

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
**«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Т. Ф. ГОРБАЧЕВА»**

Ю. М. Игнатов

**Геоинформационные системы в горном деле**

Рекомендовано в качестве учебного пособия  
учебно-методической комиссией специальности  
130402 «Маркшейдерское дело»

Кемерово 2012

Рецензенты:

Корецкий С. Б., к.т.н., доцент кафедры маркшейдерского дела, кадастра и геодезии, специальности 130402 «Маркшейдерское дело»

Игнатов Ю. М., к.т.н., председатель УМК специальности 130402 «Маркшейдерское дело»

**Игнатов Юрий Михайлович.** Геоинформационные системы в горном деле: учеб. пособие [Электронный ресурс]: для студентов очной формы специальности 130402 «Маркшейдерское дело»/ Ю. М. Игнатов. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); Зв.; цв.; 12 см. – Систем. требования: Pentium III; ОЗУ 64 Мб; Windows 2000; (CD-ROM-дисковод); мышь. – Загл. с экрана.

В данном учебном пособии изложены состав и структура геоинформационных систем, их классификация и функциональные возможности. Приведено понятие об информационных технологиях и сделан обзор применения горных интегрированных систем в мире. Рассмотрены основные инструменты и команды при работе с ГИС-пакетом MapInfo, возможности программы по построению цифровых карт, созданию баз данных, тематических векторных слоев. Приведены основные требования из нормативных документов к процессу и результатам цифрового картографирования. Показано, что геоинформационное моделирование позволяет создавать цифровые модели пространственных объектов, и является основой для построения и анализа цифровых маркшейдерских планов. Рассмотрены элементы геоанализа «географических полей», для которых независимыми переменными являются пространственные координаты, а зависимыми служат исследуемые количественные показатели.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	6
1.1. Цели и задачи компьютерного моделирования.....	9
горного предприятия.....	9
1.1.1. Цифровые модели массива горных пород.....	10
1.1.2. Цифровые модели горных выработок.....	12
1.1.3. Обзор программного обеспечения.....	12
для горного предприятия.....	12
1.1.4. Система Surpac Vision.....	15
1.1.5. Система Datamine.....	16
1.1.6. Система Mintec.....	19
1.1.7. Система Gemcom.....	20
1.1.8. Результаты анализа возможностей использования интегрированных систем горными предприятиями.....	23
1.2. Геоинформационные модели пространственных объектов.....	24
1.2.1. История развития ГИС.....	28
1.2.2. Принципы работы ГИС.....	30
1.2.3. Задачи цифрового моделирования пространственных объектов.....	31
1.2.4. Разработчики коммерческих ГИС.....	33
1.2.5. Перспективы развития ГИС-технологий.....	36
1.3. Технологии создания цифровых карт и планов.....	39
1.3.1. Ввод данных с бумажных карт и планов.....	40
1.3.2. Использование материалов наземных и подземных съемок.....	45
1.3.3. Ввод атрибутивных данных геообъектов.....	48
1.4. Требования, предъявляемые к цифровым картам.....	50
1.4.1. Структура цифровых карт и планов при создании ГИС.....	55
1.4.2. Нормативная база цифрового картографирования.....	57
1.4.3. Возможности ГИС-технологий для моделирования геомеханической информации.....	61
1.4.4. Возможности ГИС-технологий для создания мониторинга геомеханической информации.....	64
2. СОЗДАНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ПЛАНОВ.....	68
2.1. Команды, процедуры и инструменты в MapInfo.....	69
2.1.1. Инструментальная панель «Команды».....	70
2.1.2. Инструментальная панель «Операции».....	72
2.1.3. Инструментальная панель «Пенал».....	73
2.2. Работа с данными в среде MapInfo Professional.....	74
2.2.1. Размещение информации в таблицах.....	75
2.2.2. Как внести новые данные в MapInfo.....	77
2.2.3. Таблица в виде карты и списка, графики и легенды.....	78
2.3. Выделение слоев карты и работа с ними.....	80
2.3.1. Косметический слой.....	81
2.3.2. Диалог «Управление слоями».....	82
2.2.3. Доступные и изменяемые слои.....	84
2.4. Векторизация графических данных в программе MapInfo.....	85
2.4.1. Выбор стиля и выделение объекта.....	86
2.4.2. Режимы векторизации, изменение масштабов.....	86
2.4.3. Просмотр и редактирование узлов и объектов.....	88
2.4.4. Комбинированные операции с объектами и измерения.....	88
2.4.5. Пространственные топологические отношения и связи между объектами.....	89
2.4.6. Правила цифрового описания топографических объектов.....	94
2.5. Работа с объектами карты с помощью набора инструментов.....	99
2.5.1. Поиск информации.....	100
2.5.2. Создание объектов.....	101

2.5.3. Редактирование объектов .....	103
<b>3. СОСТАВ, СОДЕРЖАНИЕ И ПОПОЛНЕНИЕ</b> .....	<b>105</b>
<b>ЦИФРОВОГО БАНКА ДАННЫХ</b> .....	<b>105</b>
3.1. Проектирование БД .....	106
3.1.1. Позиционная и атрибутивная составляющие БД .....	108
3.1.2. Системы управления БД ГИС .....	110
3.1.3. Поддержка языков управления БД .....	112
3.1.4. SQL-запросы .....	113
3.2. Работа с базами данных в ГИС MapInfo .....	118
3.2.1. Форматы файлов в таблицах .....	119
3.2.2. Создание легенд двух типов .....	119
3.2.3. Сохранение параметров рабочего сеанса в файле «Рабочий набор» .....	121
3.3. Порядок работ по выбору объектов или записей .....	122
3.3.1. Выборка с помощью инструментов .....	123
3.3.2. Выборка с помощью запроса .....	125
3.3.3. Отмена выбора объектов или записей .....	125
3.4. Ввод картографических данных. Геокодирование .....	126
3.4.1. Порядок выполнения операции геокодирования .....	126
3.4.2. Поиск данных на карте и ошибки в данных .....	127
3.4.3. Создание точечных объектов .....	128
3.4.4. Раскодирование таблицы или выбранных записей .....	129
3.5. Качество данных и контроль ошибок .....	130
3.5.1. Позиционная точность данных и типы ошибок .....	131
3.5.2. Точность пространственных данных БД .....	133
3.5.3. Точность атрибутивных данных БД .....	135
3.5.4. Особенности интеграции разнотипных данных .....	136
3.5.5. Актуальность картографических данных .....	138
<b>4. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ И МЕТОДЫ</b> .....	<b>139</b>
<b>ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА</b> .....	<b>139</b>
4.1. Модели пространственных данных .....	140
4.1.1. Картографические и атрибутивные базы данных .....	141
4.2. Цифровая модель географических полей .....	144
4.2. Классификация методов моделирования геополей .....	148
4.2.1. Моделирование в аналитическом виде .....	148
4.2.2. Построение геополей на основе цифровых моделей .....	149
4.2.3. Средневзвешенная интерполяция и метод Шепарда .....	153
4.2.4. Интерполяция и аппроксимация .....	155
с помощью радиальных базисных функций .....	155
4.2.5. Кригинг .....	156
4.3. Тематическое картографирование в ГИС .....	158
4.3.1. Методы цифрового картографирования .....	158
4.3.2. Методы тематического картографирования в ГИС .....	164
4.3.3. Классификация данных в ГИС .....	167
4.4. Зонирование территории .....	172
4.4.1. Задачи зонирования .....	174
4.4.2. Адресный план муниципального образования – .....	175
основа зонирования муниципальной территории .....	175
4.4.3. Градостроительное зонирование .....	180
4.4.4. Функциональное зонирование .....	182
4.4.5. Территориальное планирование .....	185
4.4.6. Информационные системы обеспечения .....	188
градостроительной деятельности .....	188
4.4.7. Автоматизированная информационная система .....	188
Государственного кадастра недвижимости и .....	188
кадастровое деление территории .....	188
4.4.8. Муниципальные геоинформационные системы .....	192
4.5. Прикладные модули .....	193
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>199</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>200</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целью преподавания дисциплины «Геоинформационные системы в горном деле» является изучения теоретических положений, основных методов и технологий геоинформационных систем (ГИС) и приобретение умения использовать ГИС-пакеты в работе по построению цифровых карт и последующему анализу цифровых моделей массива горных пород, приобретение умения использовать ГИС-пакеты в работе по маркшейдерскому обеспечению горных работ.

В данном учебном пособии показано, что геоинформационное моделирование является основным методом создания цифровых моделей пространственных объектов и явлений широкого спектра. Данные, помещаемые в цифровой карте – разномасштабные, разновременные, неравноточностные и пространственно-координированные различными способами, образуют многослойную организованную объектную структуру, которая

является моделью территории. Успехи внедрения ГИС и геоинформационных методов в практику исследований связаны с развитием автоматизации в картографии и математико-картографического моделирования геосистем. В учебном пособии изложены структура и порядок функционирования ГИС. Приведены примеры обработки геодезических данных в ГИС, методика анализа массива нормативных, статистических и других данных, показатели эффективности создания цифровых планов и карт.

Рассмотрены основные информационные аспекты и источники данных зонирования территории угольного пласта. Описаны и на конкретных практических примерах продемонстрированы функциональные возможности MapInfo Professional в зонировании территории угольного пласта, которые сводятся для множества геоданных к построению плоских тематических векторных слоев.

Отмечено, что ГИС-технологии предоставляют возможность интегрировать в единую информационную среду алгоритмы решения многих прикладных задач, что имеет место при создании проблемно-ориентированных автоматизированных систем на основе различных программно-алгоритмических средств.

## **1. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Компьютерное моделирование – это метод решения задачи **анализа или синтеза** сложной системы на основе использования ее цифровой модели с применением программных средств электронно-вычислительных машин (ЭВМ). Процесс построения модели называют моделированием. Самое главное и сложное в компьютерном моделировании – это построение или выбор той или иной модели. Компьютерная модель – это модель реального процесса, реализованная компьютерными средствами.

Модель представляет собой мысленно представляемый объект, замещающий объект-оригинал и сохраняющий те его характеристики, которые наиболее важны для решаемой с помощью этой модели задачи. Модель более доступна для исследования, чем реальный объект. Все способы моделирования можно разделить на две большие группы.

**Компьютерное моделирование для горного предприятия** заключается в создании информационных моделей, которые являются описаниями объектов-оригиналов с помощью карт, планов, схем, графиков, формул, чертежей и т. п. Всякая модель создается для вполне определенной цели, и это в значительной степени определяет ее выбор.

Одним из видов информационного моделирования является математическое моделирование, при котором описания объектов-оригиналов формулируются на языке математики. Соответственно, и исследование таких моделей ведется с использованием математических методов. Некоторые характеристики моделей являются неизменными, другие изменяются по определенным законам. При построении моделей используют два принципа: дедуктивный (от общего к частному) и индуктивный (от частного к общему). При первом подходе рассматривается частный случай общеизвестной фундаментальной модели. Здесь при заданных предположениях известная модель приспособляется к условиям моделируемого объекта. Второй способ предполагает выдвижение гипотез, декомпозицию сложного объекта, анализ, затем синтез. Здесь широко используется подобие, аналогичное моделирование, умозаключение с целью формирования каких-либо закономерностей в виде предположений о поведении системы.

Первые работы по компьютерному моделированию были связаны с физикой, где с помощью моделирования решался целый ряд задач гидравлики, фильтрации, механики твердого тела и т. д. Моделирование в основном заключалось в решении сложных нелинейных задач математической физики с помощью итерационных схем. Успехи математического моделирования в физике способствовали распространению его на задачи химии, электроэнергетики, биологии и другие дисциплины, причем схемы моделирования не слишком отличались друг от друга. Сложность решаемых на основе моделирования задач ограничивалась лишь мощностью имеющихся ЭВМ.

В настоящее время понятие «компьютерное моделирование» связывают с системным анализом – направлением кибернетики, впервые заявившим о себе в начале 50-х годов при исследовании сложных систем при создании автоматизированных экономико-

организационных систем управления в макроэкономике и биологии.

Сегодня под компьютерной моделью понимают:

– условный образ объекта или некоторой системы объектов, описанный с помощью взаимосвязанных компьютерных таблиц, блок-схем, диаграмм, графиков, рисунков, гипертекстов и т. д., и отображающий структуру объекта и взаимосвязи между его элементами. Компьютерные модели такого вида называются структурно-функциональными;

– отдельную программу, совокупность программ, программный комплекс, позволяющий с помощью последовательности вычислений и графического отображения их результатов, воспроизводить (имитировать) процессы функционирования объекта, системы объектов при условии воздействия на объект различных, как правило, случайных, факторов. Такие модели называют имитационными.

Геоинформационное моделирование позволяет объединить эти две группы моделирования. Оно заключается в цифровом представлении геообъектов (на карте, на схеме, на плане и т. п.) в виде векторных моделей: точек, полилиний, областей, поверхностей или их комбинаций и интегрированные с ними в единой информационной среде базы данных (БД). В качестве БД могут использоваться таблицы, паспорта, иллюстрации и т. п. ГИС может содержать отдельный модуль – программный комплекс, позволяющий с помощью последовательности вычислений и графического отображения их результатов, воспроизводить (имитировать) процессы функционирования объекта, системы объектов при условии воздействия на объект различных факторов. Такая интеграция значительно расширяет возможности системы и позволяет упростить аналитические работы с координатно-привязанной информацией и может позволить прорабатывать сценарии – «что будет, если...».

Компьютерное моделирование для шахты заключается в создании комплекта информационных моделей горных выработок и полей геологических условий. Информационная модель горных выработок должна содержать их местоположение на цифровом плане и набор их характеризующих свойств (атрибутов) и размещения непрерывного поля геологических природных

условий. Модель полей геологических условий в цифровом представлении заключается в описании способа определения значения показателя в произвольной точке области моделирования, основанного на данных в опорных точках, либо в аналитическом виде, либо в виде некоторого алгоритма, задающего последовательность операций для вычисления значения показателя.

### **1.1. Цели и задачи компьютерного моделирования горного предприятия**

Целью компьютерного моделирования горного предприятия является получение качественных и количественных выводов на основе анализа созданной информационной модели.

Качественные выводы, получаемые по результатам анализа, позволяют обнаружить неизвестные ранее свойства сложной системы: ее структуру, динамику развития, устойчивость, целостность и др. Количественные выводы носят характер объяснения прошлых и прогноза будущих значений переменных характеризующих систему.

В настоящее время компьютерное моделирование в научных и практических исследованиях является одним из основных инструментов познания. Компьютерное моделирование начинается с объекта изучения, в качестве которого могут выступать: процесс, предметная область, явления, задачи. После определения объекта изучения строится модель. При построении модели выделяют основные, доминирующие факторы – модельные параметры, отбрасывая второстепенные, и выстраивают отношения между ними. На этой основе создают алгоритмы и программы, решающие ту или иную задачу.

В компьютерном моделировании присутствуют все важнейшие элементы развивающего обучения и познания: конструирование, описание, экспериментирование и т. д. В результате добываются новые знания об исследуемом объекте-оригинале. Модель полезна, когда она хорошо согласуется с реальностью и помогает понять, почему происходят те или иные явления. Когда программа готова, проводят компьютерный эксперимент и анализ полученных результатов моделирования при вариации модельных параметров. В зависимости от результатов этого анализа

корректируют либо алгоритм, либо модель, уточняя понимание самого объекта исследования.

**Задача компьютерного моделирования горного предприятия** заключается в сборе и анализе всей информации о горном массиве и существующей сети горных выработок для принятия проектных и плановых решений (составления плана горных работ, разработке мероприятий по профилактике выбросов угля и газа и др.)

**Задача моделирования горного массива** заключается в описании способа определения значения некоторого показателя в произвольной точке области моделирования, основанного на данных в опорных точках, либо в аналитическом виде, либо в виде некоторого алгоритма, задающего последовательность операций для вычисления значения показателя. Геоанализ «пространственных полей», для которых независимыми переменными являются пространственные координаты, а зависимыми служат исследуемые количественные показатели, может выполняться с помощью прикладных программ (модулей).

### **1.1.1. Цифровые модели массива горных пород**

При создании цифровой модели горного массива (ЦМГМ) в качестве моделируемого показателя выступает значение высоты  $Z$  всех точек рассматриваемой области значений координат плоскости  $XOY$ .

ЦМГМ обладает рядом преимуществ перед другими способами моделирования.

1. Оно позволяет вскрыть внутреннюю структуру объекта или процесса (например, анализ размещения показателя в пространстве при помощи аппарата гармонического анализа или методов кибернетики), с количественных позиций подойти к объяснению генетических особенностей размещения.

2. Оно дает в руки исследователя методы для совокупного анализа основных свойств размещения или раздельного их изучения в зависимости от практических требований.

3. Реализация алгоритмов моделирования на ЭВМ дает возможность повысить сложность модели, резко увеличить скорость и объемы перерабатываемой информации, позволяет апробиро-

вать большое число вариантов модели, выбрать из них оптимальные.

4. Позволяет оценить закономерную составляющую каждого из пространственных полей показателей, об уровне случайной составляющей (дисперсии) размещения показателей.

Для учета этих особенностей необходимо, чтобы метод построения математической модели размещения отдельного показателя или их системы позволял:

- строить математические модели разной размерности;
- объективно выбирать аргументы и вид математической модели;
- переходить к графическому изображению математической модели в виде изолиний показателя;
- оценивать точность значений показателей и самого метода.

В истории развития методов моделирования и анализа рельефа на основе компьютерных технологий можно выделить два основных этапа.

На первом из них (конец 50-х – начало 70-х годов) основной целью было автоматизировать как можно больше картографических и исследовательских видов работ, выполнявшихся ранее вручную. Попытки уделить внимание качественной стороне разрабатываемых методов упирались в недостаточные объемы памяти и низкое быстродействие компьютеров.

