

ГИС в экологии.  
Кафедра экологии  
Міністерство освіти та науки України  
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

Кафедра екології  
Проф. Колесник В. Е.  
Навчальний посібник для самостійної роботи по курсу

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ЕКОЛОГІЇ**  
**(російською мовою)**

м. Днепропетровск  
2016 р.

## 1. ПОНЯТИЕ ГИС И ЭЛЕМЕНТЫ КАРТОГРАФИИ

### 1.1 Роль ГИС в управлении. Определение ГИС

Для управления любыми явлениями или объектами необходимо постоянно принимать решения. Принять правильное управленческое решение легче, если суть проблемы визуализирована или отображена на географической карте или схеме.

Необходимость анализировать географическое расположение явлений и объектов есть не только в управляющих структурах, владеющих большими объемами информации, но и у специалистов-экологов для оценки и прогноза антропогенной деятельности, например, загрязнений территории, чрезвычайных ситуаций промышленного и природного характера и т.п. Поэтому спрос на географические информационные системы – ГИС постоянно расширяется.

Информация географической направленности может поступать из многочисленных источников. Прежде всего, – это различные типы карт: планы застроек, топографические и тематические карты. Кроме того, данные могут предоставляться с аэро- и космических снимков, из компьютерных сетей, из отчетов о результатах полевых наблюдений. Поскольку получаемая тематическая или атрибутивная информация может быстро меняться во времени, поэтому становится неприемлемым использование бумажных карт, а **быстроту получения и обработки информации, а также актуальность принятия решения на ее основе может обеспечить только автоматизированная система (автоматическая система, работающая при непосредственном участии человека-оператора).**

Первыми попытками автоматизации в географии стали банки географических данных. Однако с течением времени накапливался опыт сбора, хранения и управления данными, нарабатывались библиотеки программ для решения однотипных задач, и появились так называемые геоинформационные технологии, а затем и соответствующие системы (ГИС).

**Современная ГИС – это автоматизированная система, имеющая большое количество графических и тематических баз данных, соединенная с модельными и расчетными функциями для манипулирования ими и преобразования в пространственную картографическую информацию для принятия на ее основе разнообразных решений и осуществления контроля.**

Схема функционирования ГИС представлена на рис.1.1. и включает следующие компоненты:

- 1.Данные: материалы аэрокосмических съемок, результаты мониторинга, геофизических, геохимических съемок, топографические, геологические и структурные карты.
- 2.Программное обеспечение.
- 3.Специализированные методики

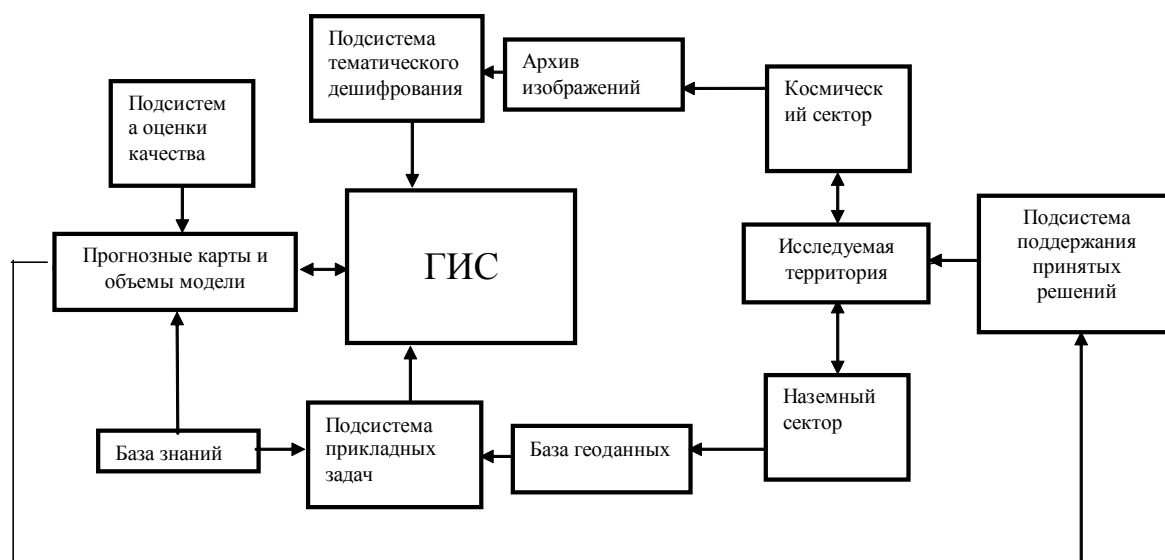


Рис.1.1. Схема функционирования типовой ГИС

## 1.2. Основные понятия и элементы картографии

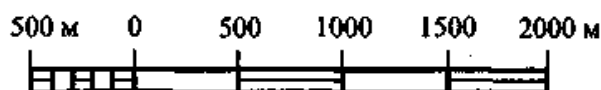
**План и карта** – это уменьшенное изображение земной поверхности на плоскости в определенном масштабе с помощью условных знаков.

**Масштаб** – степень уменьшения объектов при изображении их на плоскости. Он может быть числовым, именованным и линейным.

**Числовой масштаб** – отношение, которое показывает, во сколько раз уменьшены размеры объекта при изображении на плоскости. Например, на карте масштаба 1:50000 такое уменьшение составляет 50000 (1 см на карте отвечает 50000 см на местности). Его можно записать в виде дроби: 1:50000

**Именованный масштаб** показывает, скольким метрам или километрам на местности отвечает 1 см на карте. Записывается: в 1 см - 500 м.

**Линейный (графический) масштаб** — это графическое изображение



именованного масштаба :

Зная масштаб карты, можно определить расстояние между: отдельными пунктами. Кратчайшее расстояние между заданными пунктами называется **ортодромией**. В географии ее определяют на глобусе с помощью нити, или ленты, которую натягивают между пунктами. Измеряют это расстояние с помощью линейки и переводят в масштаб.

В ГИС кратчайшее расстояние между пунктами имеет несколько иной смысл, поскольку оно может определяться с учетом рельефа местности наличия естественных и искусственных препятствий. Например, кратчайшее расстояние между объектами на карте города можно определить с учетом перемещения на общественном транспорте по улицам, мостам или путепроводам, а также и по пешеходным зонам (см. сайт 2.gis.ua)

**Географические координаты.** На картах есть градусная сетка, образованная пересечением меридианов и параллелей, по которой определяют гео-

графические координаты пунктов. В современных ГИС определяются с помощью GPS – geographic position system.

**Географическая широта** – это расстояние от экватора вдоль меридиана к данному пункту на север или юг, выраженное в градусах

**Географическая долгота** – это расстояние вдоль параллели восточнее или западнее от начального меридиана к данному пункту, выраженное в градусах. (могут выражаться в шестидесятиричной и десятичной системах счисления).

1 градус вмещает 60 минут или 3600 секунд, например, широта 52 гр.30 мин.30 сек.

Перевод градусов, минут и секунд в десятичные градусы ([www.bygeo.ru](http://www.bygeo.ru).)

В, градусы	С, минуты	Д, секунды	Ј, десятичные градусы
52	30	30	

$$J=B+(C/60)+(D/3600)=52+30/60 +30/3600 =52,50833.$$

Обратный перевод из десятичных градусов ([www.planetalc.ru](http://www.planetalc.ru).)

Десятичные градусы	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
48,516604	48	30,99624	48	30	59,7744
0,516604*60=30,99624		0,99624*60=59,7744			

Координаты НГУ в Днепропетровск, соответственно в десятичных градусах и градусах, минутах и секундах ([www.pohodushki.org/ru/conversion-geo-coordinates](http://www.pohodushki.org/ru/conversion-geo-coordinates)):

Широта	48,43614	48 гр.26,169 мин.	48 гр.26 мин,10,1 сек
Долгота	35,042782	35 гр.2,567 мин.	48 гр.2 мин,34 сек

Градусная сетка отсутствует **на плане**, так как он охватывает небольшую территорию. (Предельный масштаб на плане 1:5000 (в 1 см – 50 м).

Примечание. Для позиционирования географических объектов на плоской карте, т.е. при получении проекций географических объектов, используется метрическая система координат Transverse\_Mercator, с отсчетом расстояний от меридиана или экватора непосредственно в метрах.

**Азимут** Для построения плана местности необходимо уметь измерять расстояния и направления и откладывать их в определенном масштабе на плоскости. Для определения направлений чаще всего пользуются азимутами.

Азимут – это угол между: направлением на север и заданной линией (измеряется по часовой стрелке). По азимутам можно строить направления на плане. Азимут может быть прямой и обратный. Для определения обратного азимуту следует построить угол между: направлением на север и направлением на заданный предмет в противоположной точке (конец направления), или к величине прямого азимута прибавить 180°. Например, при обходе по маршруту эколог двигался по азимуту 30°, но возвращаться он будет по азимуту 210° (30° + 180° = 210°). Если обратный азимут будет больше 360°, то от него надо отнять величину круга (360°).

### 1.3. Топографические карты

Топографические карты относят к общегеографическим. Они отмечаются наибольшей точностью изображения и потому пригодны для детального изучения местности. С помощью этих карт можно не только установить точное местонахождение объектов, а и определить их размеры, дать качественную характеристику.

Чтобы определить на топографической карте положения данного объекта, надо установить его **долготу и широту** в системе географических или прямоугольных координат.

Топографическая карта пересекается под прямым углом линиями километровой сетки, на внутренней стороне карты подписаны значения прямоугольных координат (вверх откладывается широта, а по горизонтали – долгота).

Горизонтальные километровые линии проведены параллельно к экватору (подпись показывает, на каком расстоянии). На картах масштаба 1:200 000 (топокарты областей Украины) подписей километровых линий нет, но, зная, что они проведены через каждые 4 км, можно определить расстояния между пунктами.

Для определения на карте действительного **азимута**, необходимо через пункт провести географический меридиан (параллельно к рамке карты) и транспортиром померить азимут заданного направления..

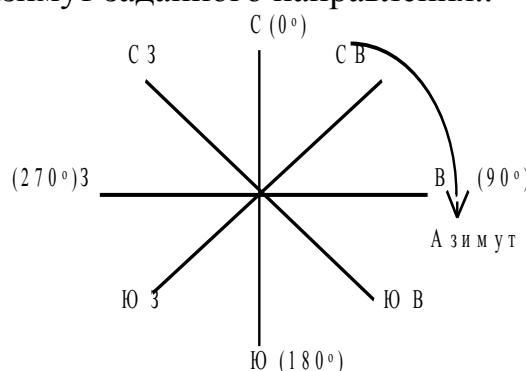


Рис. 1.2. Схема основных румбов для определения направления

На топокарте можно определять также: **румбы** – углы ( $45^\circ$  – для основных румбов и  $22,5^\circ$  – для вспомогательных), которые измеряются от ближайшего конца (северного или южного) меридиана. Их значение может быть одинаковым для разных направлений, поэтому перед ними указывают направление.

На топокартах можно точно определить расстояния между объектами (с помощью линейки, нити или курвиметра и масштаба), а также площади объектов, которые определяются при помощи палетки (сетка квадратов) или путем распределения площади объекта на правильные геометрические фигуры. Палетку накладывают на объект и считают количество квадратиков палетки в пределах измеряемой территории

На топокартах можно также определять **высоты местности**. Абсолютные высоты здесь обозначаются горизонталями или отметками высот. Если пункт

совпадает с ними, то мы лишь снимаем отметки высоты. Если же пункт лежит между горизонталями, то высота определяется способом интерполяции (рис. 1.4).

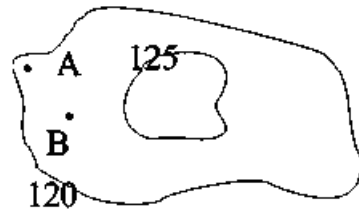


Рис. 1.3. К определению высоты пунктов

Относительная высота определяется как разность абсолютных высот пунктов: В данном случае  $H_A = 121$  м;  $H_B = 124$  м;  $\Delta H = 124 - 121 = 3$  (м).

В ГИС указанные операции выполняются в автоматизированном режиме после задания граничных точек между объектами или контуров территории.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение ГИС
2. Охарактеризуйте план и карту.
3. Охарактеризуйте виды масштабов карты.
4. Дайте определение географической широты и долготы местности.
5. Поясните назначение азимута.
6. Поясните, как определяются расстояния и высота объекта на карте.

## 2. СОСТАВ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИС

### 2.1. Составные части ГИС

Как автоматизированная система ГИС состоит из нескольких систем. Ее составные части удобно представить схематически (рис.2.1)

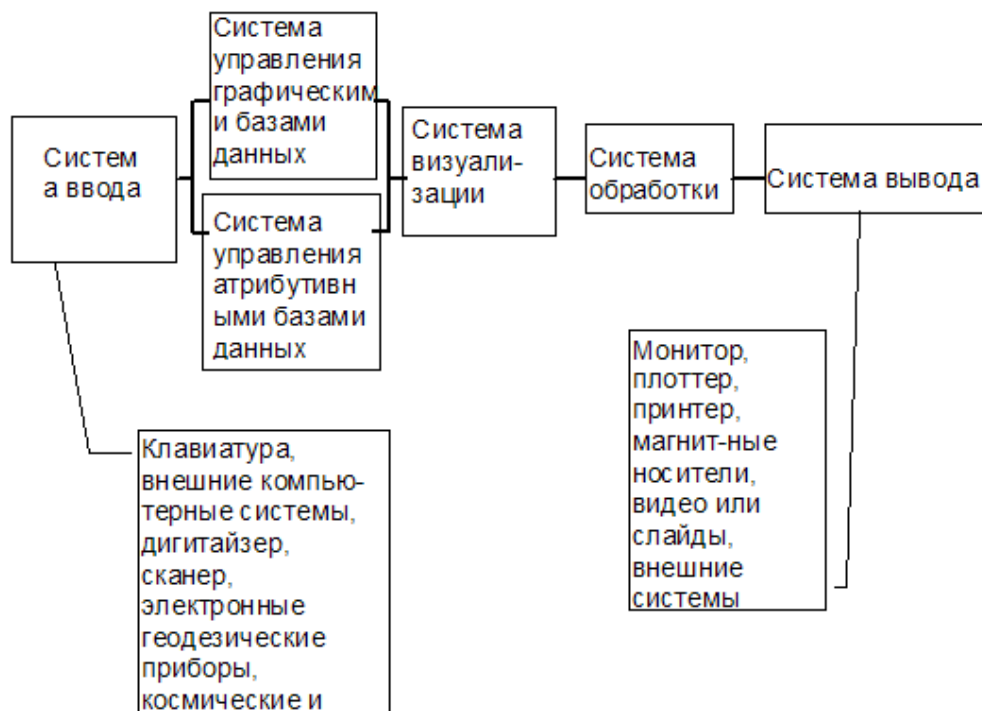


Рис. 2.1. Схема основных компонентов ГИС

Согласно схеме, ГИС содержит системы управления графическими и атрибутивными (тематические) базами данных, систему визуализации данных, систему анализа данных, системы ввода и вывода информации.

