобто містять встроєні редактори та мови програмування. Наприклад, програма *Mapinfo* містить встроєний редактор мови *MapBasic*. Як правило, такі редактори є доволі простими в освоєнні, якщо порівнювати їх із повнофункціональними мовами програмування і дозволяють створювати програмні додатки, які працюють на ядрі “материнської” програми. Також широко практикується створення експертних систем у вигляді макросів або спеціального форматування (підготовки полів, закладання розрахункових формул, вставка зв'язків та посилань між окремими масивами даних) у середовищі поширених програм (наприклад, в *MS Excel*, *MS Access*, *MathCad* тощо).

Типовим прикладом експертної системи для прийняття рішень в щоденній практиці спеціаліста-еколога є програмний комплекс *APM “Еколога”*, розроблений київської фірмою “ТопазІнформ”.

*Таблиця 4. Структура системи АРМ "Еко"*

№	Найменування модуля	Призначення програмного продукту
1	Інвентаризація	Формування звітності з інвентаризації джерел викидів шкідливих речовин в атмосферу
2	ОВНС	Формування таблиць оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) з урахуванням проведення заходів на джерелах
3	Норма	Нормування викидів (дозвіл на викид, нормативи, заходи, контроль)
4	Тандем	Формування заходів із досягнення нормативів ГДВ, звикористанням бази даних пилогазоочисного обладнання
5	Експерт	Підбір пилогазоочисного обладнання і формування експертних висновків
6	Викид	Розрахунок питомих викидів, форма 2-ТП (повітря), плата за викид
7	Е О Л	Розрахунок розсіювання шкідливих речовин в атмосферу (ОНД - 86
8	Бойлер	Розрахунок викидів забруднюючих речовин від котлів продуктивністю до 30 т/год
9	Ліміт	Нормування викидів (ліміт на викид, плата за викид)

Позитивною стороною даної експертної системи є багатовекторність і комплексність – окремі додатки взаємодіють між собою, вільно відбувається переконвертація даних, спільне використання баз даних. Окрім того, до переваг даного пакета слід віднести той факт, що АРМ "Еколог" узгоджено з Міністерством екології та природних ресурсів України. Серед усіх елементів даного комплексу (табл. 4) хотілось би розглянути детальніше програму *ЕОЛ*.

Дана програма являє собою автоматизовану систему розрахунку забруднення атмосфери. *ЕОЛ* призначений для оцінки впливу шкідливих викидів проєктованих і діючих (реконструйованих) підприємств на забруднення приземного шару атмосфери. В основу розробки програми закладено алгоритм оцінки забруднення повітря згідно "Методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств. ОНД-86". Система *ЕОЛ* дозволяє розраховувати поля забруднень для точкової моделі джерела викиду шкідливих речовин із круглим і прямокутним виходом труби; лінійної моделі; двох моделей площинного джерела (моделі ставка-відстійника й моделі джерела, що складається з безлічі окремих точкових джерел, розташованих близько одне від одного, з однаковими значеннями конструктивних і технологічних характеристик). При оцінці впливу проєктованих і реконструйованих підприємств на забруднення атмосфери розрахунок здійснюється з врахуванням фонових (існуючих) концентрацій. При розрахунку розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері можуть враховуватися поправки на рельєф. У систему встроєна база даних ГДК (1500 речовин) і груп сумації (усього 40).