Начало второго этапа можно условно отнести к концу 70-х годов, когда стали появляться относительно недорогие персональные компьютеры и рабочие станции. В это время довольно быстро произошла смена ориентации разработок с количественной на качественную. Особенно бурное развитие в этом направлении происходило в 90-е годы. Это стало возможным благодаря техническому прорыву, приведшему к созданию недорогих и мощных компьютеров, а также высококачественных графических устройств. Тенденция к качественному совершенствованию сохраняется и сейчас. Принципиально новые достижения появляются, в основном, в области анализа ЦМР. Появляющиеся новые методы моделирования или постобработки моделей с целью улучшения их качества в первую очередь используются производителями цифровых моделей рельефа (ЦМР), государственными

и частными. Коммерческие ГИС, за некоторыми исключениями включают такие методы с большим запозданием или не включают вовсе. Такое смещение акцентов происходит благодаря широкому внедрению геоинформационных технологий в географические исследования. Развитие моделирования и визуализации, вызвано появлением новых методов анализа и повышением качества цифровых картографических данных

### **1.1.2. Цифровые модели горных выработок**

Геометрическое описание и структура цифровых моделей являются исходными данными для информационно-вычислительных систем, обеспечивающих решение задач природопользования. По установившейся терминологии такие системы называют предметно-ориентированными ГИС, которые предполагают наличие:

- тематических баз данных (БД);
- графических БД;
- связи между тематическими и графическими БД;
- методов обработки, реализующих специфику области применения.

Для обеспечения эффективности создания требуемой ГИС необходимо использовать в качестве ядра системы стандартное программное обеспечение. Таким образом, наиболее предпочтительный порядок разработки ГИС выглядит следующим образом:

- выбор наиболее подходящего программного продукта, который будет использоваться в качестве программного ядра ГИС;
- описание структуры БД и создание тематических БД;
- разработка кодификатора объектов;
- создание графической БД;
- использование разработанных методов решения задач для включения их в разрабатываемую ГИС.

### **1.1.3. Обзор программного обеспечения для горного предприятия**

Персональные компьютеры обладают мощностью и скоростью, достаточной для решения очень сложных проблем. На гор-

ных предприятиях используются пакеты программ для геологии, горного планирования, маркшейдерии и различных производственных нужд. Эти программы покупаются у специализированных компаний или разрабатываются на самом предприятии. В любом случае они автоматизируют решение отдельных задач и оцениваются в соответствии с тем, насколько они подходят для нужд конкретного производства.

Сегодня на мировом рынке коммерческих компьютерных программ для горных предприятий работают десятки фирм, предлагающих более 1000 программных продуктов различного класса, предназначенных для автоматизации самых различных функций управления горным производством.

В мире имеется пять лидирующих компаний по продажам интегрированных систем: Gemcom, Mapper, Mintec, Surpac, Datamine. Сравнительная диаграмма использования ИС в мире на горных предприятиях по данным из Internet приведена на рис. 1.



Рис. 1. Диаграмма использования интегрированных систем (по данным из Internet)

Обычный набор функций интегрированной системы включает в себя:

1. Управление Базами Данных.
2. Интерактивная 3-х мерная графика и картирование.
3. Статистическая и геостатистическая обработка информации.
4. Трехмерное моделирование геологических объектов и поверхностей.
5. Проектирование открытых и подземных горных работ.
6. Планирование развития рудников и календарное планирование.
7. Маркшейдерские расчеты.

В системах разных компаний обычно предлагаются дополнения к стандартному набору, которые заметно расширяют возможности программного продукта. Большинство ИС работают с различными операционными системами (Windows, Unix и т. д.), на любых платформах, а также имеют интерфейсы для работы с практически любой периферией (плоттерами, дигитайзерами, сканерами и т. д.).

ИС предоставляют пользователю колоссальный набор инструментов. Большинство серьезных систем рассчитано на работу в многопользовательском режиме в сетях. Такая конфигурация позволяет очень быстро обрабатывать громадные объемы информации, одновременно запускать несколько программ, а также в полной мере использовать все возможности 3-х мерной динамической графики. Далее рассмотрим функциональные возможности интегрированных систем.

#### **1.1.4. Система Surpac Vision**

Австралийская компания Surpac Software International является автором широко распространенной в мире (около 1000 пользователей), динамично развивающейся и мощной системы Surpac Vision, которая состоит из следующих модулей:

1. Обработка геологоразведочной информации.
2. Обработка данных по скважинам, включая каротаж.
3. Моделирование и оценка запасов месторождений, включая геостатистику.
4. Проектирование карьеров и БВР.
5. Проектирование подземных рудников и БВР.
6. Маркшейдерские расчеты.
7. Календарное планирование.

Система имеет большую библиотеку стандартных символов и изображений для создания высококачественной графики. Дополнительно поставляются следующие модули. Pit Optimisation – базируется на алгоритме Lerchs Grossman и работает непосредственно с блочной моделью, создаваемой в Surpac Vision. MineSched – это современный и динамичный инструмент для календарного планирования открытых и подземных горных работ. С ним горный инженер способен очень гибко выбирать время и

место будущих работ. Результаты экспортируются в Microsoft Excel и Project для создания таблиц, графиков и презентаций. Модуль начал развиваться 5 лет назад и сейчас используется почти на 100 рудниках в более чем 20 странах мира. Этот продвинутый планировщик работает непосредственно с блочной моделью месторождения, включая модели Датамайн. Графики производства могут составляться за несколько минут, позволяя быстро анализировать много сценариев.

Горные работы могут производиться одновременно в любом количестве забоев. Эти забои могут быть в одном карьере или представлять собой несколько карьеров (очистных блоков подземного рудника). Планирование подземных горных работ обеспечивает необходимое опережение вскрытия и подготовки запасов горизонтов. Система (график проходки) подготовительных выработок может создаваться интерактивно или автоматически. Этот инструмент подходит как для перспективного так и для текущего планирования. Весь процесс может быть автоматизирован, поэтому для создания нового варианта плана требуется нажатие всего одной кнопки. Maximiser – это инструмент для средне и долгосрочного планирования горных работ. Он дает горному инженеру возможность максимизировать вашу доходность в период жизни рудника, учитывая все реальные ограничения. Модуль был создан на принципах стратегического планирования и способен быстро найти оптимальное решение для обеспечения фабрики сырьем нужного качества с наименьшими затратами. Оптимизация чаще всего производится по критерию максимума NPV.

### **1.1.5. Система Datamine**

Компания Mineral Industry Computing Ltd разработала и постоянно совершенствует интегрированную систему Datamine.

Это одна из наиболее распространенных в мире систем (более 300 пользователей, в т. ч. в СНГ: МНПО «Полиметалл», АК «Алмазы России-САХА», Институт Гипроникель, АО «Карельский Окамыш», Казцинк, Оксус Ресоурсес и т. д.), позволяющая специалистам эффективно решать широкий спектр геологических, горных и маркшейдерских задач. Она работает на всех

стандартных платформах со всеми главными операционными системами. Компьютерные продукты Датамайн в совокупности сегодня представляют собой наиболее мощную и гибкую систему в мире для моделирования рудных месторождений и проектирования горных работ. Система представляет собой реляционную базу данных (собственная разработка компании) и набор объединенных с ней модулей, которые пользователь может выбирать, исходя из специфики предприятия и решаемых задач. Датамайн может успешно работать с любыми видами полезных ископаемых: рудами черных и цветных металлов, горно-химическим сырьем, драгоценными камнями, углем, нефтью, индустриальными минералами и т. д.

Главный продукт системы – Датамайн-Студио создан на основе центрального Ядра, обеспечивающего гибкую, всеобъемлющую обработку и графический вывод информации, находящейся в реляционной Базе данных. Датамайн-Студио имеет новый стандартный интерфейс, позволяющий пользователям непосредственно обмениваться информацией с наиболее распространенными в мире компьютерными системами, а также писать макросы с помощью Javascript или VBScript в формате HTML. Эти макросы могут затем загружаться в систему для запуска и сопровождения желаемого пользователем набора процессов Датамайн. В составе рабочих окон Датамайн-Студио имеется Окно проектирования, которое рассчитано, прежде всего, на интерактивную графику (показ и манипуляция точками, линиями, данными опробования, создание и редактирование каркасных моделей тел и поверхностей, интерактивное создание чертежей).

Основные модули Датамайн-Студио:

1. Геостатистический анализ включает инструменты для построения вариограмм, их анализа и интерактивной подгонки моделей. Также включает в себя перекрестную проверку выбранных моделей вариограмм (cross-validation), несколько видов трехмерного кригинга, оценку извлекаемых запасов и т. д.

2. Моделирование месторождений. Этот модуль обеспечивает все возможности для построения, просмотра, оценки и редактирования блочных моделей месторождений. Интерполяция содержаний металлов и других показателей производится традиционными и геостатистическими методами.

3. Каркасное моделирование пространственных тел и поверхностей. Включает в себя набор полуавтоматических и интерактивных трехмерных инструментов для создания, модификации, показа и оценки замкнутых и топографических каркасных моделей.

4. Моделирование складчатых структур – технология расчета характеристик и моделирования геологических объектов со складчатой структурой с помощью их развертывания.

5. Маркшейдерские построения и расчеты. Набор специализированных программ для маркшейдеров, автоматизирующий практически все вычисления, процесс создания и вывод необходимой графики.

6. Проектирование и планирование открытых горных работ. Включает в себя полуавтоматические и интерактивные трехмерные инструменты для создания, модификации, показа проектов и планов открытых горных работ. Обеспечивает контроль углов откоса уступов и карьерных дорог при их проектировании.

7. Календарное планирование горных работ. Содержит в себе инструменты, необходимые для многовариантной и эффективной разработки краткосрочных, среднесрочных или долгосрочных планов развития горных работ. План может содержать большое число разных рудопотоков, а также заданное количество целей и ограничений.

8. Оптимизация процесса усреднения руды. С помощью этого модуля можно оптимизировать характеристики рудопотоков предприятия для заданных критериев качества руды и имеющихся горных ограничений.

9. Краткосрочное планирование открытых горных работ. Включает в себя инструменты для проектирования размещения буровзрывных скважин в границах блоков на карьерах. Там же имеется программа, позволяющая планировать последовательность отработки этих блоков для получения рудопотоков требуемого качества

10. Система управления запасами руды на складах – позволяет оптимизировать рудопотоки на обогатительную фабрику.

11. Проектирование и планирование подземных горных работ. Содержит полуавтоматические и интерактивные трехмерные

инструменты для создания, модификации и показа проектов систем горных выработок на подземных рудниках.

12. Проектирование массовых взрывов на подземных рудниках. Оптимизация размещения и выемочных блоков на карьерах и подземных рудниках методом плавающего конуса. Этот модуль позволяет быстро и легко определить геометрию и наилучшую позицию экономически целесообразных забоев в пределах рудного тела. Процесс работает по известному алгоритму плавающего конуса, используемому для оптимизации карьеров.

13. Трехмерный Стереонет, предназначенный для анализа структуры месторождения (анализ данных простирания и падения различных систем трещин), и определения углов их пересечения с горными выработками на заданных участках.

14. Многомерная статистика для анализа геохимической информации.

### **1.1.6. Система Mintec**

Американская компания Mintec Inc. сравнительно давно (с 60-х годов) одна из первых вышла на рынок со своей интегрированной системой Medsystem. Фирма насчитывает более 300 пользователей и в последнее время стремится дать системе второе дыхание. Новое название главного компьютерного продукта – MineSight. Система особенно широко распространена на горных предприятиях США и Канады. Она имеет кроме Ядра пять основных модулей, каждый из которых – набор нескольких или многих специализированных программ:

1. Моделирование месторождений. Создание и управление базой геологической информации, компонование информации по буровым скважинам, геостатистика, геологическая интерпретация, каркасное моделирование поверхностей и замкнутых объектов, блочное моделирование, всесторонняя оценка минеральных ресурсов.

2. Проектирование горных работ. Трехмерное моделирование, оптимизация карьеров по Лерчу-Гроссману, проектирование карьеров, отвалов и складов, проектирование БВР на карьерах и шахтах, проектирование подземных рудников.

3. Планирование горных работ. Интерактивное планирова-

ние, планирование открытых и подземных горных работ, достижение требуемых параметров плана (тоннаж, качество рудопотоков), сохранение результатов планирования и создание презентаций, планирование на карьерах, календарное планирование на длительную перспективу, детальное проектирование фаз развития карьеров, стратегическое планирование планирование работы транспортно-погрузочного оборудования.

4. Контроль за горными процессами система контроля качества руды, управление базой данных эксплуатационного (шламового) опробования, система корректного распределения материалов по рудопотокам, сопоставление плановых и реальных данных, оценка качества материала в любом месте рудопотока, связь и обмен информацией с используемыми GIS- и CAD-программами.

5. Инструменты общего назначения

### **1.1.7. Система Gemcom**

Система Gemcom for Windows – программный продукт фирмы Gemcom Software International (Канада).

Штаб-квартира фирмы находится в Ванкувере, несколько региональных офисов – на всех континентах мира. Система используется во многих странах мира с развитой горнодобывающей промышленностью. Gemcom активно работает в США, Канаде, Австралии, ЮАР, ряде стран Азии, Латинской Америки, Африки, Европы. Gemcom заинтересован в серьезном и долговременном сотрудничестве с горнодобывающими предприятиями России и других стран СНГ. Фирма предприняла реальные шаги, направленные не только на продвижение своего программного продукта на этот рынок, но и на создание соответствующей инфраструктуры, обеспечивающей обучение и техническую поддержку пользователей системы. В России и СНГ интересы Gemcom Software International представляет фирма НВК «ВИСТ», работающая в тесном сотрудничестве с компанией Gemcom. Система является одной из самых распространенных в мире и включает в себя следующие основные модули:

1. Управление данными геологоразведки.
2. Геологическое опробование.

3. Моделирование месторождений.
4. Геомеханические расчеты.
5. Проектирование карьеров и шахт.
6. Планирование горных работ.
7. Календарное планирование и производственная программа.
8. Маркшейдерские расчеты.
9. Управление работой горного оборудования.
10. Экологическое моделирование.
11. Управление документооборотом предприятия.
12. Контроль производства.

Программы системы построены таким образом, чтобы работать в отдаленных местах, главным образом – на горных предприятиях. В последнее время Джемком разработал на основе своей системы специальный продукт, который они назвали IRAMS (The Integrated Resource Asset Management System). Это интегрированная компьютерная система управления минеральными ресурсами, которая может использоваться на большинстве горных производств и выполнять различные операции, характерные для горных предприятий. Она способна управлять запасами руды и оптимизировать оценку минерального сырья, планировать горные работы и погашение запасов, что является стержнем любого горного производства. Gemcom представляет собой комплексную систему, позволяющую решать практические задачи инженерного обеспечения горного производства при добыче твердых полезных ископаемых как открытым, так и подземным способом. Поддерживается многопользовательский доступ к базе данных. Интерактивная двух- и трехмерная визуализация обрабатываемых пространственных данных. Открытая среда системы с возможностью написания и подключения программ на языке Visual Basic. Относительная простота в освоении и использовании. Программа рассчитана на эксплуатацию в отдаленных местах при минимуме технической поддержки и обучения. Система Gemcom имеет многомодульную структуру, что позволяет ее гибко модифицировать для различных практических задач. Один из модулей играет особую роль и представляет собой ядро системы. Он обеспечивает все базовые и системные функции пакета. Другие модули являются прикладными – каждый из них позволяет решать опре-

деленную функционально и логически выделяемую группу задач. Для каждого конкретного предприятия и конкретного рабочего места может быть рекомендован определенный набор модулей, отвечающий его специфике. Такой набор всегда включает модуль ядра системы. Фирма Gemcom предлагает несколько стандартных наборов модулей программного обеспечения, соответствующих требованиям характерных областей применения системы. Это наборы для геологоразведки, для интерпретации геологоразведочных данных, построения модели месторождения и подсчета запасов, для решения горных инженерных задач подземной разработки, для решения горных инженерных задач открытой разработки, для маркшейдерии на открытых и подземных горных работах. Помимо стандартных, возможно формирование специальных наборов модулей, отвечающих специфике функций и требований конкретного рабочего места специалиста. Кроме того, программное обеспечение Gemcom может поставляться и внедряться на предприятиях в сочетании с дополняющими ее системами других фирм. Ниже представлен список основных модулей Gemcom с кратким комментарием по их назначению:

1. База данных (Workspace). Функции по работе с базой данных.
2. Печать (Plotting). Подготовка и вывод на печать графических документов.
3. Скважины (Drillholes). Функции по работе с геологоразведочными скважинами. Манипулирование данными, визуализация и обработка данных.
4. Точки и линии (Points and Polylines). Функции создания и редактирования точек и линий.
5. Полигоны (Polygons). Функции создания и редактирования полигонов. Инструмент интерпретации геологоразведочных данных на разрезах и погоризонтных планах.
6. Поверхности (Surfaces). Функции создания, визуализации триангуляционных поверхностей. Манипуляции с поверхностями.
7. Объемные тела (Solids). Функции создания, визуализации каркасных моделей объемных тел. Манипуляции с объемными телами.
8. Блочные модели (Block Models). Блочное моделирование.

9. Сеточные модели (Grids). Сеточное моделирование поверхностей.

10. Статистика (Statistics). Статистический анализ исходных данных.

11. Объемы (Volumetrics). Функции подсчета объемов, запасов.

12. Проектирование карьеров (Pit Design). Функции построения детальной геометрической модели карьера.

13. Optech интерфейс (Optech Interface). Интерфейс с прибором для съемки пустот фирмы Optech (Канада).

14. Whittle интерфейс (Whittle Interface). Интерфейс с программным обеспечением фирмы Whittle для оптимизации проектных решений по открытым горным работам.

15. Календарное планирование (Go Scheduler). Функции детального календарного планирования открытых горных работ.

16. Планирование горных работ (Cut Evaluation). Функции планирования горных работ.

17. Маркшейдерия (Survey). Обработка данных маркшейдерской съемки, вынос проектных точек и контуров в натуру, пополнение и обновление цифровой модели горных работ.