### 2.2. Разработка и внедрение ГИС

Фирмы – разработчики ГИС, имеют для нее готовые составные части – модули, каждый из которых отвечает за выполнение одной из задач.

При проектировании ГИС формируется перечень модулей, необходимых заказчику для выполнения конкретных задач; при необходимости специфические модули могут быть дописаны.

ГИС – это не серийный продукт, поскольку заказчику сразу трудно себе представить, какие задачи он может и предполагает решать с помощью ГИС, поэтому время на разработку ГИС обычно составляет 5-7 лет.

### 2.3. Задачи, решаемые в ГИС

Начало развития ГИС относится к концу 60-х годов, но только в последние годы эта технология получила бурное развитие благодаря развитию вычислительной техники и увеличению числа поставщиков на рынке ГИС.

**ГИС служат информационным базисом для решения таких задач:**

- принятия управленческих решений;
- перспективного и оперативного планирования развития городов и их отдельных территорий;
- оптимального проектирования промышленных и гражданских объектов;
- изучения состояния экологических, социально-экономических, природно-ресурсных условий территорий и их эколого-экономическая оценка;
- совершенствование учета и рационального использования городских земель и недвижимости;
- сбор горно-геологических данных, сведений о техногенных процессах и природных запасах недр многоцелевого применения и др.

**2.4. Технические средства, используемые в ГИС**

ГИС строятся на основе компьютерных технологий и включает: **персональные компьютеры** (системные блоки; материнские (системные) платы; микропроцессоры; память; системные шины; дисплеи и графические адаптеры); **рабочие станции** (микропроцессоры, операционные системы и оперативная память; дисплеи) **сети**, а также **внешние запоминающие и периферийные устройства**.

**Рабочие станции** используются при больших объемах работ и информации. Их можно охарактеризовать двумя основными показателями: **мощность и скорость**. Поскольку, для большинства ГИС оперирование огромными базами данных, в которых постоянно происходит поиск, сортировка, обновление, быстрая работа с графикой высокого качества являются необходимыми требованиями, то именно рабочие станции в ГИС получили достаточно широкое распространение.

Микропроцессоры, используемые в рабочих станциях, обычно имеют так наз. RISC (Reduced Instruction Set Computers) – архитектуру, обеспечивающую высокое быстродействие. Операционные системы, например UNIX, применяемые в станциях, имеют возможность многозадачного и многопользовательского режимов работы.

**Примечание.** Такие процессоры используются сейчас и в настольных ПК под управлением Windows для решения локальных задач ГИС с использованием соответствующих программных оболочек типа Mapinfo.

Функцией многозадачной системы является планирование процесса работы большого числа задач, выполняющихся одновременно. Все они ведут борьбу за системные ресурсы, а операционная система устанавливает приоритеты так, что большинство критических программ (или их фрагментов) получают более свободный доступ к центральному процессору, тогда как задачи с более низким приоритетным уровнем ждут своей очереди.

Рабочие станции комплектуются высококачественными цветными графическими дисплеями и портами, обеспечивающими подключение к ним других компьютеров, для образования компьютерной **сети**.



В сетях существуют специальные средства, обеспечивающие связь и координацию различных компьютеров. Взаимодействие между ПК или рабочими станциями осуществляется сетевыми контроллерами или сетевыми адаптерами. Специальное программное обеспечение позволяет получать доступ к другим компьютерам сети прямо с терминала, оператор за своим пультом может пользоваться данными, хранящимися в памяти центрального компьютера, просматривать, дополнять, редактировать их (естественно, для этого надо знать пароль для доступа к центральному компьютеру).

**Внешние запоминающие устройства** – это портативные устройства флеш-память; жесткие диски; оптические диски; стримеры.

**Периферийные устройства ввода:** сканеры; дигитайзеры.

**Периферийные устройства вывода:** принтеры; графопостроители (плоттеры)

## 2.5. Развитие, классификация и проблемы выбора ГИС

Состав аппаратного обеспечения ГИС развивался на основе известных ранее систем. Среди них:

- CAD – системы автоматизированного проектирования;
- AM – системы автоматизированного картографирования;
- FM – системы управления сетями (электросеть, водопровод, газ, канализация, телефон и т.д.);
- системы мелкомасштабного пространственного анализа – системы природопользования, территориального планирования и управления

**Отличия ГИС от CAD и AM.** CAD и AM-системы направлены на производство проектов и карт, но они не обладают средствами анализа. ГИС же обладает развитыми средствами анализа данных, на основе результатов которого может быть построена новая карта, написан отчет, созданы базы географических данных. Информация в ГИС предназначена для длительного хранения, допускается подготовка данных и перенос их в другую систему.

**Функции ГИС.** Географические информационные системы – это современный инструмент для работы с информацией разного рода о пространственно распределенных объектах в регионе, государстве, континенте или на земном шаре, который имеет следующие возможности:

- позволяет строить картографические изображения пространственно распределенных объектов с заданными типами связей по информации, накопленной в базах данных с помощью разных методов мониторинга;
- обеспечивает широкий спектр инструментов анализа имеющейся информации, позволяет открывать неизвестные прежде связи, закономерности, тенденции изменений исследуемых объектов и процессов;
- обеспечивает возможности динамического анализа и отображения данных, которые позволяют следить за изменениями во времени состояния пространственных объектов;
- позволяет визуализировать все виды географической информации, в том числе полученной с помощью устройств дистанционного зондирования;

- позволяет существенно расширять свои функциональные возможности под нужды конкретного пользователя, путем использования встроенных сред программирования и подключение внешних программных модулей.

### **Классификация ГИС по функциональным возможностям.**

**Первая группа** – мощные ГИС, рассчитанные на рабочие станции или мощные РС и сетевую эксплуатацию системы (например, Arc/Info).

**Вторая группа** – настольные ГИС, предназначены для решения в первую очередь научных задач, но могут использоваться и в задачах управления в любом малом офисе (например, MapInfo, Atlas GIS и др.).

**Третья группа** – системы для домашнего и информационно-справочного использования; это наиболее закрытые системы, которые практически не допускают ее изменения (например, 2gis.ua/dnepropetrovsk – информация о предприятиях в Днепропетровске с функцией выбора кратчайшего маршрута от заданной точки на карте города до предприятия).

**Виды архитектуры ГИС** – закрытые и открытые.

Выбор ГИС – зависит от финансовых, аппаратурных возможностей и функциональных задач.

Известно много разработок ГИС-платформ (ГИС-пакетов, оболочек), которые реализуют указанные возможности. Так, сфере мониторинга окружающей среды в Украине наиболее распространены: MapInfo, ArcInfo, GeoDraw, ArcView, Карта (Панорама), Digitals, ОКА и прочие. Каждая из них постоянно модернизируется, поэтому одновременно существует несколько версий. При этом, как правило, возможности старшей версии в полном объеме реализуются в новой.

Все современные ГИС-платформы вмещают исчерпывающий набор функций запросов, которые позволяют формировать множество разных объектов, в том числе и пространственных, на базе заданных критериев.

**Простейшая форма пространственных запросов заключается в получении характеристик объекта по указанию его курсором на мониторе и наоборот, когда отображаются объекты с заданными атрибутами.**

Важной особенностью ГИС-платформ является то, что они позволяют выводить графическую и текстовую информацию на принтер с использованием широкой цветной гаммы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Приведите и проанализируйте схему основных компонентов ГИС.
2. Перечислите задачи, решаемые в ГИС
3. Перечислите основные технические средства ГИС
4. Назовите основные функции ГИС
5. Приведите классификацию ГИС по функциональным возможностям

### 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ В ГИС

#### 3.1. Основные понятия и определения, используемые в ГИС

Предварительно определим понятие объекта и другие, связанные с ним понятия применительно к ГИС.

**Объект** в ГИС – это данные, встречающиеся на карте. Причем каждый объект может быть описан одним или несколькими геометрическими примитивами (точками, линиями, площадями и др.) и атрибутами.

**Атрибуты** – это числовые или символьные характеристики, содержащиеся в базе данных, они могут относиться как к самим примитивам, так и к объектам. Данные, хранящиеся в атрибутах этих видов, принадлежат, как правило, к целым, вещественным и символьным типам. Например, атрибуты предприятия (табл.3.1)

Таблица 3.1. Пример атрибутов предприятия

Атрибут	Значение
Тип предприятия	1-горное,2-металлургическое,3-горно-металлургическое, 4-химическое,5-пищепром, 6-проектируемое предприятие
Материал производимый или добываемый	1-уголь,2-руда,3-щебенка, 4-аммиачная селитра
Объемы производства	Величина в тоннах за год
Тип загрязнителей	1- инертная пыль, 2 – вредные газы
Имя	Название предприятия

По мере развития ГИС разнообразие используемых атрибутов увеличивается. Многие ГИС используют **графические и аудио-атрибуты** (например, растровые образы объектов или их аудиоописание), а также атрибуты "действия" или "поведения", т.е. функции, которые должны быть выполнены при определенных условиях (например, подсчет вклада объекта в загрязнение атмосферы при выборе этого объекта).

**Совокупность примитивов и атрибутов образует простой объект.**

**Совокупность простых объектов образует сложный или составной объект.**

Все объекты должны иметь свой номер или идентификатор, при помощи которого можно привязать к графической информации тематическую (рис.3.1.)

Использование **идентификаторов** открывает широкие возможности для просмотра и анализа.

**Пользователь может указать на объект, например, курсором, и система определит его идентификатор, по которому найдет относящиеся к объекту одну или несколько баз данных и, наоборот, по информации в базе можно определить графический объект.**

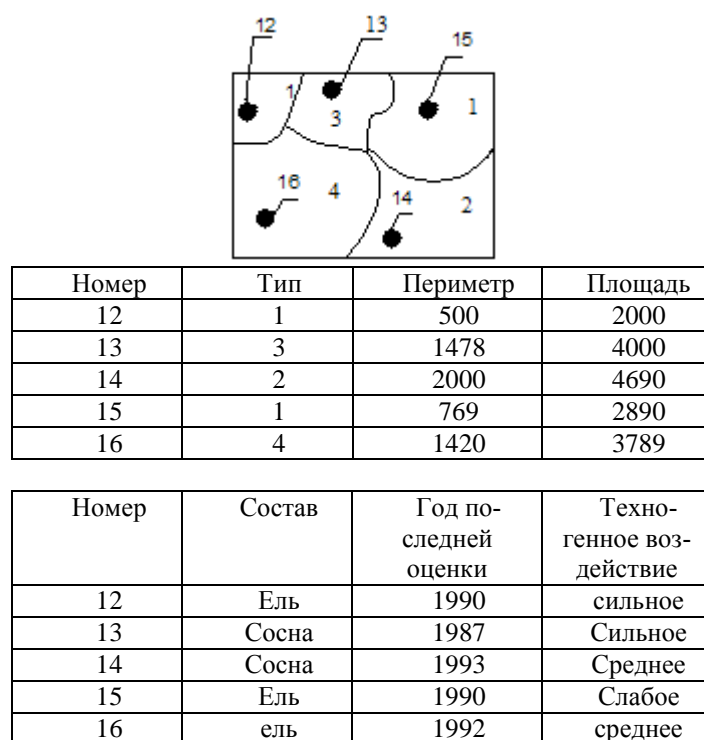


Рис.3.1. Пример использования идентификаторов (номеров) для отображения разной атрибутивной информации

**Понятие слоя.** Карта во многих системах организована как набор слоев информации. Слой составляют объекты, объединенные одной темой, например, гидрография, или одним типом, например, слой точек, слой линий или слой информации о загрязнении территории, заболеваемости населения и т.п. Например, географический район Днепропетровска может быть представлен:

- 1) слоями полигонов (экономико-географические районы, административные регионы и районы, зоны экологического районирования);
- 2) слоями линейных объектов (реки, инженерные коммуникации и т.д.);
- 3) слоями точечных объектов (города, электростанции т. д.);
- 4) слоями цифровых моделей растровых полей, отображающих различные свойства географического района (цифровая модель рельефа, плотность населения и т. д.);
- 5) слоями изображений (аэрокосмические снимки в разных спектральных диапазонах).

**Понятие системы координат.** Обычно ГИС имеют 10-15 встроенных систем координат и трансформер для преобразования из одной системы координат в другую.

### 3.2. Принципы ввода графической информации в ГИС

Для ввода информации в ГИС используют разные модели и форматы данных. В первую очередь, – это, в пространственные данные, которые обеспечивают формирование "цифровых" или "электронных" карт. Они могут быть представлены в растровой или векторной форме. В основе обеих лежат математические модели.

**Растровая, или точечная форма** задается массивом чисел, которые описывают параметры каждой точки. Иными словами, растровые данные получаются как фотография, в виде отдельных точек, которыми манипулируют компьютерные программы

**Растровая форма** применяется там, где пользователей не интересуют отдельные пространственные объекты, а интересует точка пространства как таковая с ее характеристиками (высотная отметка, глубина, влажность, тип почв, концентрация загрязнителя и т.д.). Растр может использоваться в качестве «подложки» или атрибута, либо для представления информации о непрерывных полях (рельефе, температуре, давлении, как на метеорологических картах в интернете, и т.п.) По сути – это цветная картинка с переменной гаммой цветов и меняющимися размерами, например, растр может передавать живописные эффекты: туман, дымку облачность, запыленность с фотографической точностью.

**К недостаткам растровой формы** следует отнести довольно большие объемы памяти, необходимой для хранения изображения, которые зависят от его площади и разрешающей способности. Другой недостаток растровой формы проявляется при повороте изображения на некоторый угол. При этом четкие вертикальные линии превращаются в "ступеньки". Это означает, что трансформации изображения проходят с ошибками.

Часто для сжатия растровой информации используется метод "кодирования цвета". Поскольку при хранении последовательности пикселей одного цвета достаточно знать только его номер и количество пикселей, то таким образом можно закодировать все изображение. ( Пиксель – pixel – Picture Element – отдельная точка, из последовательности которых строится изображение на экране монитора). При больших одноцветных площадях размер файла при таком сжатии может быть уменьшен в несколько раз.

**Векторная форма** используется для представления информации, которая имеет объектную природу и нуждается в анализе и манипулировании. Векторные данные хранятся в виде точек и линий, связанных геометрически и математически определенной зависимостью (план территории, схема).

Для построения модели объекта в векторной форме используется математическая формула, по которой каждый раз рассчитывают все точки контура. При этом каждый контур рассматривается как независимый объект, который можно перемещать, масштабировать и вообще менять до бесконечности.

Векторная форма является экономной с точки зрения необходимых объемов памяти, поскольку сохраняет не само изображение, а некоторые основные данные, по которым соответствующая программа каждый раз его восстанавливает. Объекты векторной формы легко трансформируются, ими несложно манипулировать практически без влияния на качество изображения. Они максимально используют возможности разрешающей способности дорогостоящих устройств вывода информации.

**Недостатки векторной формы** проявляются в том, что нельзя работать с фотореалистичными изображениями.

Таким образом, **растровая форма** лучше для создания фотореалистичных изображений с тонкими переходами цветов, а **векторная** – для отображения объектов с четкими границами и ясными деталями.

**Стандартные форматы.** Форматом файла называется шаблон, по которому он создается. Шаблон описывает, какие именно данные (строки, одиночные символы, целые, дробные числа, символы-разделители) и в каком порядке должны быть занесены в файл. Если ГИС "знакома" с форматом, она может прочитать данные из файла этого формата и правильно их интерпретировать, и наоборот, записать свои данные в этом формате, что позволит передать их в другую систему.

Стандартные форматы существуют как для растровой формы данных (PCX, TIFF, GIF, RLE, RLC), так и для векторной форм представления информации (DXF, DX90, PIC, DWG, GEN). Примечательно, что преобразование форматов можно осуществить в «рисовальной» программе – «paint».

В указанных форматах выполняется редактирование в компьютерных ГИС-пакетах программ ArcGIS, Mapinfo.

### 3.3. Топографическая основа.

В литературе географическая информация, которая включена в состав ГИС, условно делится на два класса: **базовая и тематическая, которые вместе составляют топографическую основу электронной карты..**

К **базовой информации** относится та, которая обычно отображается на стандартных топографических картах соответствующего масштаба. Поэтому к ней, как правило, относят:

- математические элементы, включая те из них, которые относятся к плановой и высотной основе;
- рельеф суши;
- гидрография и гидрографические сооружения;
- населенные пункты;
- промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты;
- дорожная сеть и дорожные сооружения;
- растительность и почвы;
- административное устройство, отдельные естественные явления и объекты.

**Тематическая информация** касаются отдельных объектов, которые кодируются (река, лес, парки, заказники, источники выбросов загрязняющих веществ и т.д.). Каждая **базовая тема** включает несколько классификационных категорий:

- сегмент;
- подсегмент;
- обобщающий объект;
- объект;
- элемент.

Категории сегмент и подсегмент имеют классификационный характер и не имеют графического аналога. По своему семантическому содержанию они идентичны соответствующим категориям из топографического классификатора. В отличие от последнего, в приведенном выше списке категорий включена дополнительная – "обобщающий объект".

Некоторые географические объекты могут существовать как единое целое, иметь свою атрибутику и, при этом, включают в себя много более мелких объектов, со своими наборами атрибутов. На электронной карте Украины масштаба 1:500000 речка Днепр представлена 42 разными плоскостными (водохранилища, плесы расширенное основное русло) и линейными объектами (русло рукава, протоки). Каждый из них имеет свою атрибутику – ширину, скорость течения, название и т.п. Для подготовки ответов пользователям электронной карты необходимо применять индивидуальный код обобщающего объекта. (Для отдельных областей Украины электронные топографические карты таких масштабов разработаны, или находятся в стадии разработки.)

### 3.4. Способы ввода графической информации в ГИС

Способы ввода графической информации в ГИС предусматривают:

- цифрование (дигитализация) по точкам и потоком (старые технологии);
- цифрование растрового изображения на экране компьютера или векторизация (ручная, интерактивная и автоматическая)

**Цифрование – это перевод пространственной информации в цифровую форму. Точки, линии и площади представляются в виде последовательности пар координат.**

**Цифрование (дигитализация) по точкам.** Этот способ является самым старым из всех перечисленных. Оператор обводит курсором дигитайзера контур, нажимая при этом необходимые кнопки. При каждом нажатии в компьютер посылается код о координатах курсора. Этот метод не требует специальной аппаратуры, кроме дигитайзера и сложного программного обеспечения, однако, является очень трудоемким. При этом ошибки оператора неизбежны.

**Дигитализация потоком.** Этот метод практически ничем не отличается от предыдущего, это скорее другой режим работы дигитайзера, при котором с планшета дигитайзера, представляющего собой проволочную сетку, сигнал в компьютер подается не при нажатии на клавишу курсора, а при пересечении курсором линий сетки, что избавляет от необходимости постоянно нажимать на клавишу.

**Векторизация по "подложке" (ручная и интерактивная).** Эти методы требуют специального программного обеспечения и мощной аппаратуры, большого быстродействия компьютера и значительных объемов памяти. Отсканированное изображение из файла выводится на экран, и само цифрование осуществляется по этой "подложке" при помощи мыши.

**Примечание.** Дигитайзером может служить световое перо как на мини-компьютерах. В этом случае, оператор должен обвести световым пером каждый объект – не на планшете, а на экране. При ручной векторизации все операции

выполняет сам оператор, а при интерактивной – часть операций производится автоматически. Например, при векторизации горизонталей достаточно задать начальную точку и направление отслеживания линий. Далее векторизатор сам отследит эту линию до тех пор, пока на пути не встретятся неопределенные ситуации (разветвление или разрыв линии). В этом случае оператор помогает программе разрешить неопределенность, и векторизация продолжается до появления новой.

В основе метода лежит «умение» программы распознать направление "обхода" объекта в его изображении. Большинство векторизаторов, работающих в интерактивном режиме, обладают возможностями настройки на преодоление некоторых неопределенных ситуаций, что позволяет векторизовать, например, штриховые и штрихпунктирные линии, горизонталы с бергштрихами, бровки оврагов и т.п.

Возможности **интерактивной векторизации** прямо связаны с качеством исходного материала и сложностью карты. Несмотря на трудоемкость, эти способы позволяют добиться более высокой точности, чем при обычном цифровании дигитайзером, поскольку линии проводятся прямо по сканированным линиям, а изображение на экране может быть увеличено до необходимых размеров.

**Автоматическое цифрование.** При выборе способа ввода графической информации следует учитывать цели работы, цену на программный продукт и трудовые затраты операторов, количество документов, которые надо обработать, уже имеющиеся программные и аппаратные средства. Следует иметь в виду, что программные продукты для автоматического цифрования очень дороги, поэтому их следует приобретать и применять только при очень больших и постоянных объемах работ, например, при оцифровке планшетов почвенной съемки территории всего государства или при каких-то других колоссальных объемах. Стоимость наиболее известных программ автоцифрования (GTX Pro.), (Scorpion SRV) измеряются десятками тысяч долларов.

**В заключение отметим, что технология цифрования при помощи дигитайзера** – это классическое цифрование и ступенчатый процесс, включающий: подготовку исходной карты к цифрованию, выделение слоев и объектов, составление ведомостей на объекты, непосредственное цифрование, занесение атрибутивной информации в соответствующие файлы или таблицы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение объекта в ГИС и его атрибутов
2. Изложите суть слоя и системы координат в ГИС
3. Изложите принципы ввода графической информации в ГИС
4. Охарактеризуйте базовую географическую информацию
5. Перечислите темы, относящиеся к базовой информации
6. Охарактеризуйте особенности растровой модели данных
7. Охарактеризуйте особенности векторной модели данных
9. Изложите способы ввода графической информации
10. Охарактеризуйте технологии цифрования (дигитализации)



## 4. ТЕМАТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В ГИС

### 4.1. Понятие базы данных (БД)

**БД – это совокупность взаимосвязанных хранящихся вместе данных при такой минимальной избыточности, которая допускает их использование для одного или нескольких приложений.**

Данные запоминаются так, чтобы они были независимы от программ, использующих эти данные. Для добавления новых или модификации существующих данных, а также для поиска данных в БД применяется общий управляющий способ.

Данные структурируются таким образом, чтобы была обеспечена возможность дальнейшего наращивания приложений.

### 4.2. Системы управления базами данных (СУБД)

**СУБД предназначены для манипулирования текстовыми, графическими и числовыми данными с помощью ресурсов ЭВМ. Они выполняют функции формирования наборов данных (файлов), поиска, сортировки и корректировки данных.**

Основные принципы построения СУБД основаны на том, что для работы с текстовыми, числовыми и графическими данными достаточно реализовать ограниченное число часто используемых функций и определить последовательность их выполнения.

Различают три типа моделей данных, используемых в СУБД: **иерархические, сетевые и реляционные (или табличные)**. Появляются также СУБД, использующие гибридные модели данных, например «Susplanet», предназначенная для получения графических баз данных (фотоснимков из космоса).

**Иерархические модели.** Входящие в состав такой модели записи образуют древовидную структуру – каждая из них связана с одной записью, находящейся на более высоком уровне иерархии. Доступ к любой из записей осуществляется путем прохода по строго определенной цепочке узлов дерева с последующим просмотром соответствующих этим узлам записей.

Иерархическая система эффективна для простых задач, но она трудно модифицируется и поэтому не может обеспечить быстрое действие, необходимое для работы в условиях одновременного модифицирования файлов несколькими прикладными системами.

**В сетевых моделях** каждый из узлов может иметь не один, а несколько узлов – родителей. Записи, входящие в состав сетевой структуры, содержат в себе указатели, определяющие местоположение других записей, связанных с ними. Такая модель позволила ускорить доступ к данным, но изменение структуры базы по-прежнему требует значительных усилий и времени.

### 4.3. Реляционные СУБД

По своей сути СУБД реляционного типа – это **таблицы данных**. Такие **таблицы** освобождают пользователя от всех ограничений, связанных с организацией хранения данных и спецификой аппаратуры. Изменение физической структуры базы данных не влияет на работоспособность прикладных программ, работающих с ней.

Современные реляционные СУБД выполняют такие системные функции, как восстановление после сбоя и одновременный доступ нескольких пользователей к разделяемым данным. Такой подход избавляет от необходимости знать форматы хранения данных, методы доступа и методы управления памятью.

**Преимущества** реляционных моделей данных заключаются в следующем:

- в распоряжение пользователя предоставляется простая структура данных – они рассматриваются **как таблицы**;
- пользователь может не знать, каким образом его данные структурированы в базе – это обеспечивает независимость данных;
- возможно использование простых непроцедурных языков запросов.

**Недостатком** является то, что организовать работу с такой БД достаточно сложно, поскольку не существует способов организации быстрого доступа пользователя к данным от таблицы к таблице. Однако эта проблема решается путем применения в СУБД вспомогательных описаний путей доступа, т.е. **организации индексации** (как в Excel). При этом иногда приходится просматривать всю базу данных, что возможно при наличии мощных ЭВМ.

**Реляционные БД позволяют:**

- заносить в базу новые данные;
- создавать и уничтожать таблицы, добавлять строки и столбцы к ранее созданным таблицам;
- создавать и уничтожать индексы;
- определять и отменять представления хранимых данных;
- изменять привилегии различных пользователей.

Табличная организация позволяет неопытному пользователю быстрее освоиться с системой. Каждая строка в таблице соответствует записи в файле, которую столбцы таблицы разбивают на поля.

К числу СУБД **реляционного типа** относятся хорошо известные системы: dBASE, Clipper, Foxbase, RBASE, Paradox и т.д.

На рабочих станциях используют СУБД типа ORACLE, Informix, SyBase, Ingress, DB2 и др., которые позволяют управлять гораздо большей информацией, имеют развитые средства защиты информации от разрушения при сбоях и несанкционированного доступа, хорошо приспособлены для работы в сети и т.д. Многие из названных СУБД работают и на ПК, и это упрощает возможность создания многоплатформенных систем.

#### 4.4. Компоненты СУБД. Командный язык

В состав большинства СУБД входит три основных компонента:

- командный язык,
- интерпретирующая система или компилятор для обработки команд
- интерфейс пользователя.

**Командный язык** служит для выполнения требуемых операций над данными. Он позволяет манипулировать данными, создавать прикладные программы, оформлять на экране и печатать формы ввода и вывода информации и т.п. Возможности СУБД в значительной степени определяются структурой и возможностями ее командного языка.

Командный язык обладает следующими свойствами и характеристиками:

- средствами описания, как хранимых данных, так и операций над ними (поиск и модификация);
- средствами работы с текстовыми, графическими и числовыми данными в различных представлениях;
- средствами защиты базы данных;
- возможностью определения нестандартных форматов и структур;
- вычислительными функциями (как в Excel);
- средствами форматирования экрана терминала и генераторами отчетов.

Кроме того, он обеспечивает высокую производительность труда программиста. Для работы с таблицами ему предоставляются простые операторы типа "создать", "добавить", "модифицировать", "уничтожить", "вставить"..

**Примечание. Существующие оболочки ГИС объединяют базы данных со средствами анализа.**

В командный язык входит несколько групп операций, полный набор которых специфичен для конкретной СУБД, но некоторое количество команд, составляющих ядро языка, обязательно присутствует. Это команды открытия и закрытия файлов, нахождения записи, ее вставка, модификации, создание и удаление, сохранение БД, упорядочивание записей, вывод на экран и на печать.

В СУБД операции можно выполнять по одной, последовательно вводя их с клавиатуры или группами (макросами) в автоматическом режиме. Операции языка СУБД обычно имеют форму, близкую к естественному языку, и записываются в виде текста.

#### 4.5. Компиляторы и интерпретаторы

Для превращения текстовой команды в код, «понятный» машине, используются специальные преобразующие программы двух типов – **интерпретаторы и компиляторы**.

В первом случае используется **интерпретирующая система**, которая по очереди преобразует команды в исполнимый код перед их непосредственным выполнением. (как в языке программирования «Basic»).

Этот способ имеет то преимущество, что при последовательном выполнении исходная программа занимает мало места в памяти, кроме того, этот спо-

соб позволяет вводить команды с клавиатуры или пользуясь системой меню. Однако, файл, обрабатываемый интерпретатором выполняется крайне медленно.

Во втором случае сначала вся программа **компилируется (преобразуется)** в серию машинных команд и только после этого выполняется. (как в языке программирования «Pascal»). Компилятор работает гораздо быстрее, но программа занимает много места в машинной памяти.

СУБД с **компиляторами** в основном ориентированы на программистов, создающих сложные прикладные системы, т.к. предполагают более высокий уровень квалификации пользователя.