Сделан перевод программного обеспечения и документации по системе на русский язык. Свыше 1600 систем GEMCOM используются горнодобывающими и геологическими компаниями в более чем 60 странах мира. В СНГ систему используют РАО «Норильский никель», «Бурятзолото», «Корякгеолдобыча», Южноуральская горно-рудная компания, «Карельский окатыш», ОАО «Высочайшее», Кумтор оперейтинг компани, Славянский университет (Киргизия) и др.

### **1.1.8. Результаты анализа возможностей использования интегрированных систем горными предприятиями**

Пользователи будут искать замену интегрированным системам по пяти причинам:

1. ИС не способны решать все проблемы и при этом необходимо потратить много средств на начальное обучение персонала.

2. С некоторыми программами ИС способны работать только эксперты.

3. Решение специфических задач (например, построение изолиний) на ИС требуют много времени и трудозатрат, а с помощью недорогих программ решаются легко и быстро.

4. ИС часто используют собственный формат данных; импорт – экспорт информации бывает затруднен.

5. Стоимость ИС слишком велика и составляет примерно 70 тыс. долларов.

## **1.2. Геоинформационные модели пространственных объектов**

Частным случаем информационных моделей являются геоинформационные, т. е. информационные модели территории. Традиционными задачами, решаемыми в ГИС, являются обработка и анализ геопространственных данных с целью отображения на карте, плане или схеме местности. Результатами анализа, как правило, являются параметры относительного сравнения тех или иных участков земной поверхности по каким-либо характеристикам (плотности населения, вероятности загрязнения промышленными отходами, устойчивости зоны приема радиосигналов, качеству обслуживания клиентов). Проведение такого сравнения и получение в качестве результата наглядного представления об отличии одних объектов от других решается построением тематических карт.

Активное развитие САПР и Систем управления базами данных (СУБД) во второй половине 20-го века привело к возникновению геоинформационных технологий (ГИС), которые базируются на геоинформационном моделировании геообъектов и геоявлений.

Геоинформационное моделирование геообъектов и геоявлений заключается в цифровом двумерном или трехмерном их представлении в виде векторных моделей: точек, полилиний, областей, поверхностей или их комбинаций, сформированных на основе разнообразных пространственных данных. Векторные модели геообъектов называют также «объектами ГИС» или «ГИС-объектами».

ГИС – это средство визуализации пространственной информации и возможность ее представления в динамическом режиме. Геоинформационные системы могут включать природную, био-

логическую, культурную, демографическую или экономическую информацию.

ГИС – это система для сбора, хранения, анализа и представления картографической информации. Для того чтобы ГИС могла оперативно реагировать на любую новую ситуацию, используется наложение на один и тот же пространственный контур разнообразной тематической информации, включая вновь полученную информацию о территории. Благодаря этой возможности ГИС позволяет моделировать процессы и явления и отслеживать изменения их состояния во времени.

ГИС – это интегрированные в единой информационной среде электронные пространственно-ориентированные изображения (карты, схемы, планы и т. п.) и базы данных (БД). В качестве БД могут использоваться таблицы, паспорта, иллюстрации и т. п. Такая интеграция значительно расширяет возможности системы и позволяет упростить аналитические работы с координатно-привязанной информацией. Геоинформационные системы объединяют картографические и фактографические базы данных, инструменты, позволяющие манипулировать этими данными, и программно-аналитические средства для проведения их целевой обработки.

ГИС характеризуются следующими преимуществами по сравнению с другими информационными системами:

- наглядность представления семантической информации из БД за счет отображения взаимного пространственного расположения данных;
- увеличение информационной емкости продукта за счет связи пространственно-ориентированных изображений с информацией из БД;
- улучшение структурированности информации и, как следствие, повышение эффективности ее анализа и обработки;

Традиционный набор функций ГИС при работе с картой включает:

- показ карты в различных масштабах;
- выбор набора слоев информации для показа;
- зависимость внешнего вида объектов от их семантических характеристик;
- оперативное получение информации об объекте при выбо-

ре его курсором мыши;

– возможность распечатки любых фрагментов карты.

На отечественном рынке создание ГИС сдерживается дороговизной специализированных программных средств, длительными сроками разработки и высокими требованиями к «компьютерной» квалификации персонала.

В настоящее время уже появился ряд отечественных и зарубежных прикладных пакетов программ, которые поддерживают геоинформационные принципы обработки и анализа пространственных данных. Явное преимущество ГИС перед САД-системами заключается в полнофункциональном использовании СУБД.

При решении задач социального и технического регулирования в системах управления используется масса пространственной информации: топография, гидрография, инфраструктура, коммуникации, размещение объектов.

Графическое представление какой-либо ситуации на экране компьютера подразумевает отображение различных графических образов. Сформированный на экране ЭВМ графический образ состоит из двух различных с точки зрения среды хранения частей – графической «подложки» или графического фона и других графических объектов. По отношению к этим другим графическим образам «образ-подложка» является «площадным», или пространственным двухмерным изображением. Основной проблемой при реализации геоинформационных приложений является трудность формализованного описания конкретной предметной области и ее отображения на электронной карте.

Другой важной задачей, решаемой при помощи геоинформационных систем, является геокодирование – связывание записей базы данных, содержащих информацию о географическом положении объекта с реальным векторным элементом.

Таким образом, геоинформационные технологии предназначены для широкого внедрения в практику методов и средств работы с пространственными данными, представляемыми в виде системы электронных карт, и предметно-ориентированных сред обработки разнородной информации. Основным классом данных геоинформационных систем являются координатные данные, содержащие геометрическую информацию и отражающие пространственный аспект.

Векторные модели основаны на представлении геометрической информации с помощью векторов, занимающих часть пространства, что требует при реализации меньшего объема памяти. Используются векторные модели в транспортных, коммунальных, маркетинговых приложениях ГИС.

Растровое изображение представляет собой набор значений для отдельных элементарных составляющих (ячеек). Оно подобно сканированной карте или картинке. Вся изучаемая территория разбивается на элементы регулярной сетки или ячейки. Множество ячеек образует решетку, растр, матрицу. Каждая ячейка содержит только одно значение и является пространственно заполненной, поскольку любое местоположение на изучаемой территории соответствует ячейке растра, иными словами, растровая модель оперирует элементарными местоположениями. Если в растровой модели данных наименьшим элементом изображения является квадрат , то сеть называется регулярной прямоугольной решеткой, а если треугольник,  то сеть называется регулярная треугольной решеткой.

Таким образом, векторная модель содержит информацию о местоположении объекта, а растровая о том, что расположено в той или иной точке объекта.

Цифровая карта может быть организована в виде множества слоев (покрытий или карт подложек). Слои в ГИС-комплект моделей, построенных на основе объединения (типизации) пространственных объектов, имеющих общие функциональные признаки. Совокупность слоев образует интегрированную основу графической части ГИС.

Важным моментом при проектировании ГИС является размерность модели. Применяют двухмерные модели координат (2D) и трехмерные (3D). Двухмерные модели используются при построении карт, а трехмерные – при моделировании геологических процессов, проектировании инженерных сооружений (плотин, водохранилищ, карьеров и др.), моделировании потоков газов и жидкостей.

Большинство современных ГИС осуществляет:

- сбор первичных данных;
- накопление и хранение информации;

- обработку информации;
- различные виды моделирования (семантическое, имитационное, геометрическое, эвристическое);
- автоматизированное проектирование;
- документационное обеспечение.

### 1.2.1. История развития ГИС

Впервые программисты Бюро переписи США, используя принципы картографической топологии, разработали схему кодирования, известную как формат GBF-DIME. В этом формате была реализована схема определения пространственных отношений между объектами, называемая топологией, которая описывает, как линейные объекты на карте соединены между собой, какие площадные объекты граничат друг с другом, а какие состоят из смежных элементов.

Были пронумерованы узловые точки, площадям по разные стороны линий были присвоены идентификаторы. Летом 1967 г. нововведения были проверены на практике и в результате резко повысилась скорость оцифровки и обнаружения ошибок, и на этой основе были картографированы результаты переписи. Такая технология до сих пор используется при создании ГИС.

Заметную роль в развитии ГИС сыграла Гарвардская лаборатория компьютерной графики и пространственного анализа Массачусетского технологического института основанная в середине 60-х годов для разработки программных средств многофункционального компьютерного картографирования. Программное обеспечение Гарвардской лаборатории широко распространялось и помогло создать базу для развития многих ГИС-приложений. Именно в этой лаборатории Томлин заложил основы картографической алгебры, создав знаменитое семейство растровых программных средств Map Analysis Package. Наиболее известными программными продуктами Гарвардской лаборатории являются: SYMAP (система многоцелевого картографирования), CALFORM (программа вывода картографического изображения на плоттер), SYMVU (просмотр трехмерных изображений), ODYSSEY (предшественник знаменитого ARC/INFO).

Первый крупный успех становления ГИС – это разработка и

создание ГИС Канады, назначение которой состояло в анализе многочисленных данных, накопленных Канадской службой земельного учета, и в получении статистических данных о Земле. Главная проблема заключалась в эффективном вводе исходных картографических и тематических данных. Для этого разработчикам ГИС Канады потребовалось создать новую технологию, позволяющую оперировать отдельными слоями и делать картометрические измерения.

В Европе также разрабатывались ГИС-системы. Практически каждая из европейских стран имеет национальное картографическое агентство. Всего в Европе около 30-ти организаций производят карты масштаба 1:25000 и выше, в то время как в США таких организаций всего две. Довольно успешно осваивали новые технологии Британское картографическое управление и Французский национальный географический институт.

Наибольшее распространение в России получили ГИС, ориентированные на персональные компьютеры, с помощью которых можно решать достаточно крупные тематические задачи. Эти системы доступны большинству пользователей и каждая из них завоевала своих приверженцев, сделавших выбор, исходя из собственных задач и финансовых возможностей. К этому классу относятся такие программные продукты, как MapInfo, ArcView, Atlas GIS, MicroStation Geografic, WinGis, а также отечественные «Панорама», Geograph/Geodraw и Sinteks/Tri, «Парк».

Классические ГИС профессионального уровня предоставляют фирмы INTERGRAPH и ESRI. Эти системы, предназначенные для рабочих станций и сетевого использования, обладают развитыми средствами ввода/вывода данных и документирования, позволяя обрабатывать колоссальные объемы информации. Существуют и «урезанные версии» универсальных ГИС, приспособленные для персональных компьютеров с меньшими возможностями и быстродействием.

Общий объем продаж ПО ГИС в мире составляет более 1. млрд. долл. Первое место по объему продаж занимает компания ESRI (34,6 % общемировых), второе – INTERGRAPH (12,5 %), третье – MapInfo (5,7 %). На российский информационный рынок поступают программные продукты ГИС-технологий разных уровней и версий с быстрой сменой новаций.

### 1.2.2. Принципы работы ГИС

ГИС включает в себя пять главных компонентов: аппаратные средства, программное обеспечение, данные, исполнителей и методы.

В настоящее время ГИС работают на различных типах компьютерных платформ, от централизованных серверов до отдельных или связанных сетью персональных компьютеров.

Программное обеспечение содержит функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и визуализации географической информации. Ключевыми компонентами программных продуктов являются инструменты для ввода географической информации и оперирования ею; система управления базой данных (СУБД); инструменты поддержки пространственных запросов, анализа и визуализации (отображения); графический пользовательский интерфейс для легкого доступа к инструментам.

Данные о пространственном положении и связанные с ними табличные данные могут собираться и подготавливаться самим пользователем, либо приобретаться у поставщиков. В процессе управления пространственными данными ГИС интегрирует последние с другими типами и источниками данных, а также может использовать СУБД, применяемые многими организациями для упорядочивания и поддержки имеющейся в их распоряжении информации.

Пользователями ГИС могут быть как технические специалисты, разрабатывающие и поддерживающие систему, так и обычные пользователи, которым ГИС помогает решать текущие дела и проблемы.

ГИС хранит информацию о реальном мире в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе географического положения. Этот простой, но очень гибкий подход доказал свою ценность при решении разнообразных реальных задач: при отслеживании передвижения транспортных средств и материалов, детальном отображении реальной обстановки и планируемых мероприятий, моделировании глобальной циркуляции атмосферы.

Географическая информация содержит сведения о пространственном положении, будь то привязка к географическим

или другим координатам или ссылки на адрес, почтовый индекс, избирательный округ или округ переписи населения, идентификатор земельного или лесного участка, название дороги и т. п. При использовании подобных ссылок для автоматического определения местоположения объекта применяется процедура, называемая геокодированием. Это процедура автоматизированного создания объектов карты на основании атрибутивных данных, содержащихся в некоторой таблице. В зависимости от характера используемых данных различаются координатное геокодирование, геокодирование по объектам и адресное геокодирование. Благодаря геокодированию можно быстро найти и посмотреть на карте, где находится интересующий вас объект или явление.

ГИС может работать с двумя существенно различающимися типами данных – векторными и растровыми. В векторной модели информация о точках, линиях и полигонах кодируется и хранится в виде набора координат  $X$  и  $Y$ . Местоположение точечного объекта, например, буровой скважины, описывается парой координат  $(X, Y)$ . Линейные объекты, такие как дороги, реки или трубопроводы, сохраняются как наборы координат  $X, Y$ . Полигональные объекты типа речных водосборов, земельных участков или областей обслуживания хранятся в виде замкнутого набора координат. Векторная модель особенно удобна для описания дискретных объектов и меньше подходит для описания непрерывно меняющихся свойств, таких как типы почв или доступность объектов.

### **1.2.3. Задачи цифрового моделирования пространственных объектов**

На сегодняшний день в мире разработаны и используются сотни разнообразных ГИС-пакетов, а на их базе созданы десятки тысяч ГИС-систем. ГИС были созданы в первую очередь для географии и под географию, однако сейчас ГИС используются во множестве управленческих структур, в различных фирмах, на предприятиях, в военных ведомствах, в научных и образовательных учреждениях. ГИС-технологии нашли широкое применение в градостроении и муниципальном управлении, в проектировании, строительстве, эксплуатации объектов, в геологических исследованиях, в разработке и эксплуатации различных месторож-

дений, в сельском хозяйстве и составлении прогнозов и т. д. ГИС нужны практически везде, где используется пространственно-распределенная информация и есть необходимость в ее анализе и оценке.

Например, геологическая служба США ([www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)) в кооперации с федеральными противопожарными агентствами и частными компаниями создала координационную межотраслевую группу ([geomac.usgs.gov](http://geomac.usgs.gov)), которая призвана выявить приоритеты в использовании защитных ресурсов и обеспечении безопасности людей и пожарных. Данные о контурах очагов пожаров обновляются ежедневно на основе информации, поступающей из разных источников, в том числе данных измерений с помощью системы GPS и спутниковых снимков. Веб-сайт GeoMAC ([wildfire.usgs.gov](http://wildfire.usgs.gov)) предоставляет пожарным командам, находящимся в удаленных точках, возможность просматривать нанесенную на карты информацию, отображать интересующие их участки в различных масштабах, загружать с сайта и распечатывать бумажные карты для оперативного использования на линии огня. Карты пожаров основаны на реляционных базах данных, используя которые, пользователи могут отображать слои данных об отдельных пожарах, такие как площадь пожара, карты воздушной опасности, другую критическую, важную для анализа пожарной обстановки, информацию.

С 1985 г. средствами ВВС США зафиксировано более 38 тыс. столкновений самолетов с птицами, в результате которых погибло 33 летчика, общий ущерб оборудованию превысил \$500 млн. Была создано приложение в основу, которой положены возможности ГИС-технологии. Модель включает растровые карты всей континентальной части США, содержащие значения суммарной средней массы на квадратный километр для 60 видов птиц в конкретное время суток для каждого из 26 двухнедельных периодов года. Приложение включает отдельные средства отображения для руководителей/диспетчеров и летного состава, которые позволяют получить прогнозные поверхности риска столкновений с птицами, а также разные тематические слои пространственных данных.

В нашей стране ГИС-системы применяются в ГУВД Санкт-Петербурга и Ленинградской области, в Приморском крае для

оценки ущерба от затоплений. В Республике Башкортостан функционирует ГИС оценки вероятности возникновения, моделирования, прогнозирования развития и последствий чрезвычайных ситуаций. Агентство по мониторингу и прогнозированию ЧС занимается созданием единого информационного пространства (многоуровневого банка данных) для решения задач мониторинга и прогноза ЧС. Создается эффективная единая информационно-коммуникационная система с возможностью передачи информации в реальном времени от локальных мониторинговых систем в Центр мониторинга и прогнозирования ЧС. Комплекс ГИС «Экстремум» позволяет отображать обстановку на картографическом фоне. ГИС поддерживает все отечественные цифровые форматы электронных карт и допускает использование международных форматов. Детальность карт – от 1:1 000 000 до 1:100 000 для регионов и 1:50 000 и крупнее для городов. Производится расчет последствий и обоснование эффективных вариантов оперативно-го реагирования на техногенные аварии, и природные катастрофы с определением количества привлекаемых сил и показателей жизнеобеспечения пострадавших.

#### **1.2.4. Разработчики коммерческих ГИС**

Компании ESRI и Intergraph, основанные в 1969 г., являются разработчиками самых популярных геоинформационных систем – вместе они производят половину ГИС, используемых в США. Далее приводится анализ фирм и компаний по сведениям сайта ([www.gisa.gubkin.ru](http://www.gisa.gubkin.ru)).

*Компания Intergraph ([www.intergraph.com](http://www.intergraph.com))*, главный офис которой расположен в Хантсвилле (штат Алабама), разрабатывает эффективные модели ввода и хранения пространственных данных и подготовки к печати компьютерных карт, не уступающих по качеству традиционным бумажным картам. Компания консультировала государственные агентства при использовании ими цифровых компьютерных технологий.