СУБД с **интерпретаторами** предназначены для пользователей, обладающих начальными знаниями программирования. Системы с интерпретаторами взаимодействуют с пользователем в режиме, управляемом с помощью меню, и в режиме ввода команд с клавиатуры.

#### 4.6. СУБД, применяемые в ГИС

Для целей ГИС пользуются **готовыми системами** (PARADOX, dBASE), собственными встроенными СУБД, **смешанными** (внутренними СУБД, пока общий объем баз не превысит определенной величины), и СУБД, предназначенные для **больших объемов** данных (обычно ORACLE, Informix, SyBase, Ingress, DB2).

В таких реляционных СУБД файл БД состоит из **записей, а запись – из совокупности полей**.

**Записью** называется компьютерный аналог информации, содержащейся, например, на библиотечной карточке или бланке. В частности, запись, имитирующая бланк учета книг, может содержать шифр книги, имя ее автора, название, год издания и т.п. Совокупность записей является простой базой данных.

**Поле** называется Графа такой карточки или бланка, в которую записывается единица информации. Поле имеет **имя и содержание**.

Например, в строке: "Название книги - Геоинформационные технологии в науках о Земле", "Название книги" – будет именем поля, а "Геоинформационные технологии в науках о Земле" – его содержанием.

В компьютере такие записи запоминаются в виде таблиц, где запись представляет из себя строку, а поле – столбец. Каждая запись в таблице пронумерована и на бумаге представляла бы отдельную карточку.

**Стандартные форматы.** В системе должны быть средства, позволяющие перевести данные в один из стандартных форматов БД или считывать тематическую информацию из популярных баз. К числу таких форматов принадлежат DBF, DB и др..

**Поиск в базе данных.** Любая БД должна обладать возможностью поиска. Его быстрота зависит от организации данных. Поиск в базе осуществляется при помощи запросов; его можно производить, задав параметр или группу параметров поиска. Результаты обработки запроса могут быть отображены на экране, отправлены в файл или стать основой для составления отчета.

Ниже приведен пример информационной базы ГИС экологической направленности

**Пример.**

Информационная база отвала шахты «Княгининская»

Территориальный раздел		Раздел экологической опасности			
Название - Отвал шахты "Княгининская"		Виды воздействия		Степень воздействия	
Координаты: 48°07'54.21 "с.ш.; 38°52'11,85"в.д.		На жителей населен- ных пунктов		II	
Юридический адрес: г. Крас- ный Луч, ул. Красногвардей-		На пахотные земли		III	
Угольный район - Должанско -Ровенецкий		На приусадебные участки		II	
Форма отвала - плоский		На кормовые угодья		II	
Занимаемая площадь - 187000 м <sup>2</sup>		На речную сеть		IV	
		На водоемы		I	
Раздел защищенности		Раздел деградации породы и почв			
Наличие защитных насаждений	Степень защищенно- сти	Оценка химического состояния породы		Дальность развития ландшафтно- геохимических арен	
На терриконе	IV	площадь изменения, %	ранг состояния	уровень	дальность ареола
		более 85	-	норма	V
		50-85	0	риск	III
У подножия отвала	III	20-50	1	кризис	II
		менее 20	4,6,7,9,10	бедствие	I,IV
		0	-		

---

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение базы данных (БД).
2. Охарактеризуйте типы моделей данных, используемых в СУБД.
3. Проанализируйте особенности реляционных СУБД.
4. Охарактеризуйте основные компоненты СУБД
5. Изложите свойства и характеристики командного языка СУБД.
6. Охарактеризуйте особенности интерпретатора и компилятора.
7. Дайте определения записи и поля в СУБД
8. Приведите пример информационной базы экологически опасного объ-

екта

## 5. ГИС КАК СРЕДСТВО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

### 5.1. Типовые функции ГИС

Информация, хранящаяся в ГИС, представляет ценность и приносит пользу только при решении прикладных задач, в частности специфических задач конкретного пользователя.

К настоящему времени сложился круг обязательных функций, наличие которых требуется от любых ГИС. Это:

- утилиты работы с полями баз данных.
- арифметические и геометрические функции;
- сетевой анализ;
- анализ наложений;
- выделение объектов в новый слой;

### 5.2. Утилиты работы с полями баз данных.

Утилиты предполагают выполнение функции работы с полями баз данных, которые включают:

- поиск имени поля и его значения,
- поиск по маске,
- создание, редактирование и удаление поля,
- калькуляцию,
- классификацию и перегруппировку.

Поясним суть наиболее важных из них.

**Калькуляция** – это генерирование нового значения по полям старых значений баз данных **согласно введенной формуле**. Результаты калькуляции, как правило, выносятся в новое поле и им дается новое имя. Простейшие примеры - расчеты площади, объема, дебита источника, мощности и т.д.

**Перегруппировка** – это генерирование нового значения по группам подобных значений. Например, группирование площади однотипных участков, имеющих один и тот же атрибут (**луга, поля, огороды и т.д.**). При этом показатель каждой группы может рассчитываться по какой-то формуле (например, суммирование, вычисление среднего значения и т.п.).

### 5.2. Арифметические и геометрические функции

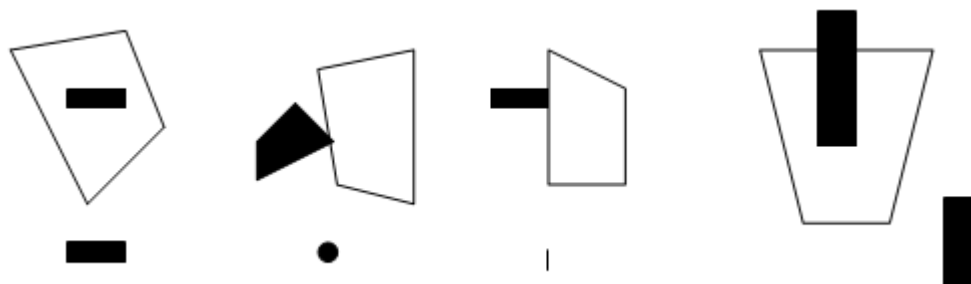
Арифметические и геометрические функции ГИС реализуются с помощью соответствующих утилит.

**Геометрические утилиты** используются для анализа пространственных данных и связей между ними, например, для подсчета необходимой площади осушаемых земель, площадей лесов, теряемых в результате пожаров и т.п. Очень часто в них создается так называемая **буферная зона** – район, граница которого отстоит на заданном или рассчитанном расстоянии от границы исходного объекта. Например, когда расширяется дорога из-за растущей транспорт-

ной нагрузки, функциями ГИС создается район вокруг нее. Другим примером может служить санитарно-защитная зона (СЗЗ) предприятия.

Ниже приведены наиболее используемые графические утилиты:

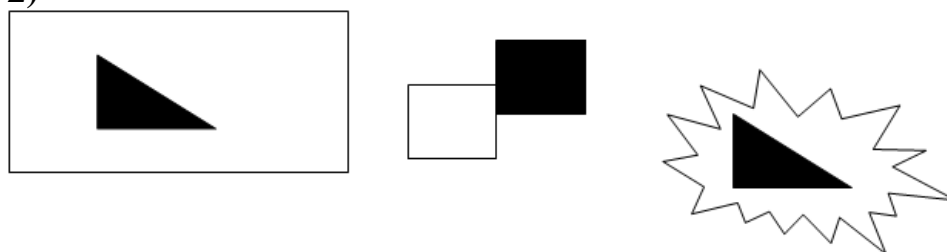
1)



**Утилита перекрытия распознает перекрывающиеся области.**

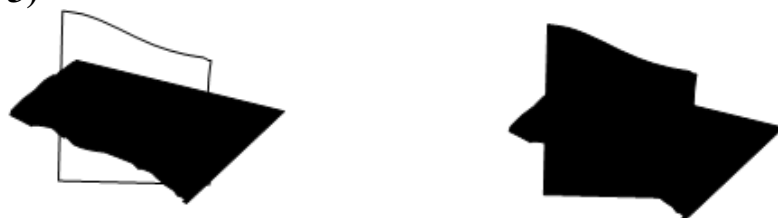
(1- внутренняя область; 2 – точка касания; 3 – линия касания; 4 – участок перекрывающийся)

2)



**Утилита внутренних областей - распознает площади целиком лежащие в какой-либо области**

3)



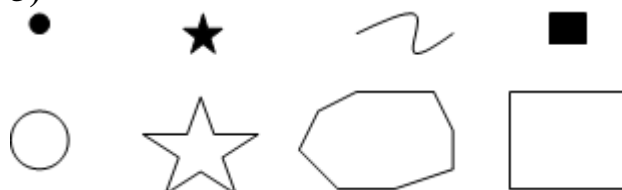
**Утилита объединения площадей - создает геометрическое объединение площадей.**

4)



**Утилита определения линии пересечения.**

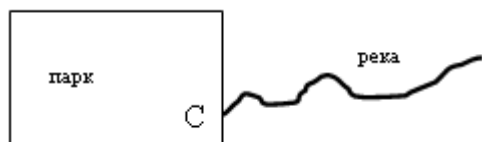
5)



**Утилита создания буферной зоны.**

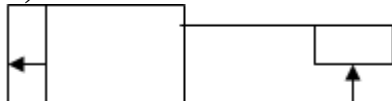


6)



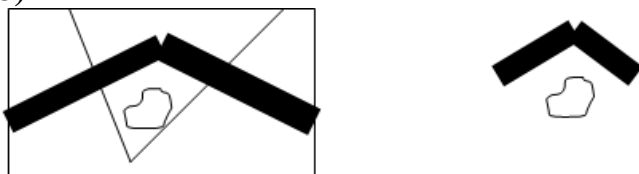
Утилита поиска точки касания линейного объекта.

7)



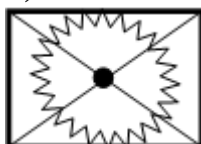
Утилита поиска ближайшего объекта путем расчета расстояния до объекта зоны.

8)



Утилита поиска объектов, попадающих в определенный район.

9)



Утилита определения центра прямоугольника, охватывающего объект.

К обязательным арифметическим (картометрическим) функциям ГИС относятся расчеты: площадей, длин, периметров, площадей склонов, объемов, заключенных между поверхностями.

### 5.3. Сетевой анализ

Сетевой анализ позволяет пользователю проанализировать пространственные сети связанных линейных объектов (дороги, водопроводы, линии электропередач, экологические коридоры и т.п.).

В описании каждого вида сетей наблюдается много общего, но имеются и некоторые различия. Например, транспортные сети представляют собой различные классы дорог, объединенные вместе перекрестками. Авиалинии и трассы движения теплоходов похожи на дорожные сети, однако их положение не имеет строгой координатной привязки к поверхности. Электрические сети характеризует наличие в них различных типов кабелей. Сети воды и газа – большой диапазон объемов труб, типов станций и т.п. Экологическая сеть – предполагает анализ экологических коридоров на урбанизованных территориях, пути миграции животных.

В классическом представлении сеть считается набранной из линий, которые имеют не более двух общих точек с другими линиями – точки начала и конца. Точку касания принято называть узлом.



Важным фактором, определяющим сеть, является способ соединения ее элементов. Во всех типах сетей встречаются два типа соединений: "из/в" и "из/через" (такой тип соединений характерен, например для газопроводов).



Обычно сетевой анализ служит для задач определения ближайшего, наиболее выгодного пути, определения уровней нагрузки на сеть, для определения зон влияния на объекты сети других объектов.

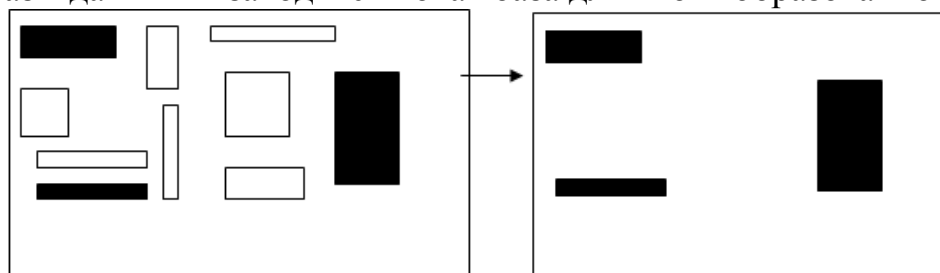
К задачам сетевого анализа относятся задачи логистики (например, размещение корма для животных на территории заповедника), транспортные задачи, задачи раскроя материалов и т.п. Типовой задачей может быть, например, составление перечня улиц, жители которых посещают определенную больницу или отправляют своих детей в одну из близко расположенных школ. Критериями, позволяющими определить зоны влияния в этом случае, могут служить расстояние до больницы или школы, доступность пути, напряженность движения на нем, количество принимаемых больницей пациентов в день или количество школьников, которых школа может вместить и т.п.

С участками сети, например водопроводной, обычно связывают понятие направления или интенсивности движения, данные о котором хранятся в БД, обслуживающей сеть.

Другими данными, относящимися к сети, могут быть мощность потока, его временные интервалы и т.д.

#### 5.4. Выделение объектов в новый слой

Эта функция осуществляет поиск в пространственной базе данных объектов, удовлетворяющих заданным критериям. Найденные объекты могут переноситься в новый слой, при этом может при желании быть модифицировано содержимое старого слоя. Одновременно корректируется содержимое старой тематической базы данных и заводится новая база для вновь образованного слоя.



**Формирование нового слоя по заданному критерию (выделение окрашенных объектов в новый слой)**

### 5.5. Анализ наложений. Зонирование

Основное назначение функций этой группы состоит в построении новых объектов – зон, т.е. участков территорий однородных в смысле выбранного критерия или группы критериев, в частности, санитарно защитных зон, зон радиационного загрязнения относительно его источника, зоны воздействия ударной волны при взрывах и т.п.

Границы зон могут либо совпадать с границами ранее существовавших объектов (наглядным примером является задача определения «нарезки» избирательных округов по сетке квартального деления), либо строятся в результате различных видов моделирования (зоны экологического риска по результатам моделирования рассеивания загрязнителей). Типичные задачи этого типа:

- выделение зон градостроительной ценности территорий,
- выделение зон экологического риска,
- зонирование урбанизированных территорий;
- построение зон обслуживания поликлиник СЗЗ и т.п.

### 5.6. Создание моделей поверхностей

**Создание моделей поверхностей предполагает построения изолинейных изображений по регулярным и нерегулярным точкам**, например, построение изолиний концентрации загрязнителей атмосферы или почвы и др., а также модели трехмерной визуализации, например, построение панорамы города в аксонометрической или иной проекции (как в ландшафтном дизайне).

Моделироваться могут, как изображения действительного рельефа или непрерывного поля (текущего или с учетом динамических изменений), так и воображаемые поверхности, построенные по одному или нескольким показателям. Например, поверхность цен на землю, поверхность отображающая ареалы с разной интенсивностью загрязнения почвы, плотность населения и т.п. (по типу того, как на топологической карте отображаются горы разной высоты).

### 5.7. Анализ растровых изображений

В качестве растровых изображений в ГИС обычно выступают снимки или растрированные векторные изображения.

Преимущество снимков – в их современности и достоверности, поэтому достаточно часто встречающийся вид анализа в этой группе – временной: оценивается динамика изменений (сравниваются два или более снимков разной давности с выявлением динамики изменений). Например, изменения температуры воздуха, давления, облачности на определенной территории, изменения цвета растительности, состояние посевов сельскохозяйственных культур.

Не менее часто анализируются пространственные взаимосвязи двух или нескольких явлений (типа осадки – урожай, температура воздуха – содержание формальдегида в атмосфере, загрязнение почвы – степень угнетения флоры).

К снимкам может быть также применен кластерный анализ, на основе которого производится классификация объектов – выделяются области лесов, рек, полей, заболоченных или паводковых территорий, загрязненных пестицидами, угодий, зоны радиоактивного заражения и т.п.

По растровым образам производятся картометрические вычисления: длин, площадей, объемов. Таким образом, можно говорить о специальной области моделей, которую иногда называют картографической алгеброй.

### **5.8. Специализированный анализ**

Не все ГИС снабжены возможностями специализированного анализа, например, экологического или геологического. Связано это с тем, что не существует четкой схемы проведения таких работ. Организации, занимающиеся ими, предпочитают производить анализ по собственным методикам и правилам.

**Характерной чертой специализированного анализа** является работа со специфическими данными по специальным алгоритмам. Кроме того, следует учитывать, что взгляды на приемы его ведения могут меняться с течением времени. Такие возможности в ГИС реализуются средствами создания приложений самими пользователями.

Вместе с тем, некоторые крупные фирмы предоставляют пользователям возможность укомплектовать систему фирменными модулями, реализующими специализированные анализы, в частности, геологический и нефтеразведочный. Так, в пакет «Intergraph», посвященный геологическому анализу, входит: работа с сейсмическими данными, анализ геологических отложений, геофизическая интерпретация и т.п.

Вопросы для самоконтроля:

1. Изложите функции ГИС для решения специфических задач пользователя по принятию решения.
2. Перечислите утилиты работы с полями баз данных.
3. Охарактеризуйте геометрические и арифметические утилиты.
4. Поясните назначение сетевого анализа.
5. Изложите основное назначение функций зонирования.
6. Изложите особенности создание моделей поверхностей
6. Изложите порядок анализа растровых изображений.
7. Изложите особенности специализированного анализа.

## 6. ПОСТРОЕНИЕ ГИС ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ И ПРИМЕРЫ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

### 6.1 Экология и ГИС

В большинстве случаев методология построения ГИС переплетается с методологиями соответствующих наук, в результате чего появляются специализированные компоненты программного обеспечения ГИС, ориентированные на использование исключительно в соответствующих предметных областях, в частности в экологии.

Создание экологических ГИС базируется на данных экологического мониторинга (наземный сектор) и дистанционного зондирования (космический сектор)

В ходе экологического наблюдения (мониторинга) осуществляют:

- сбор и совместную обработку данных, относящихся к различным природным средам,
- моделирование и анализ экологических процессов и тенденций их развития,
- использование данных при принятии решений по управлению качеством окружающей среды.

Результат экологического исследования, как правило, представляет оперативные данные трех типов:

- констатирующие (измеренные параметры состояния экологической обстановки в момент обследования),
- оценочные (результаты обработки измерений и получение на этой основе оценок экологической ситуации),
- прогнозные (прогнозирующие развитие обстановки на заданный период времени).

Из этого следует, что в экологических ГИС применяются, в первую очередь, **динамические модели**. Поэтому большую роль в них играют технологии создания электронных карт изменяющихся во времени.

Совокупность всех перечисленных трех типов данных составляет основу **экологического мониторинга**. Особенностью представления данных в системах экологического мониторинга является то, что на экологических картах в большей степени представлены **ареальные объекты, чем линейные**.

Относительно цифрового моделирования принципиальным следует считать использование цифровых моделей типа цифровая модель явления, поле загрязнения или концентрации отдельных веществ и т.п.

На уровне сбора данных наряду с топографическими характеристиками дополнительно определяются параметры, характеризующие экологическую обстановку с множеством показателей. **Это увеличивает объем атрибутивных данных в экологических ГИС, по сравнению с типовыми ГИС.**

Соответственно возрастает роль семантического моделирования (т.е. появляется необходимость в моделях искусственного интеллекта).

**На уровне моделирования** используют специальные методы расчета параметров, характеризующих экологическое состояние среды и определяющих форму представления цифровых карт.

**На уровне представления** при экологических исследованиях осуществляют выдачу не одной, а, как правило, серии карт особенно при прогнозировании явлений.

В некоторых случаях карты выдаются с применением методов **динамической визуализации**, что довольно часто можно наблюдать на картах метеопрогноза, показываемых по ТВ, например, как перемещается циклон или фронт холодного воздуха.

**Типовая система экологического мониторинга для крупного города.** Объектами мониторинга города являются:

- атмосферный воздух;
- поверхностные и подземные воды;
- почва;
- зеленые насаждения;
- радиационная обстановка;
- среда обитания;
- состояние здоровья населения.

Данные о состоянии перечисленных объектов собирают различные организации. Большинство организаций в городе (федеральных, муниципальных, ведомственных) занимаются сбором данных о состоянии параметров объектов окружающей среды независимо друг от друга. Производится контроль состава атмосферного воздуха, количества выбросов промышленных предприятий и автотранспорта, качества поверхностных и подземных вод и т.д. Такие работы выполняют различные организации – от ГАИ до санэпидемстанций.

К недостаткам существующего порядка сбора экологических данных следует отнести разрозненность и бессистемность, разобщенность городских природоохранных организаций и отсутствие комплексных оценок и прогнозов развития экологической обстановки.

**Главная задача городского экомониторинга – получение комплексной оценки экологической ситуации в городе на базе интеграции всех видов данных, поступающих от различных организаций.**

Интеграционной основой множества данных, естественно, является карта. Следовательно, решение задач экомониторинга города неизбежно приводит к созданию и применению ГИС. Для этого объединяют существующие сети различных измерений и специализированные мониторинги природоохранных служб. Создание системы основано на внедрении современных средств контроля на базе единого информационного пространства.

**Структура системы экомониторинга достаточно большого города включает два уровня – нижний и верхний.**

**Нижний уровень** системы обычно включает:

- городские и ведомственные подсистемы специализированных мониторингов, а именно:
- мониторинг атмосферы, поверхностных вод, здоровья населения;

- радиологический мониторинг;
- мониторинг санитарной очистки территории города,
- мониторинг недр и подземных вод, почв, зеленых насаждений,
- акустический мониторинг,
- градостроительный мониторинг);

**Верхний уровень – это обычно территориальные центры сбора и обработки данных**, которые создают на базе территориальных экологических центров.

Эти две подсистемы обеспечивают сбор полной и по возможности качественной информации о состоянии окружающей среды на всей территории города. В локальных центрах проводятся также анализ информации и ее отбор для передачи на верхний уровень.

В задачи верхнего уровня системы входят:

- оперативная оценка экологической ситуации в городе;
- расчет интегральных оценок экологической ситуации;
- прогноз развития экологической обстановки;
- подготовка проектов управляющих воздействий и оценка последствий принимаемых решений.

Очевидно, что информационная система экомониторинга большого города имеет ярко выраженный распределенный характер. Поэтому она строится на основе распределенной информационной сети. Для эффективного использования накапливаемых данных необходима комплексная обработка и совершенные методы моделирования и представления данных.

**Интеграция данных** в единую систему происходит двумя путями:

- на основе конвертирования форматов данных в единый для всей системы формат;
- на основе выбора единого программного обеспечения ГИС.

Для обеспечения ГИС крупных и средних городов разрабатывается единый программный комплекс, который и решает задачи территориальных отделений. При этом предусматриваются работы по моделированию и получению тематических карт. В частности, в системе производятся следующие виды расчетов: **расчет платежей за использование природных ресурсов и расчет полей концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, воде, почве.**

Система экологического мониторинга предусматривает обмен данными между его участниками. Поэтому одним из главных требований, предъявляемых к программному обеспечению всех подсистем, является возможность конвертирования файлов данных в стандартные форматы (DBF – для файлов баз данных и DXF – для графических файлов).

## **6.2. Основные этапы решения задач экологического мониторинга с использованием ГИС**

Перечислим наиболее характерные этапы.

1. Сбор входного материала для решения задачи.

2. Выбор или создания электронной карты – основы ГИС. При отсутствии готовой ГИС, пригодной для решения поставленной задачи, нужно найти растровое изображение нужной местности и провести его оцифровку и векторизацию. Для этого лучше использовать аэрофотоснимки высокой разрешающей способности.

3. Наполнение электронной карты картографической и атрибутивной информацией:

- административные единицы (границы областей, районов, лесничеств и т.п.) ;
- адреса предприятий и других источников загрязнений;
- видовой состав растительного и животного мира;
- пункты наблюдений состояния окружающей среды и др.

(Информация заносится, как в атрибуты объектов карты, так и в базу данных ГИС. В случае использования внешней базы данных (например, электронной базы данных государственной отчетности – ТП “Водхоз”), из данных об антропогенном водопользовании создается информационное единство этой базы данных с картой путем введения единого ключевого поля, например “ID”).

4. ГИС- анализ экологической ситуации, а именно:

- решение задач обработки и анализа данных с использованием ГИС-обеспечения;
- временной и пространственный анализы;
- прогнозирование развития этих процессов, например, оценка качества поверхностных вод, возможного влияния источников загрязнений и экстремальных метеорологических условий на загрязненность атмосферного воздуха;
- целесообразность расположения определенных объектов, например, детских дошкольных учреждений на соответствующей территории, сельскохозяйственных угодий и т.п.

5. Визуализация входных данных и результатов решения задачи, а именно:

- использование возможностей ГИС в визуализации, как входных данных, так и результатов исследований;
- построение тематических карт и диаграмм,
- построение трехмерных статических и подвижных изображений.

### **6.3. Использование ГИС при инвентаризации выбросов загрязняющих веществ**

Одной из областей обеспечения принятия управленческих решений относительно охраны окружающей природной среды и экологической безопасности является охрана атмосферного воздуха.

Для уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в Украине внедряется новый механизм регулирования в области охраны атмосферного воздуха, основной задачей которого являются предупреждения загрязнения и борьба с ним. Для этого необходимо



накопление и обработка информации о выбросах и распространении загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Кроме того, для получения разрешения на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух субъект хозяйствования должен разработать и согласовать с территориальными органами Минприроды следующую документацию:

- инвентаризацию стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, приложением к которой является расчет рассеяния выбросов загрязняющих веществ, образовавшихся в процессе деятельности предприятия;

- обоснование объемов выбросов загрязняющих веществ.

(Смотри Постановление Кабинета Министров Украины от 13.03.2002 г. № 302 "Об утверждении порядка проведения и оплаты работ, связанных с выдачей разрешений на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками, учета предприятий, учреждений и граждан-предпринимателей, которые получили такие разрешения")

**Перед разработкой проекта инвентаризации** необходимо проведение исследования и создание компьютерной модели территории предприятия, в которую закладывается информация:

- о пространственной локализации территории предприятия;
- о размещении зданий предприятия;
- о координатах географических центров территории предприятия;
- определенные координаты источников выбросов (для точечных объектов);
- о размерах нормативной санитарно-защитной зоны.

На основе созданной модели территории предприятия и информации о характеристиках источников выбросов, такой как технологическая нагрузка, концентрации загрязняющих веществ, высота источников выбросов, с помощью программы «Eolplus» рассчитывается рассеяние загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Диаграмма рассеяния является основным неотъемлемым приложением к инвентаризации (Рис. 6.1.).

Для создания качественных картографических продуктов хорошо себя зарекомендовали, такие системы, как ArcGis, например версии 9.2. Этот инструмент используется для создания генеральных и схематических планов на основе спутниковых данных (снимков).

**При инвентаризации выбросов загрязняющих веществ** решают с помощью ArcGis нижеследующие задачи.

1. Создают группы шейп-файлов в основе одного Леэра (layer – слой).
2. В случае необходимости как Леэр включаются спутниковые данные.
3. Создают плоскостные векторные объекты, такие как дома, улицы, и парковые насаждения (Рис. 6.2).
4. Территорию объекта выделяют в необходимые плоскости и нужном масштабе и дополняют данные об источниках выбросов загрязняющих веществ (Рис.6.2), с использованием стандартных обозначений ArcGis и наносят с помощью Distance tool границу санитарно-защитной зоны (Рис. 6. 1).

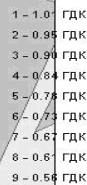


Рис. 6.1. Пример расчета рассеяния вещества NaOH

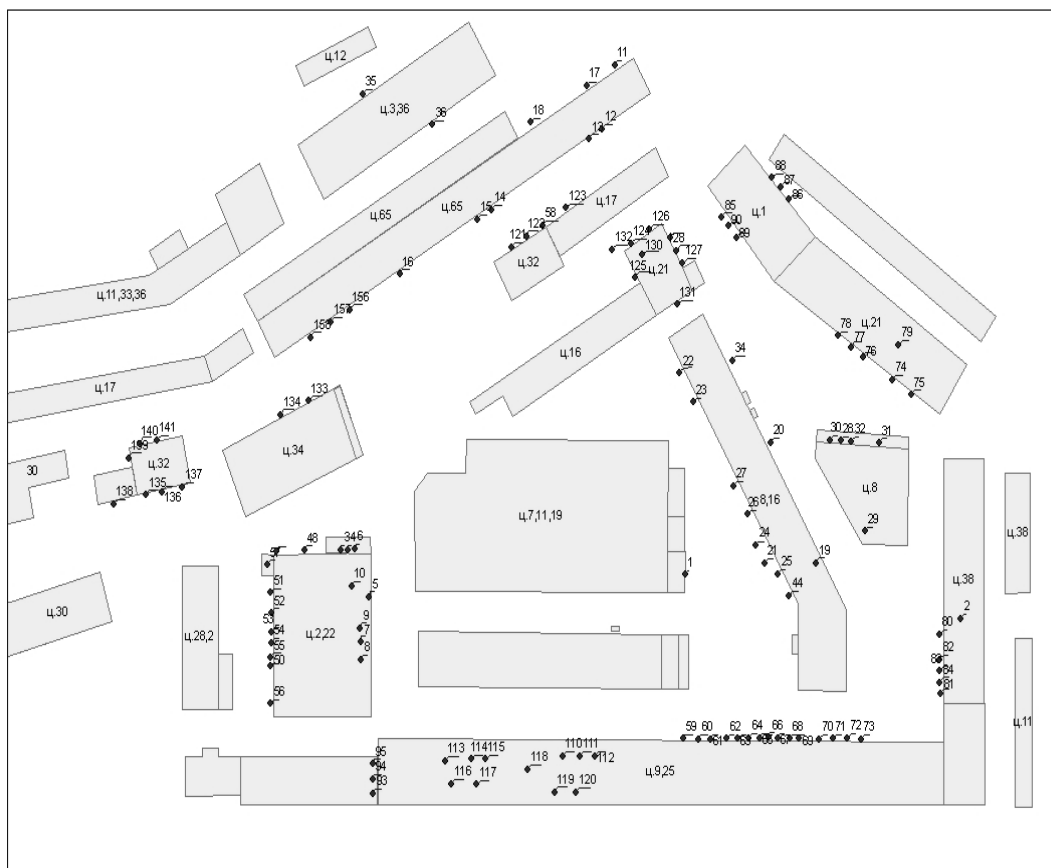


Рис. 6.2. Источники выбросов загрязняющих веществ.