*Фирма ESRI ([www.esri.com](http://www.esri.com))*, главный офис которой расположен в Редланде, штат Калифорния, основана Джеком и Лаурой Данжермонд как консультативная группа. В 70-х годах ESRI специализировалась на развитии фундаментальных идей ГИС и их

применении в реальных проектах, таких, например, как разработка плана перестройки города Балтимора или помощь компании Mobil Oil в выборе участка в городе Рестон. Первый коммерческий продукт ESRI – ARC/INFO появился в 1981 г. Компания создает программное обеспечение для картографических и географических информационных систем, которые используются более чем в 100 тыс. организаций по всему миру. На страницах сервера ESRI можно найти свободно распространяемое программное обеспечение, цифровые карты, ответы на наиболее часто встречающиеся технические вопросы.

*Фирма MapInfo (www.mapinfo.com)* – мировой лидер в области ГИС-технологий и программного обеспечения для картографирования, визуализации и ГИС-анализа. Продукция компании используется более чем 200 тыс. пользователей практически во всех сферах деятельности для организации, управления и анализа. Продукт MapXtreme предназначен для публикации данных ГИС формата MapInfo в WWW (такими данными могут быть таблицы MapInfo, растровые изображения, карты улиц и пр.).

*Фирма Bentley (www.bentley.com)* выпустила продукт ModelServer Discovery, который предназначен для публикации геоинформационных данных в Интернете. Особенностью данного продукта является то, что он позволяет публиковать не только данные родственной геоинформационной системы в среде GeoGraphics, но и любого другого проекта, базирующегося на технологии DGN-файлов.

*Компания «Интегро» (www.integro.ru)* из Уфы разработала ГИС «ИнГЕО» – достаточно заметный продукт на рынке российских ГИС общего назначения. Для ее разработки использовался Borland Delphi 3.0-5.0; система проектировалась как объектно-ориентированная. «ИнГЕО» представляет собой комплекс программных продуктов, позволяющий формировать векторные топографические планы с корректной топологической структурой по результатам инвентаризации земель, топографическим планам населенных пунктов, генеральным планам предприятий, схемам инженерных сетей и коммуникаций, и т. п.

*Фирма «ДАТА+» (www.dataplus.ru)* основана в 1992 г. Ключевые направления деятельности: распространение ГИС; обучение работе с геоинформационными системами семейств

ARC/INFO и ERDAS Imagine; техническая поддержка пользователей; консалтинг; разработка ГИС-приложений и выполнение комплексных геоинформационных проектов. На сайте представлены подробные сведения о геоинформационных системах: программное обеспечение, техническая поддержка, обучение пользователей. В разделе «Поиск» есть ссылки на Интернет-ресурсы смежной тематики.

*Новосибирская компания «ГЕОКАД» ([www.geocad.ru](http://www.geocad.ru))* разрабатывает и внедряет геоинформационные технологии и системы ведения земельного и целевых кадастров для решения задач управления развитием территорий. На сервере представлена информация о выполненных разработках и о предлагаемых топографо-геодезических работах, имеются демонстрационные версии некоторых программ.

*Топографическая служба ВС РФ создала ГИС «Панорама» ([www.gisinfo.ru](http://www.gisinfo.ru))*, которая представляет собой набор геоинформационных технологий, включающий геоинформационную систему «Карта 2000» и приложения к ней. На сайте публикуются статьи, посвященные проекту «Панорама» и приводится перечень организаций – распространителей программы.

*Компания «КСИ-технология» ([www.trace.ru](http://www.trace.ru))* создает ГИС в среде MS Visual C++ 6.0, предназначенную для разработки серьезных приложений. Ряд продуктов «КСИ-технологии» написаны на Java. Компания активно работает в области картографических приложений для Интернета, специализируясь при этом на разработке программного обеспечения для ГИС широкого использования.

*Фирма «Ингит» ([www.ingit.ru](http://www.ingit.ru))* занимается разработкой программных средств в области геоинформационных технологий и изготовлением электронных карт. Ею создано программное обеспечение MapMaster для DOS и GisMaster для Windows, более 1000 электронных карт для ГИС, а также для профессионального и бытового применения. На сервере компании можно ознакомиться с ее разработками, сделать заказ на компакт-диски с картами.

*Фирма «Киберсо» ([kiberso.glasnet.ru](http://kiberso.glasnet.ru))* разрабатывает прикладные ГИС. На сайте фирмы представлены сведения о фирме и ее разработках. О каждой из разработок сообщаются подробные

сведения: назначение, функции, особенности, область применения, цена. Можно загрузить демо-версии программ.

*«Национальная картографическая корпорация»* ([www.patris.ru](http://www.patris.ru)). Крупная компания, возникшая в результате успешного объединения нескольких частных фирм. Предлагает целый спектр услуг в области геодезии, фотограмметрии, картографии и ведения земельного кадастра. Подробное описание услуг, программное обеспечение для геодезии и картографии. ГИС «Карта 2000» предназначена для накопления, обновления, поиска и использования пространственной и атрибутивной информации, для решения расчетно-информационных задач, создания и обновления карт и планов различного назначения.

### **1.2.5. Перспективы развития ГИС-технологий**

Современная информационная система – это набор информационных технологий, направленных на поддержку жизненного цикла информации и включающего следующие процессы: обработку данных, управление информацией и управление знаниями. В условиях резкого увеличения объемов информации переход к работе со знаниями на основе искусственного интеллекта является, единственной альтернативой информационного общества.

Профессор Д. А. Поспелов дает следующее определение «интеллектуальной системы»: «Система называется интеллектуальной, если в ней реализованы следующие основные функции:

- накапливать знания об окружающем систему мире, классифицировать и оценивать их с точки зрения прагматической полезности и непротиворечивости, инициировать процессы получения новых знаний, осуществлять соотнесение новых знаний с ранее хранимыми;

- пополнять поступившие знания с помощью логического вывода, отражающего закономерности в окружающем систему мире или в накопленных ею ранее знаниях, получать обобщенные знания на основе более частных знаний и логически планировать свою деятельность;

- общаться с человеком на языке, максимально приближенном к человеческому языку, и получать информацию от каналов, аналогичных тем, которые использует человек при восприятии

окружающего мира. Уметь формировать для себя объяснение собственной деятельности, оказывать пользователю помощь за счет тех знаний, которые хранятся в памяти, и тех логических средств рассуждений, которые присущи системе».

Перечисленные функции можно назвать функциями представления и обработки знаний, рассуждения и общения.

База знаний представляет собой совокупность сред, хранящих знания различных типов. База данных хранит конкретные данные, база правил – элементарные выражения, база процедур содержит прикладные программы, база закономерностей включает различные сведения, относящиеся к особенностям той среды, в которой действует система. База целей содержит целевые структуры, называемые сценариями, позволяющие организовать процессы движения от исходных фактов, правил, процедур к достижению той цели, которая поступила в систему от пользователя. Управление всеми базами, входящими в базу знаний, и организацию их взаимодействия осуществляет система управления базами знаний. С ее же помощью реализуются связи баз знаний с внешней средой.

Выполнение второй функции обеспечивает часть интеллектуальной системы, называемая решателем и состоящая из ряда блоков, управляемых системой управления решателя.

Третья функция – функция общения – реализуется как с помощью компоненты естественно-языкового интерфейса.

В настоящее время функциональные возможности пространственного анализа в ГИС еще относительно слабы. В математике средства многомерного пространственного анализа постоянно развиваются и хорошо обеспечены методами исследования геометрии, топологии и других свойств абстрактных объектов, их множеств и структур. Поэтому их широкое внедрение в геоинформационные технологии становится все более актуально и осуществляется по следующим направлениям:

- расширение функциональной полноты традиционных методов, технологии и программных средств пространственного анализа в ГИС за счет использования возможностей развитых математических методов анализа многомерных данных;

- развитие новых методов, основанных на интеллектуальных вычислительных технологиях, как базы для создания сле-

дующего поколения удобных и более сильных инструментальных программных средств анализа геоданных в условиях все возрастающих объемов первичной информации;

– создание новых моделей данных, информационных технологий и программных средств, специально предназначенных для многомерного анализа данных, моделирования и прогноза, территориально распределенных процессов и обеспечивающих интеграцию с традиционными ГИС.

Исследователи разработали целый класс статистических и адаптивных методов анализа многомерных данных, получивших название нейросетевых методов. Нейросетевые методы применяются не только для анализа данных, но и, что существенно, для построения моделей процессов, разворачивающихся в многомерных пространствах. Уже сегодня предлагаются интересные классы нелинейных моделей, построенных на основе статистического анализа первичных данных. При этом средства информационных технологий используются для организации доступа и предобработки первичных данных, хранящихся в ГИС и БД. Статистические и адаптивные методы анализа геоданных позволяют улучшить качество исходной информации и построить нейросетевую модель, адекватную как по назначению и качеству исходных данных, так и по суждениям экспертов и задачам исследователей.

Одной из основных задач ГИС, которую ставят перед собой исследователи, является получение новых знаний, представлений о природе пространственных данных. Ценность географической информации в системах поддержки принятия решений становится особенно значимой, когда в ГИС включаются программные средства, базирующиеся на технологиях и методах *искусственного интеллекта (ИИ)* – «раздела информатики, изучающего методы, способы и приемы моделирования и воспроизведения с помощью ЭВМ разумной деятельности человека, связанной с решением задач». Экспертные системы были первыми коммерчески значимыми продуктами в области ИИ. Важность таких средств ИИ, как экспертные системы и нейронные сети, состоит в том, что они существенно расширяют круг практически важных задач, которые можно решать на компьютерах, и их решение приносит значительный экономический эффект. Результатом успешного развития методов и технологий ИИ стало создание мно-

гочисленных приложений, ориентированных на конечных пользователей, включая специалистов в области ГИС. Интеграция систем ИИ с ГИС особенно эффективна в задачах оценки, контроля и принятия решения. В этом контексте развитие нейронных сетей, эволюционных вычислений нечеткой логики, самоорганизующихся СУБД, обработки изображений, экспертных систем и ряда других технологий ИИ связано с расширением функциональных возможностей в части поддержки принятия решений. Есть все основания полагать, что в следующее поколение программного обеспечения ГИС будут встроены элементы ИИ.

### **1.3. Технологии создания цифровых карт и планов**

Пространственные данные – цифровые данные о пространственных объектах, включающие сведения об их местоположении и свойствах, пространственных и непространственных атрибутах. Обычно состоят из двух взаимосвязанных частей: позиционной и непозиционной составляющей. Полное описание пространственных данных складывается из взаимосвязанных описаний топологии, геометрии и атрибутики объектов. Пространственные данные вместе с их семантическим окружением составляют основу информационного обеспечения ГИС.

Векторное представление или векторная модель данных – цифровое представление точечных, линейных и полигональных пространственных объектов в виде набора координатных пар, с описанием только геометрии объектов, что соответствует векторному представлению линейных и полигональных объектов или геометрию и топологические отношения в виде векторно-топологического представления. В машинной реализации векторное представление соответствует векторному формату пространственных данных.

Для горных предприятий используются четыре основных источника пространственных данных: данные с бумажных карт и планов, данные в цифровом виде, наземные и подземные съемки, данные дистанционного зондирования (ДДЗ). Рассмотрим методы создания цифровых планов с использованием каждого из этих источников.

### 1.3.1. Ввод данных с бумажных карт и планов

Традиционные бумажные карты и планы являются наиболее часто используемым источником создания цифровых карт и планов, что обусловлено доступностью и внешней простотой используемых технологий. Подготовка топографической основы обычно выполняется в следующем порядке:

- сканирование бумажных карт (оригинала топоосновы);
- «склеивание» фрагментов в единую карту;
- оцифровка карты и экспорт ее в СУБГРАФ;
- корректировка карты – ручная или по цифровым данным съемки, с зачисткой погрешностей сканирования;
- создание навигаторов – уменьшенных копий карты, решающих проблему масштабирования.

Сканированная растровая основа используется в качестве подложки и векторизуется. Процесс векторизации растров включает следующий порядок действий:

- формирование библиотек условных знаков для представления в ГИС векторных объектов;
- формирование объектов векторных слоев путем векторизации растровой топоосновы или импорта информации из других редакторов.

Часто при решении задач проектирования линейно-протяженных объектов векторизуется не весь планшет, а лишь небольшая зона вдоль проектируемой трассы. Исходной элементарной единицей для векторизации является лист карты или плана на бумажном или ином носителе. Как правило, исходные карты и планы на бумажных носителях неоднородны. Различные объекты отображены на них с разной точностью и их состояние зафиксировано на разные моменты времени. Очень удобная исходная установка для векторизации – принять, что каждый лист внутри себя однороден *не* гарантирует адекватную фиксацию действительной ситуации на местности. Эта проблема еще более остра в связи с тем, что реально исходный материал выступает в виде набора смежных листов карт, планов (ситуация еще более осложняется, когда необходима оцифровка различных тематических карт на одну и ту же территорию).

В системах с классификаторами – объект находится на кар-

те, заполняется по нему база данных, затем он цифруется. В традиционной ГИС технологии функции векторизации и связи с базой данных разделены, их можно делать независимо. Кроме того, в топологической ГИС оператор цифрует не столько пространственные объекты, сколько отношения между ними. Следует отметить, что попытки применения автоматических векторизаторов доказали, что суммарное время работы (включая исправление ошибок, произведенных программой) больше чем ручная векторизация. Исключение составляют некоторые частные ситуации, например, векторизация горизонталей рельефа по растровым планам.

Наиболее популярные российские системы ввода в компьютер векторных данных: векторизаторы Easy Trace (Easy Trace Group, Рязань) и MapEdit (ЗАО «Резидент», Москва), ручные редакторы GeoDraw (ЦГ ИГРАН, Москва), SpotLight (Consistent Software, Москва), а также западные полнофункциональные ГИС и САПР (ARC/INFO, AutoCAD, MapInfo, MicroStation). Данные системы обладают возможностью импорта данных не только в растровом, но и векторном виде для последующей доработки. Важны также удобный пользовательский интерфейс, большой набор обменных форматов, и, вследствие этого, значительно меньшая по сравнению с зарубежными разработками стоимость автоматизированного рабочего места специалиста.

Последовательность векторизации слоев карты может быть различной. Если векторизуются слои административных границ и речной сети, есть смысл сначала оцифровать реки, а затем границы, поскольку векторные модели последних будут содержать многие сегменты первых, которые можно дублировать. Векторные модели объектов населенных пунктов также удобно вводить при наличии готовой модели речной сети, чтобы контролировать местоположение объектов. Местоположение линейных элементов дорожной сети, наоборот, удобно контролировать по уже оцифрованным населенным пунктам, через которые эти элементы проходят.

В созданных способом векторизации векторных слоях образ исходного (базового) картографического масштаба запечатлен в составе и подробности изображения графических объектов. На втором этапе векторизации необходимо выявить и исправить

ошибки. От технологии и способа обработки векторных слоев на этом этапе во многом зависит качество векторных карт.

Наиболее типичные ошибки векторизации: пропущенные или лишние объекты, несовпадение границ смежных векторных объектов, переход через узел дуг, отсутствие или более чем одна метка в полигонах, повторно оцифрованные дуги.

Большинство этих ошибок выявляется программным способом, если программа позволяет строить и поддерживать топологические отношения объектов. Поддержка топологических отношений – одна из важнейших особенностей программных продуктов, определяющих качество производимых с их помощью векторных карт. Так в ARC/INFO автоматически могут быть выявлены все перечисленные выше типы ошибок, например, висячие дуги незамкнутых полигонов или незавершенных дуг, ошибки меток. Выявление последних особенно удобно для идентификации мелких, незаметных на глаз «петель» (лишних и, как правило, очень маленьких по площади полигонов), которые могут возникнуть в разных ситуациях даже при аккуратном выполнении векторизации. Избавиться от таких ошибок достаточно просто в автоматическом режиме. Однако, необходим тщательный контроль. Так, процедура автоматического замыкания узлов, которую можно применить ко всему векторному слою, может исключить ошибки в одних ситуациях и породить их в других. Причем выявить последние будет намного сложнее, поскольку эти ошибки не будут нарушать логики топологических отношений. Избежать такой ситуации можно при тщательном подборе параметров (допусков) автоматического исправления ошибок.

После того как явные ошибки топологии устранены, занимают более мелкими дефектами, которые также могут существенно сказаться на качестве векторной карты. Речь идет о точности передачи формы и протяженности линейных объектов. Дело в том, что суть формата векторной карты состоит в хранении координат отдельных точек (узлов), которые соединяются отрезками прямых линий при выводе векторной графики на экран компьютера. Чем чаще вдоль растровой линии проставлены точки-узлы, тем более гладкими получаются линейные векторные объекты. При ручном цифровании количество точек на единицу длины векторного объекта определяется оператором-оцифровщиком «на

глаз», поэтому качество выходящего «из-под его руки» векторного слоя зависит от профессионального опыта оператора, его интуиции и картографической подготовки. При недостатке точек используют способ их автоматического добавления в режиме сглаживания, например, на изломах линий. В общем случае векторизация всей карты в автоматическом режиме ведет к неоправданному увеличению объема карты (памяти, занимаемой картой на магнитном носителе) за счет добавления дополнительных точек там, где они не требуются (например, на прямых участках линий).

Одна из особенностей электронных карт – хранение графических объектов послойно, в отдельных, но связанных между собой базах графических данных. Поэтому существует целый ряд ошибок связанный с повторным цифрованием одних и тех же объектов, входящих в разные слои. Любые дефекты такого типа легко выявляются при наложении слоев и использовании возможности увеличения изображения. Плохая согласованность слоев цифровой карты – не всегда ошибка ввода координат, а зачастую результат некачественного источника (например, полиграфического сдвига цветов). В результате получаются ситуации, когда векторный объект-мост может «оказаться на суше». В таком случае приходится отдавать предпочтение логике в ущерб точному соответствию векторной карты исходной карте-оригиналу. Исправлять такие ошибки не просто. Так, при большом расхождении участков векторных объектов, присутствующих на разных листах карты (нестыковка) неоднозначность решения может привести к неадекватности векторной модели реального объекта. В таких случаях лучше не исправлять ошибку векторного представления объекта, пометив ее, например, особым знаком, а в дальнейшем при появлении дополнительной информации вернуться к ней.