5. Устанавливают координаты проекции в системе координат **Transverse\_Mercator** (метрическая система), а географические в GPS.
6. Наносят на карту данные информативного содержания (legend).
7. Устанавливают сетку координат, соответственно нормативам.
8. Корректируют объекты инвентаризации, соответственно с имеющейся информацией о размещении зданий.
9. Определяют положение созданного картографического объекта относительно «севера», которое обозначают соответствующим указателем.
10. При дальнейшем анализе картографического объекта ищут допущенные ошибки и вносят коррективы.

#### **6.4. Использование ГИС для оценки состояния окружающей среды и экосистем**

ГИС для оценки состояния окружающей среды и экосистем позволяет оперативно получать информацию по запросу и отображать её на картооснове, оценивать состояние экосистемы и прогнозировать её развитие.

В задачи этой ГИС входит:

- ввод, накопление, хранение и обработка цифровой картографической и экологической информации, относящейся к экосистеме;
- построение на основе полученных данных тематических карт, отражающих текущее состояние экосистемы;
- исследование динамики изменения экологической обстановки в пространстве и времени, построение графиков, таблиц, диаграмм;
- моделирование развития экологической ситуации в различных средах и исследование зависимости состояния экосистемы от метеоусловий, характеристик источников загрязнений, значений фоновых концентраций;
- получение комплексных оценок состояния объектов окружающей природной среды на основе разнородных данных.

Кроме того ГИС позволяют строить аномальную зону по заданному химическому элементу. Это достаточно удобно, так как эксперту-экологу не нужно вручную рассчитывать аномальные зоны и производить их построение. В частности, для оценки состояния (загрязнения) почв, построение аномальных зон производится для определенного количества химических элементов.

На основе сопоставления и объединения аномальных зон строится карта качественной оценки опасности окружающей среды для человека.

**Типовая структура эко-ГИС** для оценки состояния окружающей среды и экосистем, как и других объектов, включает: аппаратное обеспечение (ЭВМ, сети, сканер и т.д.); программное обеспечение; пространственные данные; технологии (методы, алгоритмы и т.д.); функциональные возможности; электронную карту (рис.6.3).

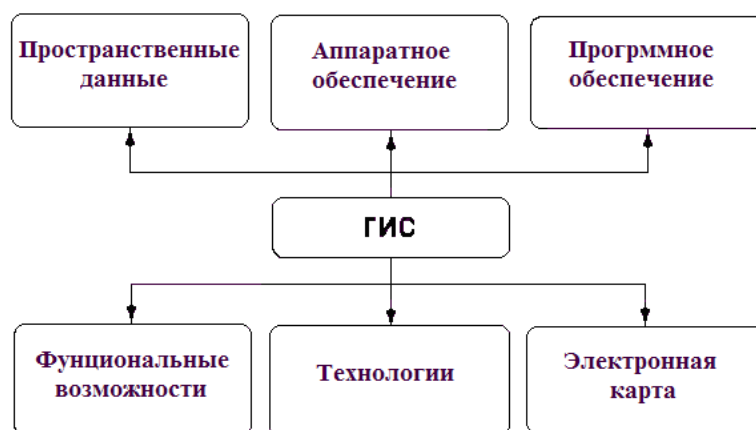


Рис. 6.3. Типовая структура ГИС

**Технология создания эко-ГИС.** Создают экологические ГИС, как правило, с использованием набора современных популярных программных продуктов – ARC/VIEW, MapInfo или GeoGraph/GeoDraw (разработка Института Географии РАН).

В общем виде такие системы предназначены, как уже отмечалось, для хранения пространственно-координированных данных, их элементарной обработки и визуального представления в виде карт.

Напомним, что основными графическими типами являются точка, линия и ареал (площадной объект) см. табл. 6.1 и рис. 6.4 .

Таблица 5.1 – Типы графических объектов на карте

Графический тип объекта	Примеры	Способ задания	Метрические свойства
1	2	3	4
а) точечный	места встреч; места взятия проб	пара координат (x;y)	
б) линейный -	река; учетный маршрут	набор координат (x <sub>0</sub> ,y <sub>0</sub> )(x <sub>1</sub> ,y <sub>1</sub> )...(x <sub>n</sub> ,y <sub>n</sub> )	длина
в) площадной (ареал)	лесной массив; водоем	Набор координат	площадь, периметр

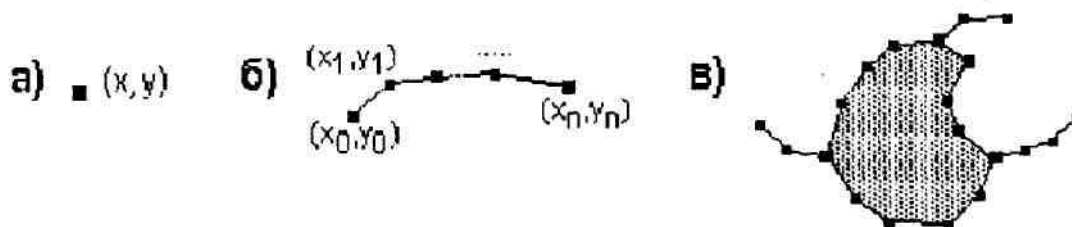


Рис. 6.4. Способы задания графических объектов разных типов.

Тематические характеристики отличаются типом. Основными наиболее часто используемыми типами являются строка, число (целое или десятичное), дата. Могут также использоваться графические объекты и типы, имеющие свою внутреннюю структуру (табл. 2).

Таблица 6.2 – Типы тематических характеристик графических объектов экосистемы

Типы тематических характеристик объектов	Примеры
Символьная (текстовая строка), набор символов (character, string, text)	Название географического объекта; название вида встреченного животного; содержание наблюдения.
Целое число (integer, SmallInt и др.)	Количество особей; возраст древостоя, лет
Десятичное число (decimal, real)	плотность населения птиц в лесном массиве; сомкнутость крон деревьев
Дата (Date, специальный тип)	дата встречи с животным; дата последней проверки гоголятников
Графический объект или текст	рисунок (фотография), описание территории экосистемы

В тематические слои эко-ГИС объединяются, например, горизонтали, речная сеть, озера, дороги, лесные ареалы, места встреч с животными, изолинии загрязнителей и т.п. Комбинируя разные слои, можно получать карты различного содержания. Некоторые слои, такие как границы объектов, гидросеть, как правило, присутствуют всегда; другие (рельеф, растительность, дорожная сеть) показываются лишь в некоторых случаях.

При построении ГИС для оценки, например, территории полигона биосферного заповедника создается компьютерная база данных, в соответствии с которой формируются следующие тематические слои: границы полигона, реки, озера, дороги и ЛЭП, рельеф, типы лесов.

Для картирования данных о встречах с животными создают тематические слои для каждого из видов. Иллюстрацией послойного деления топографической карты может служить рис. 6.6.

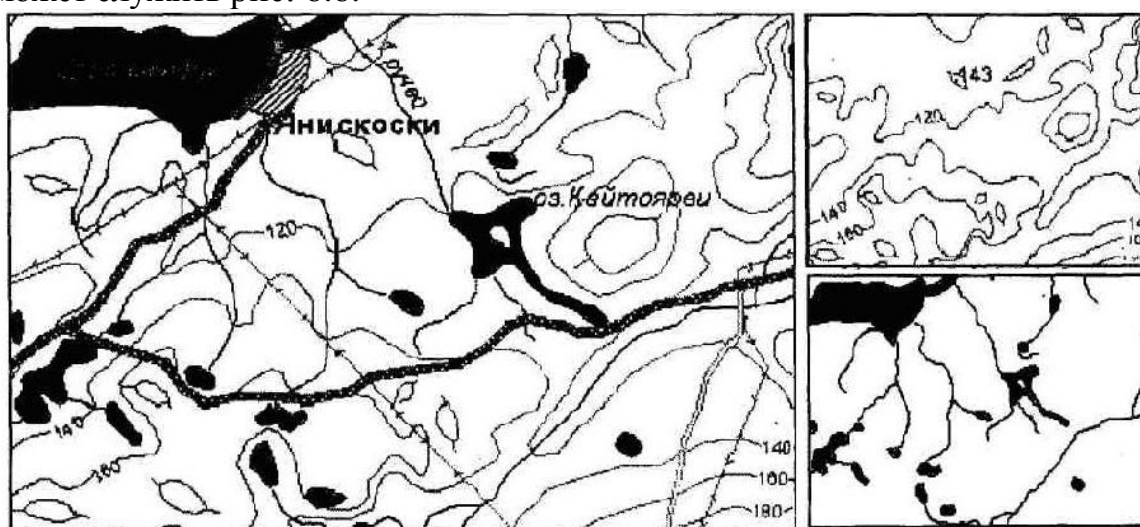


Рис.6.6. Общий вид топографической карты (слева) и ее тематические слои (высоты гидросеть).



Каждый тематический слой должен содержать набор графических объектов и, как правило, тематические свойства этих объектов. В простейшем случае тематические данные могут иметь вид двумерной таблицы. В каждом столбце находятся данные одного типа, характеризующие одно из свойств; каждая строка представляет набор данных, относящихся к общему графическому объекту.

Более сложные и точные модели строят с использованием приемов дифференциального и интегрального исчисления, которые позволяют проводить анализ биоценологических связей организмов. Их следует разрабатывать в специальных программных средах типа MapBasic, Avenue и др. Так, на основе анализа численности популяции в разновозрастных биогеоценозах может быть составлена прогностическая модель численности и территориального распределения видов (рис. 6.7). Основой для этого будут служить два тематических слоя: карта типов биогеоценозов (с указанием возраста) и карта количества встреченных особей (звездочки разного размера).

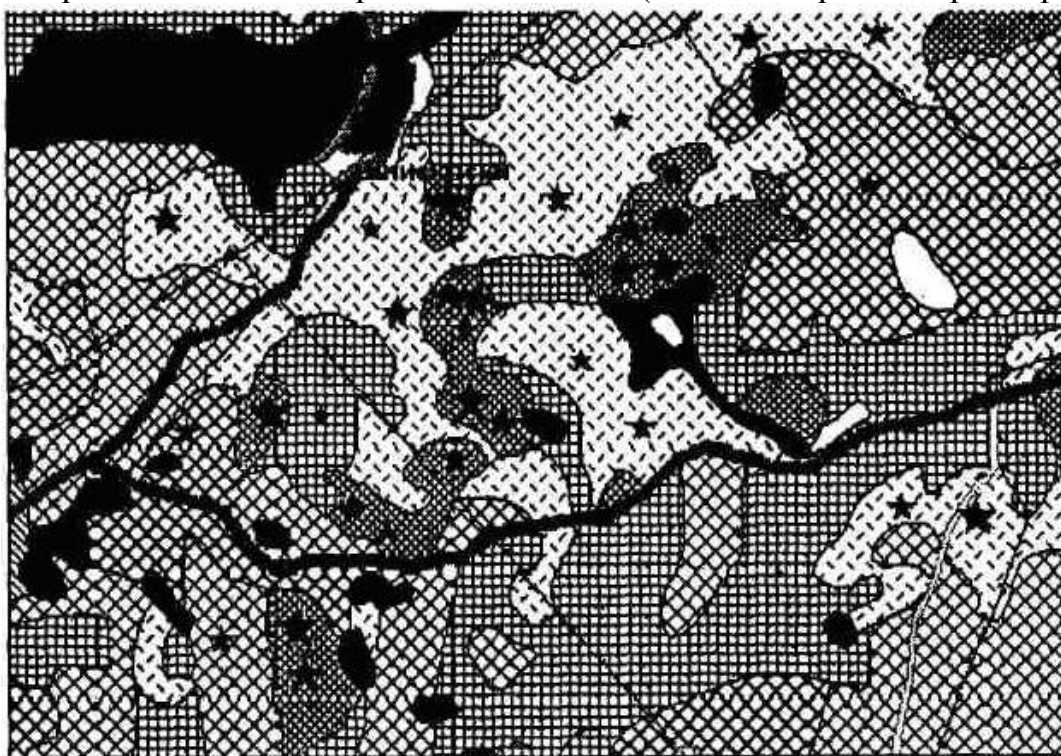




Рис. 6.7. Тематические слои типов лесов и количества встреченных особей.

По результатам анализа может быть получена сводная таблица плотности особей по типам биогеоценозов (табл. 6.3) или график зависимости плотности популяции от возраста (как для случая естественного возобновления, так и для случая искусственных насаждений).

Таблица 6.3 – Система данных для прогнозирования численности видов

Условное обозна-	Название	Возраст, лет	Общая площадь	Кол-во особей	Плотность особей
	Молодняки хвойные	25-30	S1	Z1	R1
	Сосняки старые	70-80	S2	Z2	R2

В дальнейшем, используя построенную модель, можно прогнозировать влияние антропогенных воздействий на экосистемы (например, вырубок, или посадок молодняка) на численность того или иного вида, а также изменения численности особей во времени как результат сукцессионных изменений экосистемы.

### **6.5. Пример построения экологической динамической ГИС нефтегазовых регионов**

Работы по созданию динамических ГИС с использованием данных дистанционного зондирования производятся обычно после установки станции оперативного приема данных со спутников, например, станции типа «Скан-Эр» по приему данных с полярно-орбитального природоресурсного ИСЗ «РЕСУРС» в диапазоне частот 8 ГГц в реальном времени. Принятие такого решения может быть продиктовано такими причинами:

- большая площадь контролируемой территории, отсутствие дорог и высокая стоимость авиационного транспорта;
- оперативность в получении объективной и своевременной информации о состоянии окружающей среды;
- решение о бесплатной беззаявочной передаче информации для пользователей и концепция «открытое небо» Всемирной Метеорологической Организации о свободном доступе к информации всех метеорологических спутников для владельцев средств приема данных.

Для получения необходимой экологической информации используют данные, например, спутникового радиометра типа AVHRR с разрешением 1 км и приборов спутника РЕСУРС: оптических камер с разрешением 35 м, и 150 м., работающими в видимом спектре.

С введением в строй станции приема данных дистанционного зондирования Земли "Скан-Эр" со спутника (РЕСУРС) завершается этап создания системы экологического мониторинга. Причем станция предоставляет возможность:

- получения мультिवременных характеристик объектов мониторинга по временным, сезонным и фенологическим различиям коэффициентов спектральной яркости;
- использования материалов съемки для тематического анализа и принятия решений в ГИС уже через 20-30 минут после сеанса передачи данных.

Исходя из задач построения эко-ГИС нефтегазоносного региона, обычно осуществляют нижеследующие виды мониторинга или контроля.

1. Мониторинг потенциально аварийно-опасных территорий промышленных районов округа.
2. Выявление процессов, усугубляющих развитие аварийных, ситуаций на продуктопроводах и участках добычи, (близость рек, озер и водохранилищ, наличие крупных болотных массивов и их типы).
3. Мониторинг паводковых ситуаций и лесных пожаров.
4. Мониторинг экологической ситуации при строительстве объектов нефтегазодобычи, контроль промышленных выбросов в атмосферу и сбросы сточных вод, контроль промышленного загрязнения акватории и береговой линии, контроль за

эксплуатацией инженерных коммуникаций.

5. Контроль за соблюдением границ водоохранных и санитарных зон при отводе земель и рубке леса, контроль за целевым использованием земельных ресурсов.

6. Создание базы данных (каталога) на всю территорию региона с целью обновления уже имеющихся цифровых карт.

По мере развития ГИС, получаемую многослойную карту дополняют объектами месторождений, лицензионных участков, особо охраняемых территорий (заказников, заповедников), инфраструктурой. Указанная информация может собираться в модуль Analysis. Этот модуль также может быть использован для совмещения растрового космического снимка зоны затопления в период половодья на реках с векторной картой масштаба 1:200000. Благодаря совместимости модуля Analysis с системой ArcView GIS, создают тематические цифровые карты на основе получаемых со спутников снимков и их обновлений.

Примечательно, что изложенный поход может быть использован для создания других динамических ГИС.

Вопросы для самоконтроля:

1. Изложите основные операции в ходе экологического наблюдения (мониторинга) и представление их результатов
2. Перечислите основные объекты мониторинга города
3. Охарактеризуйте основные виды мониторинга города
4. Перечислите основные этапы решения задач экологического мониторинга с использованием ГИС
6. Изложите особенности построения ГИС инвентаризации отходов
7. Перечислите задачи, решаемые в ГИС при инвентаризации отходов.
8. Изложите основные задачи и структура ГИС для оценки состояния окружающей среды и экосистем
9. Проиллюстрируйте типы графических объектов экосистемы на карте и их тематических характеристик
10. Изложите порядок построения экологической ГИС нефтегазовых регионов



## 7. РОЛЬ И МЕСТО ГИС В ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ

### 1.1 Оценка деградации среды обитания

ГИС с успехом используется для создания карт основных параметров окружающей среды. В дальнейшем, при получении новых данных, эти карты используются для выявления масштабов и темпов деградации флоры и фауны. При вводе дистанционных данных, в частности спутниковых и данных обычных полевых наблюдений, с их помощью можно осуществлять мониторинг местных и широкомасштабных антропогенных воздействий.

Данные об антропогенных нагрузках целесообразно наложить на карты зонирования территории с выделенными областями, представляющими интерес с природоохранной точки зрения, например парками, заповедниками и заказниками.

Оценку состояния и темпов деградации природной среды можно проводить и по выделенным на всех слоях карты тестовым участкам.

### 7.2 Оценка загрязнения территорий

С помощью ГИС удобно моделировать влияние и распространение загрязнения от точечных и неточечных (пространственных) источников на местности, в атмосфере и по гидрологической сети. Результаты модельных расчетов можно наложить на природные карты, в частности, на карты растительности или на карты жилых массивов, например по районам, как это сделано для города Днепропетровска (рис 7.1).

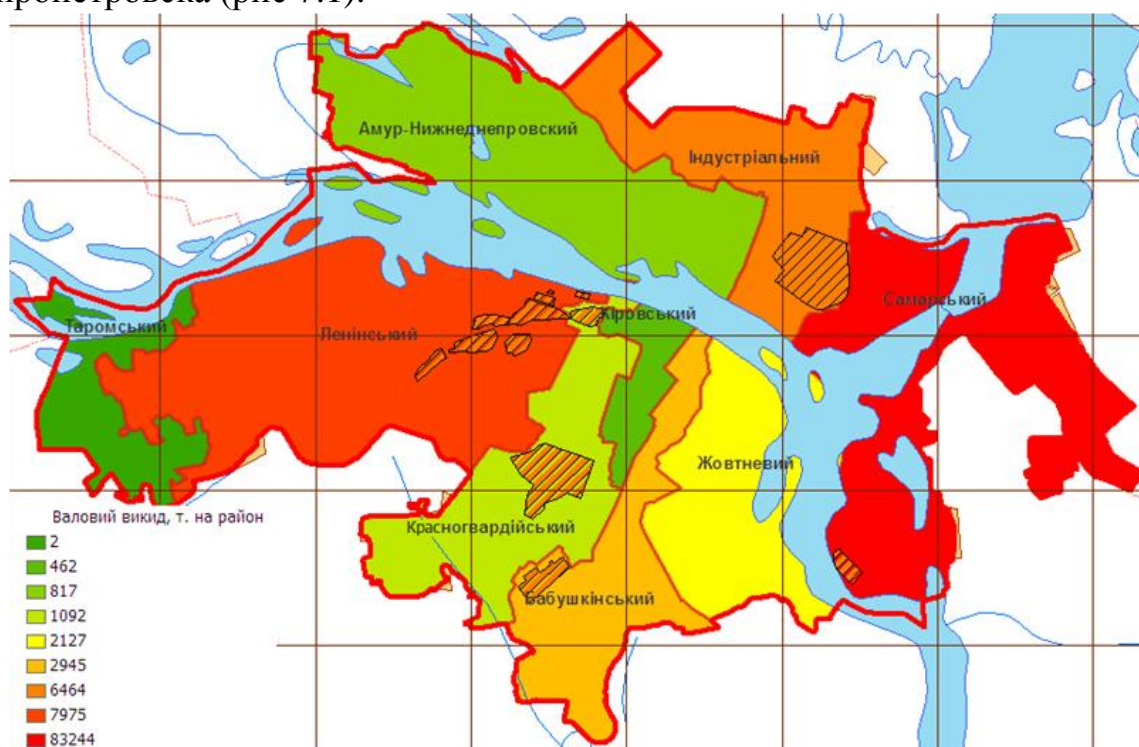


Рис.7.1. Показатели валовых выбросов по районам города

В результате можно оперативно оценить влияние постоянно действующих точечных и площадных загрязнителей, а также ближайшие и будущие последствия разных экстремальных (чрезвычайных) ситуаций

### 7.3 Сбор и управление данными по охраняемым территориям

ГИС позволяет производить сбор и управление данными по охраняемым территориям, таким как заказники, заповедники и национальные парки.

В пределах охраняемых районов можно проводить пространственный мониторинг растительных сообществ ценных и редких видов животных, определять **влияние антропогенных вмешательств**, таких как **туризм, прокладка дорог или ЛЭП**, планировать и доводить до реализации природоохранные мероприятия.

Возможно выполнение и многопользовательских задач, таких как регулирование выпаса скота и прогнозирование продуктивности земельных угодий. Такие задачи ГИС решает на научной основе, то есть выбираются решения, обеспечивающие минимальный уровень воздействия на дикую природу, сохранение на требуемом уровне чистоты воздуха, водных объектов и почв, особенно в часто посещаемых туристами районах.

### 1.4 Решение проблем неохранных территорий

ГИС используют для получения оптимальных решений проблем, связанных с распределением и контролируемым использованием земельных ресурсов, улаживанием конфликтных ситуаций между владельцем и арендаторами земель. Полезным и зачастую необходимым бывает сравнение текущих границ участков землепользования с зонированием земель и перспективными планами их использования.

ГИС также обеспечивает возможность сопоставления границ землепользования с требованиями дикой природы. Например, в ряде случаев бывает необходимым зарезервировать **коридоры миграции диких животных через освоенные территории** между заповедниками или национальными парками.

Постоянный сбор и обновление данных о границах землепользования может оказать большую помощь при разработке природоохранных, в том числе административных и законодательных мер, отслеживать их исполнение, своевременно вносить изменения и дополнения в имеющиеся законы и постановления на основе базовых научных экологических принципов и концепций.

### 7.5 Изучение и восстановление среды обитания

ГИС является эффективным средством для изучения среды обитания, а также восстановления отдельных видов растительного и животного мира в пространственном и временном аспектах.

Если установлены конкретные параметры окружающей среды, необходимые, например, для существования какого-либо вида животных, включая нали-

чие пастбищ и мест для размножения, соответствующие типы и запасы кормовых ресурсов, источники воды, требования к чистоте природной среды, то ГИС поможет подыскивать районы с подходящей комбинацией параметров, в пределах которых условия существования или восстановления численности данного вида будут близки к оптимальным.

На стадии адаптации переселенного вида к новой местности ГИС эффективна для мониторинга ближайших и отдаленных последствий предпринятых мероприятий, оценки их успешности, выявления проблем и поиска путей по их преодолению.

### **7.6 Мониторинг последствий предпринимаемых действий**

Одной из основных сфер применения ГИС является слежение за последствиями предпринимаемых действий на локальном и региональном уровнях. Источниками обновляемой информации могут быть результаты наземных съемок или дистанционных наблюдений с воздушного транспорта и из космоса (с использованием станций приема данных).

Использование ГИС эффективно и для мониторинга условий жизнедеятельности местных и привнесенных видов, выявления причинно-следственных цепочек и взаимосвязей, оценки благоприятных и неблагоприятных последствий предпринимаемых природоохранных мероприятий на экосистему в целом и отдельные ее компоненты, принятия оперативных решений по их корректировке в зависимости от меняющихся внешних условий.

Вопросы для самоконтроля:

1. Поясните, как выполняется оценка деградации среды обитания с использованием ГИС
2. Изложите, как выполняется оценка загрязнения территорий с помощью ГИС
3. Покажите, как выполняется в ГИС сбор и управление данными по охраняемым территориям
4. Покажите, как решаются проблемы неохранных территорий с помощью ГИС
5. Изложите, как с помощью ГИС проводится изучение и восстановление среды обитания
6. Изложите, как осуществляется мониторинг последствий предпринимаемых действий с помощью ГИС

## 8. ГИС КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

### 8.1 Базовые основы системы

ГИС комплексной оценки, моделирования и прогнозирования состояния окружающей природной среды (ОПС) базируется:

- на топографической основе с единой системой координат;
- на базах данных, имеющих единую организацию и структуру и являющихся хранилищем всей информации об анализируемых объектах;
- на наборе программных модулей для получения оценок по ранее разработанным алгоритмам.

ГИС позволяет:

- осуществлять сбор, классификацию и упорядочивание экологической информации;
- исследовать изменения экологического состояния в пространстве и во времени;
- по результатам анализа строить тематические карты;
- моделировать природные процессы в различных средах;
- оценивать ситуацию и прогнозировать развитие экологической обстановки.

Топографическая основа ГИС комплексной оценки окружающей природной среды представляет набор структурированных в виде отдельных слоев данных о местности: реки, озера, дороги, леса, посты контроля и т.д. и служит для визуализации результатов исследований и пространственного анализа. Основной ее информационный единицей являются листы цифровых карт масштаба 1:200000.

База данных ГИС комплексной оценки включает:

- базу результатов контрольных измерений;
- базу характеристик природных объектов;
- базу характеристик источников загрязнения;
- нормативную базу.

База контрольных измерений является основой системы мониторинга состояния окружающей среды, позволяющей оперативно оценивать экологическую ситуацию в заданном районе и представлять ее на карте

ГИС позволяет исследовать динамику загрязнения в пространстве и во времени, в том числе:

- проводить анализ в заданной точке для выбранных показателей по датам наблюдений (временной анализ);
- получать нормированные оценки;
- формировать усредненные оценки по заданному показателю по перечню контрольных постов (пространственный анализ, например состояния водного объекта) и строить тематические карты

## 8.2 Функциональные возможности системы

Единая база природных объектов и источников загрязнения обеспечивает возможность:

- моделирования распространения вредных веществ в воздушной и водной средах;
- исследования и оценки сложившейся обстановки;
- выработки рекомендаций по ликвидации последствий кризисных ситуаций;
- выработки рекомендаций по рациональному природопользованию.

Модели распространения загрязняющих веществ в воде или в воздухе учитывают технологические характеристики предприятий (экологический паспорт), географическое местоположение, метеорологические условия. Реализовать их можно, например, на основе методики ОНД-86. Результатом работы модели является поле концентраций, представленное в виде слоя ГИС (рис. 8.1, 8.2).