Большинство традиционных карт создавались без учета их возможного цифрования и вообще использования в среде ГИС, поэтому процесс создания по ним цифровой карты во многом представляет собой проблему интерпретации исходного материала. Интерпретация возникает в случаях цифрования объектов, зафиксированных условными знаками, объектов, на которые наложены сверху условные знаки или надписи, полигональных объек-

тов, границы которых четко не указаны на исходной карте, неверного с точки зрения здравого смысла взаиморасположения объектов на исходной карте и т. д.

Факторы случайного характера, определяющие погрешность сканирования:

- неточность сканера;
- неплотное прилегание бумажного планшета к поверхности стекла планшетного сканера;
- деформация бумажной или пленочной основы планшета;
- поворот планшета относительно линии движения сканирующего луча;
- неточность определения оператором точек пересечения линий координатной сетки, имеющих на растровом образе фрагмента.

Однако следует учесть, что деформация оригинала может быть исключена с помощью функций компенсации различных искажений сканерного программного обеспечения, которые есть практически во всех программах-векторизаторах, либо с помощью специализированных программ, например, Scan Correct, Raster Transformer, Color Processor и др. В результате скорректированное растровое изображение может стать точнее используемого оригинала. Дальнейшая векторизация при соблюдении технологии процесса не вносит искажений по точности. Некоторые ошибки оригинала заведомо превышают ошибки ввода, например, несовпадение фрагментов векторных объектов на границах соседних планшетов.

Существующее программное и аппаратное обеспечение не накладывают существенное ограничение на работу с растрами, поэтому вынужденная оцифровка карт уходит в прошлое. Получил распространение вариант получения векторных данных по исходным бумажным картам – это сканирование исходных карт материалов топографической основы (в черно-белом или цветном виде), трансформация полученных растровых изображений в единую систему координат, и поставка такой растровой подосновы в различные службы. Это обеспечивает возможность цифрования и посадки объектов различных служб на единую цифровую (растровую) основу, низкую стоимость такой основы и ее максимальное соответствие оригиналу, однозначное представление не-

соответствий на границах листов карт. Вместе с тем, проблемы согласования технологий цифрования по такой основе, цифрования в случаях несоответствия на границах листов в этом случае остаются.

В последнее время растровая подоснова используется практически во всех городских ГИС-проектах. Среди причин, объясняющих такую ситуацию, главная – небольшие затраты на создание растра и возможность быстрого старта содержательной составляющей проекта. Использование растровой основы предпочтительно перед использованием векторной в связи с тем, что в большинстве случаев (особенно в задачах муниципальных) перед ГИС ставятся задачи визуализации, а стоимость сканирования значительно меньше стоимости векторизации. Хотя использование растров тоже имеет свои недостатки:

- бесполезность таких данных в связи с невозможностью выполнения пространственных запросов, включая поиск объектов;

- низкая точность и актуальность цифровых данных, получаемых при использовании существующих карт.

Точность существующих топографических съемок также не соответствует современным потребностям, и они не должны использоваться для создания цифровых карт городов, основы информационных систем, на базе которых должны приниматься ответственные технические решения. Без построения надежной системы обновления материалов самые качественные растровые материалы быстро теряют свою актуальность.

### **1.3.2. Использование материалов наземных и подземных съемок**

Технология наземных съемок в настоящее время переживает период больших изменений. Применение современных геодезических приборов (лазерных рулеток, электронных тахеометров, спутниковых систем позиционирования (ССП) увеличивает производительность изыскательских и проектных работ и позволяет производить основную обработку измерений в полевых условиях. Технология работ заключается в получении с помощью СПП съемочного обоснования проектных и производственных работ

на таких участках, где спутниковые методы неэффективны или малоэффективны (например, на участках многоэтажной застройки). Данные измерений геодезических координат пространственных объектов получают с помощью электронных тахеометров. Эти данные передаются в полевой компьютер, в котором с помощью специального программного обеспечения строится модель местности, которая используется для оперативного визуального контроля качества измерений и выявления участков, снятых недостаточно детально. Если для рассматриваемого участка уже создана ЦММ, она может быть также оперативно отредактирована в полевых условиях.

Факторы, влияющие на увеличение производительности изыскательских и производственных инженерно-геодезических работ при применении современного геодезического оборудования:

- применение GPS (*системы спутникового определения координат*) позволяет отказаться от прокладки привязочных ходов, что дает выигрыш по времени в два-три раза;

- уменьшение времени на получение координат – координаты точки стояния вехи определяются практически немедленно (2-10 с);

- контроль проводимых измерений в поле, что уменьшает вероятность последующей дополнительной геодезической съемки;

- увеличение скорости построения цифрового плана местности с помощью современного программного обеспечения, получающего данные измерений в цифровом виде.

Использование GPS и электронных тахеометров позволяет получать координатные данные измерений в цифровой форме и использовать их непосредственно в среде ГИС, минуя промежуточные материалы в виде картматериалов на бумажной основе или снимки. Хранение материалов непосредственно в цифровой форме снимает проблему создания твердых копий, использование уже отснятых границ смежных объектов при новых съемках и использование материалов съемок для применений в среде ГИС. Использование указанных приборов позволяет снизить стоимость съемок в 3-4 раза и более. Важно также значительное увеличение скорости съемок (в 3-4 раза). Увеличение скорости съемок с за-

вершением их в 1-2 года позволит получить значительно более однородный цифровой картографический материал

Данные дистанционного зондирования (ДДЗ) содержат материалы космической съемки и аэросъемки. Они являются одним из важных источников создания и обновления цифровых карт и планов и позволяют получить одномоментный взгляд на территорию. Следует отметить высокую скорость комплекса работ по съемке, фотограмметрической обработке и дешифрированию снимков. Технология (ДДЗ) содержит следующие этапы:

- создание высокоточной опорной спутниковой сети города, определенным образом ориентируемой относительно существующей геодезической сети с целью обеспечения минимального изменения координат объектов;

- собственно аэрофотосъемка;

- координирования объектов, опознаваемых на фотоснимках с помощью GPS-приемников, электронных тахеометров для правильного координирования снимков;

- фотограмметрической обработки и дешифрирования в цифровом виде.

Для получения планов с погрешностью 10 см по данной технологии необходима аэрофотосъемка в масштабе 1:3000. Для создания и обновления цифровых карт и планов поселений возможно применение аэросъемки с пространственным разрешением 20-30 см. Данные такого разрешения используются для создания планов масштаба 1:2000 – 1:10000 и могут быть основой для планирования работ по созданию (обновлению) планов масштаба 1:500. При этом для получения планов масштаба 1:500 ДДЗ принципиально не используются, а работы ведутся наземными методами. Для аэросъемки возможно достижение решения, соответствующее масштабу порядка 1:2000. Все более широко применяется, например, тепловая съемка, позволяющая определить местоположение подземных теплотрасс и др. При дешифрировании материалов дистанционного зондирования не всегда точность выделенных различных объектов будет одинакова, что требует дополнительных измерительных работ на местности.

Несмотря на большой прогресс в области космического зондирования, пока космическая съемка (с разрешением 1-2 м) используется только для обновления топографических карт мас-

штаба 1:10000. Другие данные космической съемки (например, снимки с разрешением 10 м) могут служить для мониторинга городской территории или выступать основой для создания карт более мелких масштабов (1:50000 и менее). В достаточно массовых типах работ при использовании космических снимков обеспечивается разрешение, соответствующее разрешению масштаба карт порядка 1:50000 – 1:25000.

Использование материалов дистанционного зондирования для целей ГИС является перспективным направлением. Материалы съемок могут быть представлены в виде единого набора растровых изображений, привязанных к координатной системе, и могут отражать практически одновременную фиксацию всех пространственных объектов и отношений между ними.

### **1.3.3. Ввод атрибутивных данных геообъектов**

После завершения процесса векторизации вводятся атрибутивные данные геообъектов. Эта процедура требует высокой квалификации исполнителей, умения работать с базами данных, а также большого внимания и большой ответственности, поскольку подвержена множеству неточностей и ошибок.

Атрибутивные данные – это описательная информация, которая хранится в базе данных об объектах (точка, линия, площадь) расположенных на карте. Описательная информация называется атрибутом. Атрибут, являющийся общим для всех характеристик, это географическое местоположение, которому может быть дано имя атрибута МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ. Другие атрибуты зависят от типа характеристики объекта и от того, какое именно свойство объекта наиболее важно для отдельно выбранной цели или задачи. Для примера:

- участок земли имеет владельца, размер и цель для которой он используется владельцем;
- нефтяной колодец имеет определённый тип и пропускную способность в единицу времени;
- у дороги есть имя, тип поверхности, и т. д.

Каждую из этих характеристик можно специально идентифицировать в ГИС, присвоив им имена атрибутов, такие как

СОБСТВЕННИК, ТИП ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ, или ИМЯ-ДОРОГИ.

Каждый атрибут имеет набор возможных значений относящихся к нему. Для примера, дороги имеют свои собственные названия для данной территории. Поэтому все дороги имеют атрибут ИМЯ-ДОРОГИ, а ВОСТОЧНАЯ является значением к этому атрибуту для определённой дороги.

ГИС хранят атрибутивные данные в таблицах реляционных баз данных, разработка структуры которых является неизменным этапом создания векторных слоев цифровой карты. Известно, что атрибутивные данные цифровых карт удобнее хранить в закодированном виде и сопровождать их справочными таблицами кодов. Разработка структуры таких таблиц – достаточно ответственный момент, поскольку она выполняется параллельно с классификацией графических и семантических данных. Структура может быть простой и сложной. Наиболее часто в ГИС атрибутивные данные сопровождают векторные слои в составе простых таблиц. Иногда, атрибутивные данные одного векторного слоя делятся на составные части и включаются в состав разных таблиц, связанных друг с другом в единой структуре.

Чтобы цифровая карта не потеряла своей информативности, необходима тщательная проверка соответствия приписанных атрибутов исходным пространственным данным (адекватность атрибутивных данных), а также полноты охвата необходимой информации источника. Удобно проверять введенные в ГИС атрибутивные данные, используя растровую подложку или временные слои карты, в которых можно отмечать цветом или специальными символами состояние качества данных. Сравнение новой векторной карты с оригиналом облегчит выявление ошибок и неточностей.

Оформление векторной карты также достаточно трудоемкая процедура. Это связано с тем, что принятые картографические правила определяют привычное восприятие (узнаваемость) карты. Поэтому для оформления карт предварительно требуется разработка недостающих условных знаков, соответствующих принятым в картографии стандартам. С одной стороны, нет смысла отступать от картографических традиций в оформлении карт, например, в использовании принятых цветовых гамм или условных

знаков для определенных тематических карт. С другой стороны, при мелкомасштабном отображении векторной карты на экране компьютера подсвеченные цвета воспринимаются иначе, чем на бумаге. «Плавающий» масштаб электронных карт также может снизить восприятие штриховок и значков, которые масштабируются вместе с изображением. Поэтому разработка оформления векторной карты неизбежна.

В оформлении векторных карт не стоит стремиться к полному соответствию бумажным аналогам и выносить в их экранное представление всю имеющуюся в атрибутивных таблицах информацию. Перегруженность экранного образа карты отрицательно скажется на качестве ее восприятия. Решением проблемы может быть создание серии взаимосвязанных карт, отражающих разные тематические характеристики, формируемые на основе значений атрибутов объектов картографической базы данных.

Созданные векторные карты сопровождаются метаданными (данными о данных), которые содержат сведения о параметрах системы карты или картографической проекции, базовом масштабе, цели и технологии создания карты, сведения об авторах и источниках пространственных данных, включенных в состав карт, а также легенды карт и соответствующие им справочные таблицы кодов. Метаданные позволяют быстро оценить пригодность карты для того или иного использования. Существуют стандарты, в том числе и международные, на метаданные цифровых карт.

Приведенный выше обзор технологической цепочки и возможных причин появления ошибок в векторных картах свидетельствует о том, что процесс создания векторных карт имеет определенный порядок и включает постоянную проверку качества получаемого на каждом этапе продукта. Проверка качества карты в целом и отдельных ее слоев может занимать до 50% времени всех выполняемых работ. При этом без разнообразного и всестороннего тестирования нельзя рассчитывать на получение профессионально безупречного, качественного цифрового картографического продукта.

#### **1.4. Требования, предъявляемые к цифровым картам**

Интенсивное развитие ГИС во второй половине 20-го века

привело к существенным преобразованиям в традиционном картографировании, которые завершились возникновением отдельной отрасли – цифрового картографирования.

Параллельно происходило внедрение в различные сферы производственно-технической и научной деятельности основных представлений геоинформационного моделирования как метода создания цифровых моделей широкого спектра пространственных объектов и явлений. Под воздействием этого процесса изменяется подход к формированию структуры пространственных данных при их хранении и обработке. Специалисты должны ориентироваться на самые современные представления о принципах и основах информационных и, в частности, геоинформационных технологий.

К настоящему времени такими принципами являются:

- принцип геоинформационного моделирования;
- принцип унификации информационного обеспечения.

Следование данным принципам обеспечит:

- соответствие информационного обеспечения современному состоянию геоинформатики и требованиям мирового рынка геоинформационной продукции;
- возможность обмена цифровой картографической продукцией между различными изготовителями и пользователями;
- гармонизацию используемых в РФ принципов построения информационного обеспечения с положениями международных стандартов.

Требуется также стандартизация при создании и рациональном использовании разнообразных цифровых пространственных данных и цифровых пространственных моделей, прежде всего в составе ГИС.

Создаваемые в настоящее время ЦП должны отражать свойства рельефа в виде отдельных слоев – аналогичный подход используется в цифровых планах и картах ГИС. В рамках ГИС-технологии, с помощью которой могут создаваться цифровые карты М 1:2000, М 1:500, один и тоже слой объектов могут образовывать объекты, состоящие из любых геометрических примитивов и совокупностей. Другими словами, слой определяется как множество объектов одного класса, имеющих одинаковые тематические свойства, но не обязательно одинаковые геометриче-

ские характеристики.

Векторные объекты цифровой карты должны отображаться в соответствии с требованиями Роскартографии к бумажным картам. Ошибка положения контуров объектов на цифровой карте относительно исходного картографического материала не должна превышать 0,2 м в масштабе карты. Если цифровая карта имеет растровое изображение, состоящее из сегментов, то они должны быть объединены в единое растровое поле, связанное с заданной эталонной координатной сеткой. Растровое изображение каждого сегмента (планшета топопланов) должно быть скорректировано по набору реперных точек, равномерно расположенных по поверхности карты и имеющих известные координаты достаточной для соответствующего масштаба точности.

Слои объектов должны соответствовать классам объектов, представленным в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов М 1:2000 и М 1:500».

Пространственные данные о координатах репрезентативных точек реальных объектов сопровождается множеством семантических данных, которые в рамках формальной цифровой модели могут перерабатываться с целью выделения атрибутивной составляющей, необходимой во многих модельных расчетах.

На этапе проектирования ЦП очень важно оптимальным образом формализовать ту пространственную информацию, которую он включает, в рамках выбранной модели данных.

Теоретические основы и принципы моделирования и формализации разрабатываются учеными и практиками в течение многих лет. Они закреплены в системе ГОСТов и стандартов ISO, однако, в условиях современной постоянно изменяющейся информационной среды нуждаются в уточнении. Формализация данных ЦП обычно осуществляется параллельно с формированием его структуры. Она не является последовательным процессом и предполагает неоднократное редактирование с целью улучшения цифрового представления для оптимизации процессов обработки и анализа данных.

На первой стадии проектирования ЦП нужно четко определиться, какие задачи он должен решать. При этом предполагается, что задачи уже формализованы в рамках используемой информационной технологии. Далее нужно определиться с соста-

вом пространственных данных и их источников. В случае разнородных пространственных данных, необходимо подумать об их совместимости и согласовании, а также рассмотреть соотношение погрешностей данных.

Необходимо вычлениить возможные семантические данные и сформировать их полный список с наименованиями, с выделением сущности и типа. Из набора семантических данных нужно выделить те, которые должны способствовать решению поставленной задачи, и преобразовать их в атрибутивные данные реальных объектов.

Атрибутивные данные объектов должны способствовать решению поставленной задачи. Рассмотрев в совокупности пространственные и атрибутивные данные, нужно представить их в некоей общей классификации или разделить на несколько классификационных списков. Состояние системы данных ЦП и их динамика характеризуется структурой ЦП, то есть составом и свойствами элементов, их отношениями и связями между собой. Структура должна учитывать иерархию объектов ЦП (поскольку каждый объект состоит из других объектов, т.е. тоже представляет собой систему) и обеспечивать её целостное функционирование.

При проектировании структуры ЦП в компьютерной модели данных, необходимо:

- учесть функциональные возможности компьютерных программ;
- использовать имеющиеся нормативные документы;
- применить уже сформировавшиеся правила выполнения той или иной конкретной работы (или создать новые правила).

Все перечисленное называют информационным обеспечением цифрового картографирования, в состав которого входят:

- ПО ввода/вывода и обработки данных;
- классификатор справочно-технологических параметров объектов;
- библиотеки условных знаков;
- правила цифрового описания информации;
- описание используемых форматов данных.

Цифровое описание ЦП должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать возможность и оптимальность представления (а также наглядность и выразительность) в цифровой форме всей информации, составляющей ЦП;
- определять структуру и содержание пространственной информации, входящей в состав ЦП;
- включать в цифровое описание объектное представление пространственной информации (данные о местоположении объектов, их форме и размерах) с необходимой точностью, полнотой и достоверностью.

Последнее требование обусловлено возможностью использования в структуре ЦП, как и в ГИС, баз данных и СУБД.

В обычных СУБД пространственные данные представляются как структурно объединенные в строки (записи) атрибутивные данные о выделенных из описываемой пространственной информации объектах. Поэтому очевидно, что структурной единицей цифрового описания пространственной информации в составе ЦП должен быть цифровой объект (или просто объект). Однако, объект цифрового плана, в отличие от объекта БД, имеет графическое представление, т. е. является графической моделью реального пространственного объекта. Модели объектов могут быть различны, в зависимости от вида и типа решаемых с их помощью задач. Множество цифровых моделей объектов, используемых в различных информационных системах, можно поделить на два типа: дискретные и непрерывные.

Цифровое описание объекта любого типа в обязательном порядке должно включать:

- иерархический системный идентификатор (поскольку объект всегда рассматривается как часть некоего множества объектов, выделяемых для решения той или иной задачи);
- метрику (поскольку цифровой объект отображает в цифровом плане реальный пространственный объект, локализованный в пространстве);
- семантику (поскольку любой пространственный объект имеет ряд свойств (параметров, атрибутов), часть из которых вносится в ЦП и используется для решения практических задач).

При формировании цифрового описания должны учитываться топологические пространственные связи объекта с другими объектами, представленными в том же самом ЦП и необяза-

тельно имеющими отношение к решению практических задач.

Таким образом, цифровое описание объекта должно формироваться с использованием требований, объединенных в три группы:

- правила определения типа (или характера) локализации объектов;
- правила представления метрики и отношений объектов;
- правила представления семантики объектов.

После выполнения всех вышеперечисленных требований векторный ЦП может быть включен в состав ГИС.

#### **1.4.1. Структура цифровых карт и планов при создании ГИС**

Структура цифровых карт и планов должна быть тщательно спроектирована. Информационное обеспечение при цифровом картографировании содержит правила цифрового описания, классификатор справочно-технологических параметров, библиотеку условных знаков.

Так, цифровая карта может быть представлена в компьютере в виде растрового изображения, векторного изображения или в смешанном растрово-векторном виде. Во всех случаях она является многослойным набором разнородных пространственных данных, отображающих пространственные и технологические параметры. Таким образом, данные, помещаемые в цифровой карте – разномасштабные, разновременные и неравноточностные, пространственно-координированные различными способами, должны образовывать многослойную иерархически организованную объектную структуру, которая является моделью территории.

При создании муниципальных и региональных ГИС возникает ряд вопросов:

- выбор масштаба картматериалов;
- определение содержания создаваемой цифровой карты;
- обеспечение возможностей внесения изменений в соответствие с текущим состоянием местности (мониторинг);
- разработка структуры автоматизированной картографической системы, обеспечивающей многоцелевое использование цифровой карты.

При создании цифровых карт городов и регионов должны быть сведены и сшиты десятки, сотни номенклатурных листов карт. Это порождает противоречие между стремлением выбрать более крупный масштаб исходных материалов и объемом работ по цифровому картографированию. При увеличении масштаба карт суммарная их площадь возрастает в квадратической зависимости, и соответственно увеличиваются стоимость и сроки выполнения работ. В то же время, чем крупнее масштаб, тем выше полнота содержания, детальность и точность создаваемой цифровой карты. В этом состоит многомасштабность цифровой карты, которая проявляется в следующем:

- кодификатор цифровой карты включает коды всех видов объектов, соответствующих условным знакам для всего рассматриваемого масштабного ряда, обеспечивающего охват всей территории;

- кодификатор также сопровождается таблицей требуемых нормативов точности и детальности, в которой для каждого вида объекта указаны средняя абсолютная погрешность точек его контура в масштабе местности.

Таким образом, нормативы точности и детальности контуров объектов определяются не масштабом карты, а исходя из требований потребителей, индивидуально и независимо для каждого вида объектов, а содержание карты и ее графическое оформление ставится в зависимость от масштаба ее актуализации.

Особенностью цифровых карт является их многослойный характер с потенциальной неограниченностью числа тематических слоев. При этом, если содержание первичной цифровой картографической основы определяется требованиями к содержанию топографических карт, то последующее ее использование предполагает совмещение с ней тематических данных, получаемых различными способами, различающихся по точности и содержанию.

Таким образом, цифровая карта принципиально должна рассматриваться как динамичный объект, в отличие от статичных единовременно создаваемых графических оригиналов карт и планов. Эта динамичность обеспечивается за счет специальной организации данных в цифровой карте, которая предполагает разбиение ее на совокупность координатно-взаимосвязанных блоков и

разнесение данных по этим блокам в зависимости от их назначения и характеристик данных. Координатные взаимосвязи могут быть горизонтальными (примыкание блоков, соответствующих смежным участкам территории), вертикальными (вложенность блока, содержащего данные более высокой детальности и точности, в блок с данными меньшей детальности и точности) и тематическими (совмещение блоков, содержащих данные различного тематического характера). Рациональная организация данных в цифровой карте такого вида предусматривает выделение нескольких цифровых карт.

**Базовая цифровая карта (БЦК)** образует единую основу для всех остальных цифровых карт, является многомасштабной и может быть разбита на блоки с горизонтальными взаимосвязями.

**Детальные цифровые карты**, имеющие вертикальную координатную взаимосвязь с БЦК, формируются на отдельные выделенные участки территории, для которых необходимы более высокие полнота содержания, детальность и точность воспроизведения пространственной информации.

**Тематические цифровые карты** являются производными от БЦК, содержат информацию по различным аспектам территории и имеют тематическую координатную взаимосвязь с БЦК.

#### **1.4.2. Нормативная база цифрового картографирования**

Стандартизация заключается в разработке и использовании комплекса нормативно-технических документов, составляющих информационное обеспечение разработки пространственных информационных систем. В комплекс документов входят Федеральные законы, постановления и распоряжения Правительства РФ, нормативно-технические документы и др. Применяемые графические изображения должны соответствовать нормативно закрепленным условным знакам в принятой системе их классификации и кодирования, в том числе включая, Классификатор картографической информации, Классификатор графических изображений, Классификатор цензово-нормативных показателей, Единую систему классификации и кодирования картографической информации. Современное состояние нормативной поддержки цифрового картографирования в России характеризуется

соответствующими разработками по линии Федерального органа исполнительной власти по геодезии и картографии. Учитывая направленность работ и ответственность этого ведомства за создание государственного фонда, нормативно-техническая документация разрабатывается с ориентацией на цифровые топографические карты (ЦК) и цифровые топографические планы (ЦП). При этом одновременно предпринимаются попытки придать ЦК характеристики цифровой модели местности (ЦММ), необходимые для обеспечения возможности их использования в ГИС-индустрии.

Основными нормативно-техническими документами при создании ЦК являются действующие государственные и отраслевые стандарты», а также отраслевые руководящие технические материалы (РТМ). Положения государственных стандартов подлежат применению расположенными на территории РФ учреждениями, организациями и предприятиями, независимо от форм собственности и подчинения, которые занимаются сбором, систематизацией, анализом, обработкой и передачей пространственных данных, созданием и использованием ЦК и/или ЦП.

Таким образом, нормативные документы являются основополагающими при проектировании и создании как непосредственно самих ЦК, так и, в определенной степени, геоинформационных проектов и ГИС как систем, содержащих и использующих эти карты. Основное внимание стандартов уделено собственно цифровому картографированию, роль ГИС отмечается в основном как вспомогательная. Однако, это происходит до тех пор, пока не начинается рассмотрение цифровых моделей.

Векторные объекты из номенклатуры ГУГК должны изображаться на электронной карте как условные знаки в соответствии с документом «Условные знаки для топографических планов масштабов М 1:5000, М 1:2000, М 1:1000, М 1:500», М., Недра, 1989 г.

Стандартизация коснулась и области терминологии цифрового картографирования. Так, стандарт ОСТ 68-13-99 Виды и процессы геодезической и картографической производственной деятельности. Термины и определения устанавливает применяемые в геодезической и картографической деятельности основные термины для организационно-технических категорий производ-

ства, а также его наиболее важных производственных и технологических процессов, в частности картографического производства и производства ГИС.

«Картографические работы» относят к категории работ, основным назначением которых является создание картографической продукции по результатам съемки или по исходным картографическим материалам. В примечании к этому определению отмечается, что «к картографическим работам относятся также создание цифровых и электронных карт и цифровые технологические процессы сбора, обработки и представления цифровой картографической информации, связанной географически и используемой в ГИС». Отмечается также, что производство ГИС отличается от цифрового картографического производства тем, что целью производства ГИС является получение «оценочных показателей территории и вариантов управленческих решений» в той или иной предметной области. Целью цифрового картографического производства является создание цифровых карт. Виды производственных процессов цифрового картографического производства:

- создание цифровой карты в соответствии с ранее созданным проектом;
- формирование цифровых тематических карт;
- формирование банков данных цифровой картографической информации;
- формирование и ведение цифровых банков данных о границах;
- цифровое картографирование по фотографическим и цифровым снимкам;
- топографическое цифровое картографирование.

Виды производственных процессов создания ГИС следующие:

- проектирование ГИС (определение объектового состава, состава информационного обеспечения, функциональных возможностей, выбор ГИС-оболочки и установочных параметров системы);
- создание информационного обеспечения ГИС;
- тематическое моделирование в ГИС;
- обеспечение решения задач запросно-справочного харак-

тера с использованием ГИС;

– создание инструментариев обработки пространственных данных в ГИС.

Из приведенных перечней становится ясно, что есть существенное влияние терминологии классического картографирования на терминологию геоинформационных технологий.

В стандарте ГОСТ Р 52438-2005 «Географические информационные системы. Термины и определения» приведены термины и определения ГИС, термины и определения цифровой картографии, приведены общие требования к ГИС. В начале работы по созданию ЦК/ЦП нужно определиться, в составе какой системы она/он будет функционировать. Выбор небольшой: ЦК/ЦП, ГИС или ЦММ. Стандарты устанавливают требования к основным компонентам ЦК/ЦП.

Система классификации естественным образом включает систему классификации цифровых картографических моделей реальных пространственных объектов (цифровых объектов), которая в свою очередь находит отражение в системе условных обозначений, реализуемых в цифровой форме в виде классификаторов объектов.

Система условных обозначений (классификатор объектов), обычно представляемая в виде файла-библиотеки, должна обеспечивать с использованием системы кодирования автоматический вывод ЦК на устройства отображения и получение её твердых копий на графических устройствах вывода.

Для того, чтобы компоненты конкретных ГИС-проекте или в ЦК/ЦП могли оптимальным образом удовлетворить перечисленным выше требованиям, необходимо иметь разработанные стандарты пространственных данных.

Но прежде чем пользоваться этими стандартами, нужно сначала определить состав базовых пространственных данных, которые могут быть основой для интеграции всех прочих данных. В настоящее время для этого обычно используют каталог объектов местности, который включает перечень объектов местности, их атрибутов и значений этих атрибутов с их определениями. При формировании классификаторов объектов частных случаев ГИС каталог объектов местности можно использовать в качестве эталона.

Стандарт устанавливает перечень пространственных объектов местности и их свойств, подлежащих описанию в ЦММ независимо от способов её создания, включая ЦК масштабов 1:10000-1:1000000 и ЦК/ЦП масштабов 1:500-1:25000 и, очевидно, ГИС.

Определение термина «пространственный объект» следующее: «цифровая модель материального или абстрактного объекта реального или виртуального мира с указанием его идентификатора, координатных и атрибутивных данных». Идентификатор пространственного объекта – «уникальная характеристика пространственного объекта, присваиваемая ему пользователем или назначаемая ему операционной системой, которая используется для фиксации связи координатных и адресных данных пространственных объектов». «Объектом может быть неподвижный или движущийся простой или сложный объект, или явление, событие, процесс и ситуация». «В широком смысле под пространственным объектом понимается как сам объект, так и адекватная ему цифровая модель».

Задачи, решаемые с использованием каталога объектов местности:

- ведение достоверной (с точки зрения полноты описания) и актуальной базы данных о земной поверхности;
- автоматизация обработки информации о земной поверхности при решении расчетно-вычислительных задач;
- перевод процессов создания традиционных карт на цифровые технологии;
- эффективное использование ранее изготовленной цифровой картографической продукции.

### **1.4.3. Возможности ГИС-технологий для моделирования геомеханической информации**

Геомеханическая информация о строении горного массива включает тектонику, условия залегания угольных пластов, трещиноватость угля и пород, характер контактов угля с вмещающими породами и др.

Проведенные исследования функциональных возможностей географической информационной системы (ГИС-технологии) для моделирования показали, что современная ГИС – это автомати-

зированная система, имеющая большое количество графических и тематических баз данных, соединенная с модельными и расчетными функциями для манипулирования ими и преобразования их в пространственную картографическую информацию для принятия на ее основе решений и осуществления контроля. Базы данных являются обязательными компонентами ГИС-технологии и в них хранятся (графическая основа, объекты на плане и дополнительные сведения). Современные ГИС-технологии сочетают в себе черты АСУ, информационно-справочных систем, картографических информационных систем, баз данных, САПР, АСНИ, систем документационного обеспечения. ГИС-технологии являются интегрированной информационной системой, объединяющей концептуально, структурно и методически названные выше информационные системы. Программа, относящаяся к классу ГИС-технологии, реализует следующие функции:

- ввод картографических данных;
- манипулирование данными;
- управление базами данных;
- обслуживание запросов на информацию;
- визуализацию информации на цифровых планах с построением таблиц и графиков.

Таким образом, в результате исследований, установлено, что с помощью ГИС-технологий возможно создание информационно-геомеханической базы данных массива. Затем с использованием такой базы с помощью прикладных модулей можно производить математическое моделирование.

ГИС-технология обладает необходимыми средствами для отображения результатов математического моделирования. Например, используемая в ГИС-технологиях модель пространственных данных, векторная, предоставляет большие возможности для применения в математическом моделировании. Особенность данной модели заключается в том, что известны точные координаты любой точки изучаемой области. Используя информацию об объектах изучаемой географической области, можно задавать граничные условия для математической модели. Кроме того, использование этой модели данных делает возможным отображение результатов математических расчетов с высокой точностью.

Как правило, собранные пространственные данные находят-

ся в разных форматах. Например, цифровая модель гипсометрии (ЦМГ) может храниться как в виде растровой (GRID), так и в виде векторной (TIN) модели данных. Аналогичный формат имеют некоторые отображения непрерывных явлений, такие как поверхности прочности, глубин залегания пород и т.д. Другая часть информации – элементы тематических цифровых планов, полученные путем векторизации и существуют в векторном виде. Подготовка базы информационно-геомеханической модели включает в себя сбор и систематизацию пространственных данных и приведение данных к единому формату.

К другим достоинствам системы, позволяющим говорить о возможности применения ГИС-технологии для решения поставленных задач, следует отнести функциональное богатство системы, реализованное значительным количеством команд и наличием встроенного макроязыка.

Существующие методы проектирования производят расчет параметров крепи на некоторые средние для выработки условия. Однако вдоль проектируемой трассы происходит изменение свойств пород. Каждый анкер в действительности оказывается в условиях, зачастую отличающихся от принятых в проекте. Поэтому на практике происходят некоторые изменения в ориентировке анкеров, связанные с местным поворотом пластов или трещин, некоторые изменения в расстояниях между анкерами, связанные со сгущением трещин и т. п. Исполнители при закладке анкеров должны выполнять главные параметры паспорта, а коррективы вносить исходя из местного значения высоты ослабленной зоны. Мощность ослабленной зоны рассчитывается по параметрам трещиноватости массива по эмпирическим зависимостям. В ряде случаев производится корректировка параметров анкерной крепи по результатам наблюдений за трещиноватостью. Кроме этого, дополнительное инструментальное наблюдение при бурении шпуров позволяет установить места пересечения шпурами открытых трещин и тем самым мощность ослабленной зоны.

Информационно-компьютерная система (ИКС) моделирования строения горного массива позволит решать задачи прогноза тектоники, условий залегания угольных пластов, трещиноватости угля и пород и других показателей при ведении

проходческих и очистных работ. ИКС содержит математическое обеспечение ГИС-технологий и позволяет дополнять базы данных результатами моделирования.

#### **1.4.4. Возможности ГИС-технологий для создания мониторинга геомеханической информации**

Проведенные исследования функциональных возможностей геоинформационных технологий (ГИС-технологии) показали, что ГИС представляет высший уровень обобщенных знаний о геомеханической ситуации, так как позволяет создавать модели, основанные на генерированной информации двух более низких уровней – качественного типа пород и их количественных характеристик. Информация этого уровня является основой для принятия решений по параметрам паспорта крепления выработок. В ГИС выполнено связывание атрибутивной информации баз данных, классификаторов с планами горных выработок. Это позволяет, опираясь на базы первичных геологических описаний по скважинам и зарисовкам, геологических разрезов составить прогнозный цифровой план размещения состава пород кровли, построить картографическую модель устойчивости кровли. ГИС-технология обладает необходимыми средствами анализа, моделирования и отображения результатов для создания мониторинга исходной геомеханической информации.

Мониторинг исходной геомеханической информации представляет собой информационно-аналитическую систему наблюдения, оценки, прогноза и контроля состояния горного массива и в компьютерном варианте реализуется в виде пакета прикладных программ. Мониторинг геомеханической информации при проектировании горных выработок позволяет обосновать параметры для паспортов крепления, так как коэффициент устойчивости кровли определяется по прогнозным характеристикам прочностных свойств пород. В рамках исследований по данной теме нами разработана методика использования ГИС-технологии для создания мониторинга исходной геомеханической информации. Методика содержит набор алгоритмов по моделированию и прогнозу геомеханической ситуации.