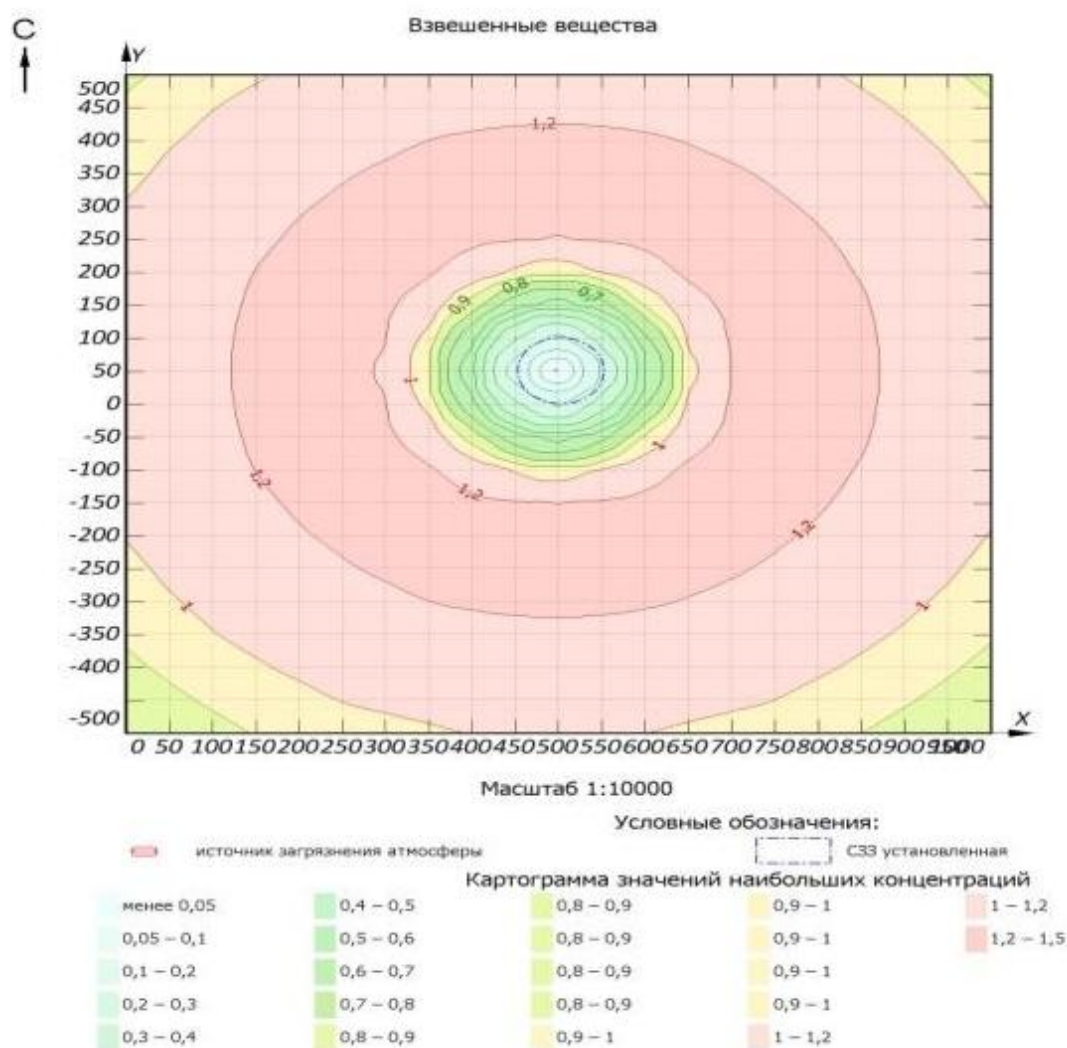


Рис.8.1. Поле концентрации пыли, импортируемое в ГИС в виде слоя



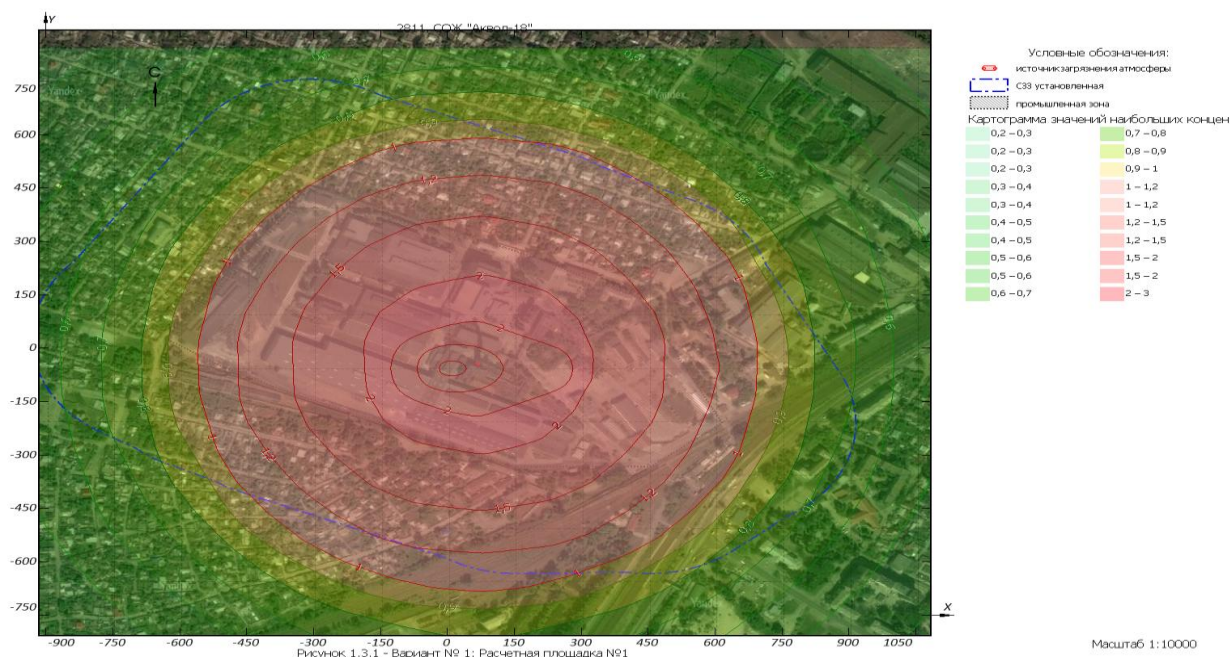


Рис. 8.2. Совмещение поля концентрации и топографической основы (на примере территории завода, расположенного в пределах городской застройки)

Для водотоков может быть реализована подобная модель конвективно-диффузионного переноса загрязняющих веществ от группы водовыпусков в пределах участка или целого водного бассейна с учетом их специфики.

### 8.3 Методы получения комплексной оценки

В ГИС задача объединения разнородных данных для получения комплексных оценок состояния объектов окружающей природной среды может решаться на единой метрологической основе. Для этого служат методы построения нормированных шкал факторов, направленные на объединение различных оценок, учитывающих характеристики достоверности и степени участия каждого фактора.

За нормированную шкалу, например, принимают шкалу с равными отрезками и условными отношениями:

- 0-1 – значительно ниже нормы (ЗНН);
- 1-2 – ниже нормы (НН);
- 2-3 – норма (Н);
- 3-4 – выше нормы (ВН);
- 4-5 – значительно выше нормы (ЗВН).

Для оценки качества результатов контрольных измерений используется нормирование относительно предельно допустимой концентрации (ПДК). Плоскость соответствия нормированных значений контрольных измерений и качественных оценок изображена на рис. 8.3.

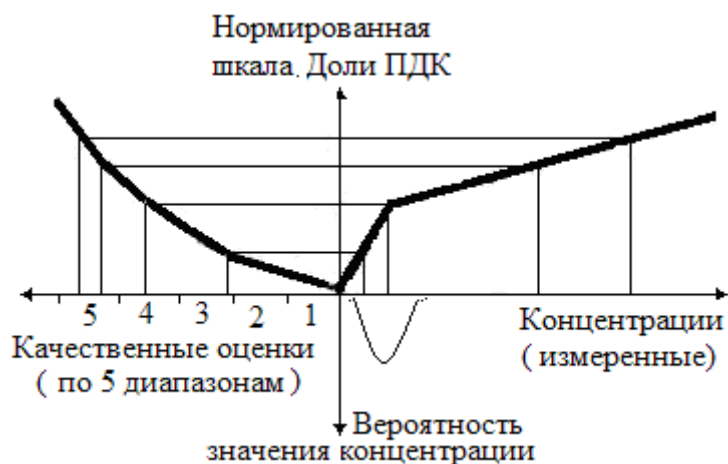


Рис. 8.3. Плоскость соответствия нормированных значений и качественных оценок по принятой выше 5-диапазонной шкале

Каждый результат измерений представляет собой случайную величину, истинное значение которой находится в интервале  $x^* = x \pm ks$ . В этом случае принятие того или иного значения контролируемой величины на нормированной шкале качественных отношений может быть определено как вероятность нахождения значения измеряемой величины в соответствующем интервале значений концентраций.

Выбор граничных значений шкалы зависит от класса опасности вещества и региона обследования, что объясняется конкретной экологической обстановкой и существующей нормативной базой.

В случае, когда для оценки отдельных объектов окружающей природной среды (ОПС) используются сложные характеристики, применяют **обобщенные показатели**. Сложность состоит в том, что качественные шкалы для разных сред и методик различны. В этом случае задача нормирования сложных оценок сводится к приведению таких шкал к нормированной шкале.

В силу малочисленности данных химического анализа часто, наряду с результатами контрольных измерений, используются результаты **обследований, опросов и экспертных оценок**. Причем при обработке результатов обследований значение каждой величины, которая определяет степень загрязненности объекта, может быть связано с нормированными характеристиками объекта. Результаты обработки экспертных оценок суммируются в нормированной шкале. Полученные результаты оценки имеют географическую привязку и могут быть нанесены на **карту экспертных оценок**.

**Комплексная оценка** состояния объектов ОПС (окружающей природной среды) получается в результате объединения данных разного типа (результатов контрольных измерений в разных средах, результатов моделирования, обследования и экспертных оценок). При формировании таких оценок необходимо учитывать важность каждой используемой характеристики.

Такие оценки представляют собой характеристику, получаемую путем суммирования простых оценок с учетом их свойств в пределах групп воздействия, то есть:

$$S^* = \underset{i \in I_s}{*} \{x_i^*, p_{\partial i}, g_{yi}\} \quad (8.1)$$

где:  $*$  – оператор суммирования,  $x_i$  – простая оценка, входящая в множество важных характеристик  $I_s$ ,  $p_{\partial i}$  – оценка степени доверия и  $g_{yi}$  – оценка степени участия  $x$ ; .

Степень доверия характеризует надежность используемой оценки и зависит от способа ее получения. Степень участия определяет вес используемой характеристики при формировании сложной оценки качества объекта экосистемы.

Использование коэффициента участия исключает возможность получения равновероятной характеристики результата в случае суммирования большого числа характеристик и позволяет эксперту получать различные оценки в зависимости от поставленной задачи.

**Комплексная оценка** состояния объектов ОПС представляет собой характеристику, полученную путем суммирования простых и сложных оценок с учетом их свойств

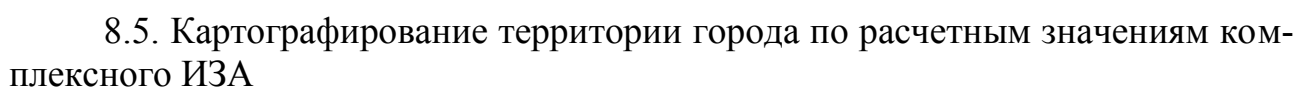
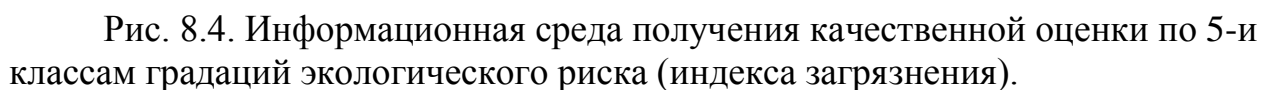
$$O^* = \underset{i \in I_0}{*} \{x_i^*, S_i^* p_{\partial i}, g_{yi}\} \quad (8.2)$$

где:  $*$  – оператор суммирования,  $x_i$  – простая оценка, входящая в множество важных характеристик  $I_0$ ,  $S_i$  – сложная оценка, полученная на основании использования стандартных методик объединения однотипных данных или согласно формуле (8.1) для данных разного типа.

Для формирования сложных оценок на основании однотипных данных выбирается соответствующий слой (с необходимым районом и параметрами) и осуществляется обработка данных в соответствии со стандартными методиками. В случае, когда сложная оценка получается при суммировании данных разного типа, формируется проект из нескольких слоев. Каждому слою назначается коэффициент участия и формируются сложные оценки. Получаемые сложные оценки также являются слоем ГИС. Путем формирования проектов из простых и сложных оценок, а также результатов моделирования, могут быть получены оценки по отдельным средам (воздух, вода, почва и т.д.), которые также являются слоями ГИС. Объединив в единый проект оценки по средам, мы получим комплексную оценку состояния объекта на основании разнородных данных.

Информационная среда получения комплексной оценки обеспечивает объединение и использование распределенной информации, а ГИС технология ее обработку в соответствии с географической или административной привязкой, как показано на рис.8.4, 8.5.





1. Перечислите основные компоненты и возможности ГИС комплексной оценки окружающей природной среды системы
2. Перечислите функциональные возможности ГИС комплексной оценки окружающей природной среды
3. Поясните, как выполняется нормирование и преобразование измеренных значений в шкалу оценок
4. Изложите, как в ГИС формируется комплексная оценка состояния объектов окружающей природной среды

### Литература

1. Геоинформатика. Теория и практика. Вып. 1 / Под. Ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. - Томск: Изд. Томского ун-та, 1998. - 415 с.
2. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС: Учебное пособие. - М: Изд. Комитета ГИС-образования ГИС-Ассоциации, 1997. - 160 с.
3. Светличный А.А., Андерсон В.Н., Плотницкий С.В. Географические информационные системы: технология и приложения. - Одесса: Астропринт, 1997, 196 с.
4. Шайтура С.В. Геоинформационные системы и методы их создания. - Калуга: Изд. Н. Бокачевой, 1998. - 252 с.
5. Саричева Л.В. Комп'ютерний еколого-соціально-економічний моніторинг регіонів. Математичне забезпечення: Монографія. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 222 с.
6. «Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми»; під. ред. Моніков В.В. – Вінниця.
7. Государственная система экологического мониторинга Украины (СЭМ «Украина»). Блок ведомственного экологического мониторинга «Геологическая среда» (БВЭМ ГС). Методология создания. Киев, Геопрогноз, 1994, 19 с.
8. Ляшенко І.М. Економіко-математичні методи та моделі сталого розвитку. Київ: Вища школа, 1999.–236 с.
9. Антонов А.А., и др. Программные средства ГИС под MS WINDOWS //ГИС-обозрение,№4,1996. С.23-25.
10. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС. Изд-во Библион, М.: 1997. 159 с.
11. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М.: Финансы и политика. 1998. 287 с.
12. Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін..] під ред.. В.М. Боголюбова.– Вінниця: ВНТУ, 2010.– 232
13. Матеріали з впровадження нового механізму регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря / За ред. С.С. Куруленка – Київ: ДЕТ Мінприроди України, 2007. – 216 с.]. с.
14. Алексеев В.В., Куракина Н.И. ИИС мониторинга. Вопросы комплексной оценки состояния ОПС на базе ГИС // журнал ГИС-обозрение.–2000.– №19].
15. Алексеев В.В., Куракина Н.И., Орлова Н.В. Геоинформационная система мониторинга водных объектов и нормирования экологической нагрузки // журнал ArcReview.–2006.–№1(36)