Созданы прогнозные модели изменения трещиноватости и

устойчивости кровли для шахты Красноярская по пласту Байкаимский. Основой для данной прогнозной модели послужили данные о высотных отметках почвы угольных пластов взятые с цифровых планов горных выработок. На основе этих данных методом цифровой фильтрации произведено разделение изменчивости гипсометрии на составляющие. Каждая из составляющих может быть выделена цифровым фильтром с определенными частотными характеристиками. Цифровая фильтрация заключается в поиске аппроксимирующей функции с последующим удалением волновых колебаний относящиеся к этой функции. Нами разработанный метод фильтрации выполняется с использованием степенных полиномов. Физический смысл цифровой фильтрации заключается в нахождении величины отклонений фактической поверхности от аппроксимирующей поверхности. Фильтрация позволяет удалить низкочастотную составляющую. Выявляются мелкие складки гипсометрии длиной до километра и амплитудой до десятков метров, которые не отражаются на гипсометрических планах.

При исследовании состава пород кровли была выявлена пространственная закономерность размещения на градиенте фактора устойчивости. Построенная на основе этой закономерности картографическая модель отражает пространственную ситуацию изменений устойчивости кровли участка в результате прогнозируемого появления зон повышенной трещиноватости.

Компьютерный прогноз зоны повышенной трещиноватости выполняется при моделировании с помощью серии оперативных планов. Разработанный метод, реализован в следующем алгоритме:

- 1) построение оперативного цифрового плана, по высотным отметкам почвы пласта с использованием аппроксимации полиномом;
- 2) применение метода фильтрации, вычисление разности между отметкой точки и отметкой вычисленной при аппроксимации;
- 3) создание второго оперативного цифрового плана по разностям отметок с использованием метода интерполяции по структурным функциям;
- 4) сравнение полученных цифровых планов для выделения

зон повышенной трещиноватости.

Полученная модель геомеханических свойств массива преобразуема в прогнозную модель устойчивости кровли. Для прогноза устойчивости кровли разработан метод решения задач по определению прогнозных характеристик прочностных свойств пород с построением планов устойчивости кровли в цифровой форме. В разработанном методе алгоритм прогноза состоит из пяти операций.

1. Подготовка исходных данных. Эта операция включает в себя формирование массива значений признака в опорных точках на основе результатов определений в разведочных скважинах и в горных выработках с кодированием результатов.

2. Процесс создания сетки из ячеек.

3. Выбор метода вычисления матрицы.

4. Формирование базы данных.

5. Определение значений признака для любой точки цифрового плана.

Разработан метод расчета прогнозных характеристик по цифровым планам для формирования таблицы «объект-свойства» и затем расчет производных прогнозных значений коэффициента устойчивости кровли с помощью статистических преобразований.

Использование мониторинга исходной геомеханической информации встроенного в ГИС-технологии позволяет оптимизировать выбор проектных вариантов. Паспорта крепления горных выработок определяются с учетом коэффициента устойчивости кровли по прогнозным характеристикам прочностных свойств пород. Такой показатель используется в ряде нормативных и методических документов. Постоянный сбор и обработка информации позволяют производить диагностику горно-геологических условий и компьютерное моделирование возможных процессов, возникающих при проведении горных выработок. Наличие связанных баз атрибутивных данных по геомеханическим свойствам горных пород с цифровыми планами горных выработок позволяют моделировать новые слои тематической информации, характеризующей особенности конкретных показателей, отдельных параметров горных пород, а также создавать прогнозные модели динамики геомеханических характеристик.

Созданные модели и алгоритмы являются основой разрабатываемого нами пакета программ «Мониторинг поведения вмещающих пород для принятия проектных решений» (МПП). МПП содержит математическое обеспечение ГИС-технологий и включает алгоритм принятия решений.

Для каждого типа выработок следует определять тип крепи, плотность установки крепи, конечные смещения кровли выработки по этапам ее поддержания, параметры и место применения дополнительных мероприятий, место и время ведения ремонтных работ в выработках.

Алгоритм принятия решения состоит из трех составных операций.

1. Расчет смещения кровли и почвы выработки по этапам ее поддержания.

2. Построение диаграмм конечных смещений почвы и кровли выработки по этапам её поддержания.

3. Анализ диаграмм и принятие решений по выбору типа крепи, необходимых дополнительных мероприятий, количеству и объему перекрепления выработки.

Для расчета ожидаемые смещения пород в кровле, боках и почве выработки с учетом влияния геологических и горнотехнических факторов за основу принимается сопротивление сжатию слоев пород в массиве, которое определяют с учетом нарушенности массива. Коэффициент, учитывающий нарушенность кровли трещиноватостью, следует принимать 0,9 для I и II типов кровли и 0,6 – для III типа.

Информационно-геомеханическая цифровая модель строения горного массива отражает структурные особенности месторождения, которые включают тектонику, условия залегания угольных пластов, трещиноватость угля и пород, характер контактов угля с вмещающими породами и др.

В МПП по результатам прогноза просчитывается необходимость мероприятий по уменьшению смещений кровли выработки за счет уплотнения основной крепи, применения крепи усиления, анкерования кровли и боков выработки, применения рамно-анкерной крепи, упрочнения пород кровли и боков выработки нагнетанием вяжущих веществ. В таком прикладном модуле особая роль отводится последующему приборному контролю. Так для

определения несущей способности анкера и надежности его закрепления в шпуре использовать штанговывергиватель, для измерения конвергенции выработки применять специально оборудованные замерные станции и др.

Таким образом, разработанный прикладной модуль МПП, встроенный в ГИС, позволит производить работу с различными базами данных, производить редактирование цифровых прогнозных планов, производить поиск на них опасных зон, контролировать динамику поведения вмещающих пород, оценивать ее влияние на контролируемые объекты, моделировать развитие различных ситуаций, оптимизировать выбор проектов и их параметров.

### **Выводы**

1. Исследование функциональных возможностей ГИС-технологий для моделирования исходной геомеханической информации показали, что это реально и перспективно.

2. Применение недорогих систем и ГИС-технологий рекомендуется использовать в следующих случаях:

- результаты надо получить быстро;
- требуется оперативная проверка новой информации;
- специалисты знающие интегрированные системы отсутствуют;
- требуется, чтобы как можно больше персонала работали с программой;
- требуется быстро «вчерне» построить модель объекта.

Даже крупные предприятия, имеющие интегрированные системы могут использовать недорогие системы и ГИС-технологий для решения частных задач.

## **2. СОЗДАНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ПЛАНОВ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В ГИС MAPINFO**

MapInfo Professional – это развитая система настольной картографии, позволяющая создавать цифровые карты. Чтобы улучшить работу с MapInfo для решения конкретных задач, можно изменить некоторые параметры системных режимов, которые позволяют задавать операции работы с системным буфером Windows, устанавливать цвета, размер экрана, листа и единицы измерения отчета и др. Чтобы изменить указанные настройки, необхо-

димо использовать меню «Настройки» → «Режимы». Далее перечислены наименования функциональных кнопок окна «Режимы» и указаны соответствующим им функции.

«Окно карты» – позволяет изменять масштаб окна, совмещать объекты при перемещении, выделять объекты, радиус совмещения и др.

«Окно легенды» – определяет настройки разделов легенды по умолчанию.

«Стартовые» – производит появление диалога «Открыть сразу» и использование рабочего набора «MAPINFO.WOR».

«Адресация» – устанавливает порядок представления адреса для операций геокодирования и поиска.

«Каталоги» – задает каталоги, в которых MapInfo будет искать рабочие наборы, программы MapBasic, импортируемые файлы, растровые символы, запросы SQL, тематические шаблоны, сохраняемые запросы, новые тематические растровые карты.

## **2.1. Команды, процедуры и инструменты в MapInfo**

В четырех инструментальных панелях MapInfo собраны кнопки, предоставляющие пользователю наиболее часто употребляемые команды, процедуры и инструменты.

Чтобы переместить панель по экрану, необходимо указать на системную полосу в верхней части окна панели. Чтобы прикрепить инструментальную панель к строке меню MapInfo, нужно переместить ее под строку меню. Чтобы вернуть инструментальную панель в режим показа в рамке (т. е. сделать «плавающей») нужно, указав мышью на область инструментальной панели, не содержащую кнопок, переместить инструментальную панель вниз. Эти же манипуляции можно проделать, используя команду «Настройки» → «Инструментальные панели». В появившемся после этого диалоге «Инструментальные панели», можно установить флажок «В рамке» для каждой из инструментальных панелей, которую нужно увидеть в рамке и перемещать ее по экрану. Нужно сбросить флажок «В рамке» для тех панелей, которые нужно оставить прикрепленными к строке меню. Этот диалог позволяет показывать или прятать любую из панелей, устанавливая или сбрасывая флажок «Показ». Кроме того, можно выбрать

режим показа инструментальных панелей цветными или большими кнопками, а также сохранять их конфигурацию как стандартную. Для того, чтобы удалить инструментальную панель из рабочего окна, нужно дважды указать на изображение системного меню в ее верхнем левом углу.

### **2.1.1. Инструментальная панель «Команды»**

Стандартная инструментальная панель «Команды» содержит часто применяемые команды меню: «Файл», «Правка», «Окно», а также инструменты быстрого доступа к командам «Районы» и «Справка».

Команда «Новая таблица» создает новый векторный слой (новую таблицу), который состоит из графической компоненты и атрибутивной компоненты (данные которой могут быть показаны в окне Списка). Команда позволяет также определить, в каких окнах будет показана новая таблица. Панель содержит часто применяемые команды:

– «Открыть таблицу» открывает таблицу MapInfo Professional, таблицу СУБД, файл формата dBase DBF, текстовый файл формата ASCII, имеющий разделители, таблицу Lotus 1-2-3, таблицу Microsoft Excel, растровое изображение и файл базы данных Microsoft Access 97.

– «Сохранить таблицу» позволяет сохранить текущую таблицу во внешней памяти компьютера. Она становится доступной, если хотя бы в одну открытую таблицу внесены какие-либо изменения.

– «Сохранить копию» создает новую таблицу, копируя уже существующую таблицу (включая последние изменения) в таблицу под новым именем. Эта команда доступна, если открыта хотя бы одна таблица.

– «Печать» запускает процедуру печати активного окна Списка, Районирования, Карты, Графика или Отчета, используя параметры, установленные командой «Настройка печати». Эта команда доступна, если открыто одно из окон Списка, Районирования, Карты, Графика или Отчета.

Команда «Вырезать» позволяет перемещать выбранный текст или выбранные объекты в буфер обмена Windows, если выполняется одно из следующих условий:

- активно окно Списка и выбрана хотя бы одна строка;
- активно окно Отчета и выбран хотя бы один объект;
- активно окно Карты и выбран хотя бы один объект и не действует режим «Форма»;
- активно окно MapBasic и в нем выбран текст.

Команда «Копировать» помещает в буфер обмена Windows выбранный текст и/или графические данные, если выполняется одно из следующих условий:

- активно окно Списка и выбрана хотя бы одна строка;
- активно окно Карты и выбран хотя бы один объект и не действует режим Форма;
- активно окно Графика;
- активно окно MapBasic и в нем выбран текст.

Команда «Вставить» вставляет содержимое буфера обмена в таблицу или в окно (но не в таблицу запроса), если выполняется одно из следующих условий:

- активно окно Списка;
- буфер обмена содержит текстовые данные или объект карты;
- активно окно MapBasic;
- активно окно Отчета.
- окно карты скопировано в буфер обмена (тогда команда принимает вид «Вставить карту»).

Команда «Отменить» позволяет вернуть состояние программы перед выполнением последней команды, если была выполнена операция, допускающая отмену. К таким операциям относятся создание, перемещение, удаление объектов, создание или удаление записей в таблицах. После выполнения команды «Отменить» становится активной команда «Повторить».

Команда «Новый список» открывает окно Списка с данными одной из открытых таблиц, если открыта хотя бы одна таблица.

Команда «Новая карта» показывает окно Карты для представления данных открытых таблиц в виде карты, если открыта хотя бы одна таблица, в которой содержатся графические объекты.

Команда «Новый график» открывает окно Графика для графического представления численных данных открытых таблиц, если открыта хотя бы одна таблица с хотя бы одной числовой колонкой (тип «целое», «короткое целое», «десятичное», «вещественное»).

Команда «Новый отчет» открывает окно Отчета для представ-

ления изображений из других окон на распечатке.

Инструмент «Справка» открывает Справочник MapInfo.

### **2.1.2. Инструментальная панель «Операции»**

В инструментальной панели «Операции» собраны средства выбора объектов на карте, изменения вида окна Карты и получения информации. Здесь находятся кнопки ускоренного открытия окон:

– «Показать по-другому» открывает диалог «Показать по-другому», в котором можно изменить представление на экране окна Карты.

– «Ладощка» включает инструмент «Ладощка», с помощью которого можно перемещать изображение в окне Карты или Отчета.

– «Информация» включает инструмент «Информация», который позволяет видеть, какие данные из атрибутивной таблицы векторного слоя (запись) соответствуют выбранному объекту Карты.

– «Подпись» включает инструмент «Подпись», с помощью которого подписываются объекты Карты.

– «Управление слоями» открывает диалог «Управление слоями», с помощью которого можно перетасовывать слои в окне Карты и изменять режимы их показа.

– «Легенда» открывает окно «Легенда» для карт и графиков.

– «Выбор-в-рамке» включает инструмент «Выбор-в-рамке», с помощью которого можно выбрать (прочертить мышкой) прямоугольный фрагмент карты и выбрать все попавшие в пунктирную рамку области.

– «Выбор-в-области» включает инструмент «Выбор-в-области», с помощью которого можно выбрать объекты карты, попавшие в некоторую очерченную мышью область окна Карты.

– «Выбор-в-круге» включает инструмент «Выбор-в-круге», с помощью которого можно изобразить круг и выбрать объекты карты, попавшие в него.

– «Линейка» включает инструмент «Линейка», с помощью которого можно измерять длины прямых и ломаных линий (полилиний).

– «Стрелка» включает инструмент «Стрелка», с помощью которого можно выбирать отдельные объекты в окне Карты, на макете Отчета или помечать отдельные записи атрибутивной таблицы в окне Списка.

– «Добавить выборку в район» позволяет добавить к изменяемому району выбранные объекты.

– «Выбрать изменяемый район на карте» делает изменяемым район, которому принадлежит выбранный объект.

### **2.1.3. Инструментальная панель «Пенал»**

Инструментальная панель «Пенал» содержит инструменты и команды, обеспечивающие создание векторных изображений в редактируемом слое окна Карты и содержит следующие кнопки:

– «Добавить узел» включает инструмент «Добавить узел», с помощью которого можно добавлять инструменты в режиме «Форма».

– «Дуга» включает инструмент «Дуга», который позволяет изобразить дугу с угловым размером в четверть эллипса.

– «Эллипс» включает инструмент «Эллипс», с помощью которого можно изображать эллипсы и круги.

– «Рамка» включает инструмент «Рамка», который позволяет разместить на макете Отчета содержимое окон Карты, Графика, Списка и других окон.

– «Линия» включает инструмент, изображающий прямую линию.

– «Стиль линии» открывает диалог «Стиль линии», в котором можно выбрать стиль, цвет и толщину линейных объектов редактируемого слоя окна Карты.

– «Полигон (Многоугольник)» включает инструмент «Полигон», позволяющий создавать замкнутую область, ограниченную отрезками прямых линий.

– «Статистика» открывает окно «Статистика», в котором сообщаются вычисленные для выбранных объектов или записей статистические величины: сумма, среднее, количество и т. д.

– «Увеличивающая Лупа» включает инструмент «Увеличивающая Лупа», который позволяет увеличить изображение окна Карты или она Отчета.

- «Уменьшающая Лупа» уменьшает изображение окна Карты или окна Отчета.
- «Переноска» переносит содержимое окна Карты в документы программ, поддерживающих OLE.
- «Создать врезку» размещает на макет отчета содержимое подготовленного окон Карты, Списка или Графика.
- «Режим врезки» включает, выключает режим врезки.
- «Полилиния (Ломаная)» позволяет создавать векторный объект типа «полилиния».
- «Прямоугольник» позволяет создать векторный объект типа «прямоугольник» или «квадрат».
- «Стиль области» открывает диалог «Стиль области», в котором можно выбрать стиль векторного объекта типа «область»: тип и цвет штриховки/заливки области и тип, цвет и толщину границы области.
- «Форма» включает, выключает режим «Форма», в котором можно выполнять редактирование отдельного векторного объекта изменяемого слоя окна Карты, добавляя, удаляя и перемещая узлы (вершины) объекта.
- «Скругленный прямоугольник» позволяет изображать прямоугольники и квадраты со скругленными углами;
- «Символ (Булавка)» позволяет помещать в редактируемый слой векторные объекты типа «точка»;
- «Стиль символа» открывает диалог «Стиль символа», в котором можно выбрать тип, размер, цвет символа;
- «Текст» позволяет разместить в редактируемом слое окна Карты векторный объект типа «Текст»:
- «Стиль текста» открывает диалог «Стиль текста», в котором можно выбрать гарнитуру, размер, стиль, цвет шрифта и цвет фона текстового объекта.

## **2.2. Работа с данными в среде MapInfo Professional**

Работа в среде MapInfo Professional начинается с открытия одной или нескольких таблиц с данными через обращение к файлам с расширением «TAB».

### 2.2.1. Размещение информации в таблицах

Необходимо выбрать тип окна, в котором будут размещены данные. Открыв список «Представление» в диалоге «Открыть таблицу», нужно выбрать хотя бы один из следующих пяти вариантов.

– «Как получится» – система автоматически выбирает наиболее подходящий способ представления таблицы в окне Карты. Если уже существует открытое окно Карты и данные в открываемой таблице могут быть добавлены в него, MapInfo автоматически будет открывать таблицу в текущем окне Карты. Если таблица не содержит графических объектов, MapInfo откроет для нее окно Списка. Если в таблице не содержится ни графических данных, ни данных в форме списка, MapInfo использует режим «Скрыть», в котором открытые данные не будут выводиться на экран компьютера.

– «Списком» – MapInfo откроет таблицу в окне Списка.

– «В активной карте» – MapInfo добавит данные в активное окно Карты.

– «В новой карте» – MapInfo откроет таблицу в новом окне Карты.

– «Скрыть» – MapInfo откроет таблицу, но данные не будут выводиться на экран компьютера.

Два режима из пяти («Как получится» и «Скрыть») работают с таблицами всех типов, вне зависимости от типа данных, которые в них содержатся. В остальных случаях MapInfo пытается открыть таблицу в соответствии с выбранным вариантом, т.е. либо списком, либо в активном окне Карты, либо в новом окне Карты. При неудаче MapInfo будет открывать таблицы в соответствии со следующими правилами.

Если выбран вариант «В активной карте», но на экране нет ни одного открытого окна Карты, MapInfo попытается открыть таблицу в новом окне Карты.

Если выбраны варианты «В новой карте» или «В активной карте», а данные не содержат графических объектов, MapInfo попытается открыть таблицу в окне Списка.

Если в таблице не содержится ни графических объектов, ни данных в форме списка, MapInfo откроет таблицу в режиме

«Скрыть» (без вывода на экран).

Когда таблица закрывается, прекращается ее использование в данном сеансе работы с MapInfo. Чтобы закрыть таблицу, нужно выполнить команду «Закреть» (меню «Файл»). При этом закрываются все окна, в которых представлены те или иные данные этой таблицы.

Если закрывается таблица, которая отображается в окне Карты вместе с другими таблицами, то MapInfo удаляет только соответствующий слой карты, а окно Карты остается открытым. Кроме того, закрываются также все подмножества указанной таблицы, в частности, временные выборки.

Команду «Закреть» можно выполнить также для таблиц, которые не показываются ни в одном из окон.

Открыть или закрыть таблицу – это не то же самое, что открыть или закрыть окно. Таблицу можно открыть, не показывая ее ни в одном из окон MapInfo. Закрывание же окна не влечет за собой закрывание таблицы (или таблиц), которые показывались в этом окне. Такие таблицы по-прежнему можно использовать. Чтобы закрыть окно, нужно дважды указать на кнопку системного меню в верхнем левом углу окна или выбрать в этом меню команду «CLOSE». Если внесенные в таблицу изменения не были сохранены перед закрытием таблицы, на экран будет выведен системный запрос: сохранить ли изменения? Для того чтобы сохранить изменения, нужно выполнить команду «Сохранить» из меню «Файл».

Создание карты в MapInfo начинается с открытия таблицы или таблиц. Если выполнить команду «Открыть» из меню «Файл», появится диалог «Открыть таблицу», в котором нужно указать одну или несколько таблиц и нажать кнопку «ОК». В списке «Представление» можно оставить значение «Как получится». Программа автоматически распределит открытые таблицы друг под другом в окне Карты.

Если одна или несколько таблиц открыты, но не показаны в окне Карты, то их можно показать двумя нижеописанными способами.

1. Можно использовать команду «Окно» → «Новая карта». Эта команда размещает открытую таблицу в окне карты, или, если таблиц несколько, демонстрирует диалог выбора, какие табли-

цы нужно поместить в окно Карты. Те таблицы, которые в диалоге будут показаны ниже других, будут помещаться на карту первыми.

2. Можно воспользоваться кнопкой «Добавить» в диалоге команды «Карта» → «Управление слоями». Если одна карта уже открыта, можно добавлять в нее новые слои из диалога команды «Карта» → «Управление слоями». Программа автоматически разместит в диалоге «Управление слоями» слой точечных объектов поверх областей и линий.

Команда «Карта» → «Дублировать окно» создает дубль окна, который далее можно изменять по своему усмотрению. Другим способом дублирования окна Карты является прямое перетаскивание окна мышкой с помощью инструмента «Переноска». Выбрав этот инструмент, нужно поместить указатель мыши на карту и, не отпуская кнопку мышки, переместить указатель в рабочую область среды MapInfo вне карты. Существует и третий способ: можно воспользоваться командами «Копировать» → «Вставить» из меню «Правка».

Можно создать фрагмент карты для последующего формирования на его основе картографической врезки. Все подписи, тематические объекты и точечные объекты, показанные на карте, будут показаны и на врезке. Можете сохранить врезку в рабочем наборе. Для создания фрагмента-врезки сначала следует выбрать область врезки. Затем нужно выполнить команду «Карта» → «Выбрать область врезки» или нажать одноименную кнопку. На карте будут показаны только те объекты, которые ограничены областью врезки. Чтобы вновь увидеть всю карту, нужно выполнить команду «Скрыть врезку» или нажать соответствующую кнопку.

### **2.2.2. Как внести новые данные в MapInfo**

В MapInfo можно использовать табличные данные форматов Microsoft Excel, Microsoft Access, а также растровые изображения. Для этого нужно открыть файл исходных данных в соответствующем формате, в результате чего будет создана таблица в формате MapInfo с конвертированными исходными данными. Если снова открыть файл данных в его исходном формате, MapInfo выдаст сообщение: «Таблица уже определена. Хотите ли вы по-

строить ее заново?»).

Чтобы данные могли быть отображены в окне Карты, они должны содержать векторные модели геообъектов, состоящие из точек-узлов, координаты которых X и Y. Если векторные модели не созданы, а координаты точек объектов известны, или известны те или иные семантические данные, связывающие эти геообъекты с другими ГИС-объектами, то для создания векторных моделей таких геообъектов можно применить процедуру геокодирования. Чтобы создать новую карту, нужно выполнить команду «Окно» → «Новая карта».

Окно Карты MapInfo может включать растровые изображения, представленные в формате MapInfo в виде растровых таблиц. Растровые таблицы можно использовать как подложку под векторные карты для качественной векторизации, актуализации или верификации данных карты. Чтобы растровое изображение стало таблицей MapInfo, его нужно регистрировать в MapInfo, т.е. привязать его к системе координат или к картографической проекции. Для этого открытие растрового изображения как растрового файла в диалоге «Открыть таблицу» автоматически сопровождается диалогом «Регистрация изображения». В результате регистрации создается одноименный с растровым файлом текстовый файл с расширением «ТАВ» файл, содержащий указание на растровый файл и точки привязки растрового изображения к системе координат или к картографической проекции.

### **2.2.3. Таблица в виде карты и списка, графики и легенды**

Когда нужно показать таблицу на экране, можно выбрать одно из представлений MapInfo: в виде карты, списком или же графиком.

При открытии таблицы в виде карты, открывается доступ к меню «Карта». С помощью этого меню можно:

- контролировать вид карты и работать с ней;
- изменять порядок размещения слоев в окне Карты;
- задавать и изменять стиль представления векторных объектов в окне Карты;
- добавлять новые векторные и растровые слои в окно Карты;

- создавать и изменять тематические (условные) слои;
- изменять масштаб изображения в окне Карты;
- вносить надписи в слои карты;
- устанавливать и изменять систему координат или картографическую проекцию окна Карты, задавая также единицы измерения координат, расстояний, площадей.

Иногда бывает необходимо просмотреть данные в стандартной табличной форме. В MapInfo подобное представление называется окном Списка. Чтобы показать таблицу в окне Списка, нужно выполнить команду «Окно» → «Новый список», выбрать таблицу, атрибутивные данные которой нужно видеть в окне Списка, и нажать кнопку «ОК».

В окне Списка показываются поля таблицы (колонки) и записи (строки). С помощью команды «Список» → «Внести поля» можно выбирать поля, которые следует показывать в окне списка. Чтобы отобразить в окне Списка характеристики, которые не присутствуют явно в таблице, в диалоге «Внести поля» можно выбрать «Выражение» из списка «Поля в списке». Чтобы показать или скрыть сетку в окне «Списка», нужно выполнить команду «Список» → «Сетка». Для того, чтобы добавить новую строку в окно Списка, используется команда «Правка» → «Новая запись».

При внесении новой информации в окно Списка и при редактировании существующей между полями атрибутивной таблицы можно передвигаться с помощью нажатия клавиш «TAB» и «SHIFT+TAB». Нужно помнить, что прежде чем закончить работу с программой MapInfo, следует сохранить внесенные в атрибутивную таблицу изменения.

Маркер в форме квадратика слева от каждой записи в окне Списка предназначен для того, чтобы отмечать выбранные записи. Чтобы выбрать запись в окне Списка и соответствующий объект на карте, нужно указать мышью на любой из маркеров. Чтобы добавить записи в выборку, их следует записать, нажав клавишу «SHIFT». Выборку записей можно просматривать в окнах Списка, Карты или Графика.

Чтобы построить график, нужно выполнить команду «Окно» → «Новый график» и указать название таблицы, на основании данных которой нужно построить график. Данные из указан-

ной таблицы будут представлены в виде столбчатого графика. Кроме того, в главном меню появится меню «График». С помощью команд этого меню можно настраивать вид графика, в частности, изменять его тип, стиль показа, шрифты и заголовки. Кроме того, можно регулировать вид осей X и Y из меню «График». Построив график, можно сравнить значения различных свойств и характеристик векторных объектов таблицы. В MapInfo можно создавать линейные и зональные графики, а также круговые и столбчатые диаграммы.

Окно Отчета позволяет размещать окна списков, карт, графиков, а также другие графические объекты на странице макета для печати на принтере, плоттере или для вывода в файл. Окно отчета можно открыть, выполнив команду «Новый отчет» в меню «Окно».

В окне Легенды отображается картографическая легенда с условными обозначениями к карте. Вы можете создать легенду для любого слоя в окне Карты. Изменения в легенде можно сделать, нажав правую кнопку мышки и открыв из списка «Меню легенды». Для создания легенды нужно выполнить команду «Карта» → «Создать легенду». При этом окно Карты должно быть активным.

Наименования слоев, перечисленных в разделе легенды диалога «Создать Легенду – Шаг 1 из 2», будут включены в состав легенды. Этот перечень включается в легенду «по умолчанию». Для перебора наименований слоев нужно использовать кнопки «Вверх» и «Вниз». Для того, чтобы исключить имя слоя из легенды, нужно указать его мышкой и нажать кнопку «Удалить». Для добавления имени слоя в легенду из группы «Слои», нужно после указания мышкой нужного слоя нажать кнопку «Добавить».

### **2.3. Выделение слоев карты и работа с ними**

Большинство ГИС позволяют разделять информацию на карте в логические категории называемые картографическими слоями. Слои содержат информацию только об одном типе объектов или о небольшой группе связанных объектов, например,

коммунальные транспортные магистрали (телефонные, электрические и газовые линии).

Данные разносят по слоям с условием чтобы их можно было анализировать по отдельности на одном слое, либо совместно с другими слоями. Для получения более значимых аналитических результатов слои в ГИС должны быть связаны друг с другом через общую систему координат базы данных.

Слои могут быть использованы для создания композитных карт путем совмещения их на дисплее компьютера. При анализе новых перекрытий создаются математически комбинированные перекрытия уже существующих. Новые комбинации можно использовать для создания альтернативных сценариев. Логически разделённые данные по слоям облегчают управление и использование базы данных и её производных.

Записи атрибутивных таблиц, к которым присоединены векторные объекты, можно показывать в окнах Списков, а сами векторные объекты – в окнах Карт. В каждом окне Карты можно показывать одну, две или более таблиц. Каждая таблица в окне Карты MapInfo представляет собой слой карты, аналогом которого можно считать прозрачную пленку, на которую можно нанести векторное или растровое изображение.

Каждый векторный слой хранит конечное множество пространственных объектов. Поместив такие слои один поверх другого, можно получить полноценную векторную карту.

### **2.3.1. Косметический слой**

Каждое окно карты содержит так называемый Косметический слой – это пустой векторный слой, всегда лежащий в окне Карты поверх всех прочих слоев. Он используется для чернового рисования, временного размещения объектов (или их копий) прочих векторных слоев, а также надписей, заголовков карт и прочей сопровождающей карту семантической информации. Косметический слой невозможно удалить из окна Карты, а также изменить его положение по отношению к остальным слоям карты.

Косметический слой может быть либо доступным, либо изменяемым. Другие режимы: подписывание, масштабный эффект, оформление – для Косметического слоя не устанавливаются. Вы-

брать вид штриховки, тип линий, символов и шрифт для Косметического слоя можно с помощью команд «Стиль» меню «Настройка». Содержимое Косметического слоя изменяется при изменении размера изображения в окне. За исключением символов, все объекты и текст на косметическом слое увеличиваются или уменьшаются при изменении размера изображения в окне. Если вы сделали подписи или нарисовали иные объекты на косметическом слое, а затем изменили размер изображения в окне, размер подписей и других объектов изменится.

Чтобы удалить объекты с косметического слоя, выполните команду «Удалить косметику» из меню «Карта». Косметический слой не сохраняется автоматически при закрытии окна карты. Если вы хотите сохранить объекты, нарисованные на косметическом слое, сохраните рабочий набор. Программа при закрытии предупреждает о том, что остались не сохраненные косметические объекты и предлагает их сохранить. Этот диалог можно регулировать в выражении «Настройка» → «Режимы» → «Окно карты».

Можно сохранить содержимое косметического слоя в качестве постоянного слоя, выполнив команду «Сохранить косметику» из меню «Карта». Можно поместить объекты косметического слоя на какой-нибудь уже существующий слой или создать для них новый слой.

### **2.3.2. Диалог «Управление слоями»**

Управлять всеми режимами слоев можно в диалоге команды «Управление слоями» из меню «Карта». Выбрав один слой из списка, можно регулировать его положение по отношению к остальным слоям, изменяемость и доступность слоя, а также режимы показа на экране. Этот диалог открывается также нажатием на кнопку из панели «Операции». Диалог показывает все слои, образующие карты и состояние этих слоев. Слои могут быть видимыми, изменяемыми, доступными и подписанными. Над каждым флажком расположена соответствующая пиктограмма. Эти пиктограммы снабжены подсказками, и достаточно поместить на пиктограмму указатель мыши и подождать несколько секунд, чтобы увидеть подсказку. В этом диалоге можно перемещать и

удалять как отдельные слои, так и группы слоев, а также менять атрибуты сразу для нескольких слоев. Из этого диалога также доступны диалоги оформления и подписывания слоев.

Можно сделать слой невидимым, сбросив флажок видимости, и тогда объекты этого слоя не будут показываться на карте. Соответствующая таблица остается открытой. Операция скрытия слоев может применяться к группе выбранных слоев. Делать слои невидимыми удобно при работе с многослойными картами. Например, можно сделать невидимым базовый слой, а созданный на его основе тематический слой можно оставить видимым.

Слои карты показываются в том порядке, в котором они перечислены в диалоге «Управление слоями». Слой, указанный в списке последним, выводится на карту в первую очередь, а слой, указанный первым (это всегда Косметический слой), выводится последним, поверх остальных. Важно правильно задать порядок слоев на карте. Изменить порядок слоев в окне Карты можно с помощью кнопок «Вверх» и «Вниз». Изменение порядка вывода слоев не влияет на Косметический слой. Перемещать слои можно также мышкой. При этом указатель мыши изменяется, подсказывая, куда можно, а куда нельзя перемещать слои.

Порядок слоев особенно важен при использовании инструмента «Стрелка», который выбирает объекты с самого верхнего доступного слоя. Если нужный объект заслонен объектами на других слоях, и все они доступны, вы можете переместить слой с нужным объектом поверх других доступных слоев в диалоге «Управление слоями». Если объекты на слое карты закрывают друг друга можно использовать средства переупорядочивания доступные в окне «Отчета». Если, например, нужно в одном и том же слое изобразить полилинию и эллипс, то невозможно в общем случае предугадать, какой из объектов будет верхним.

Рекомендуется придерживаться следующего правила: линии помещаются в отдельный слой, области – в другой слой, а точки – в третий. Тогда можно будет перемещать слои, а не объект. Это гарантирует отсутствие проблем с наложением объектов.

Добавление и удаление слоев осуществляется соответствующими кнопками. При этом можно удалять или добавлять сразу несколько слоев, благодаря тому, что в диалогах MapInfo можно выбирать несколько строчек списка, манипулируя при выборе

клавишами SHIFT и CTRL.

Режимы показа каждого слоя можно настроить в диалоге «Оформление», который открывается при нажатии одноименной кнопки в диалоге «Управление слоями». В этом диалоге можно настроить оформление слоя, масштабный эффект и показ узлов, центроидов и направлений линейных объектов.

Иногда некоторые слои требуется показывать только при определенном экранном масштабе. В этом заключается масштабный эффект. Таким образом, масштабный эффект – это механизм, осуществляющий показ содержимого слоя только при заданных реальных размерах фрагмента изображения в окне Карты. Например, рассмотрим два слоя: улиц и областей. Когда увеличивается размер окна Карты до величин более 25 км, улицы в окне сливаются в пятна и невозможно отличить одну улицу от другой. Используя масштабный эффект, можно показывать слой улиц только в тех случаях, когда размеры окна Карты составляют менее 10 км.

Установку масштабного эффекта можно начать с установки флажка «Масштабный эффект» в диалоге «Управление слоями», после чего следует нажать кнопку «Оформление». В открывшемся диалоге задайте максимальный и минимальный пороги для масштабного эффекта. Даже, если флажок «Масштабный эффект» не был установлен, то в диалоге «Оформление» все равно можно задавать пороговые величины, включая тем самым масштабный эффект.

Для разных слоев одного и того же окна Карты можно вводить различные диапазоны масштабного эффекта. Пусть, например, на карте показываются слои улиц, районов и областей. При этом можно показывать слой улиц при размерах изображения в окне менее 8 км, слой районов – при размерах изображения от 20 до 200 км, а слой областей – при размерах изображения более 100 км. Можно установить свой масштабный эффект для каждого из перечисленных слоев.

### **2.2.3. Доступные и изменяемые слои**

Если векторный слой является изменяемым, то можно редактировать содержащиеся в нем объекты и их атрибуты. В из-

меняемом слое можно создавать новые объекты, удалять, объединять и разъединять их. В каждый момент времени только один слой карты может быть изменяемым.

Для того, чтобы сделать изменяемым, нужно ввести флажок в окошко «Редактируемость» в диалоге «Управление слоями», соответствующее тому слою, содержимое которого нужно (меню «Карта» → «Управление слоями»).

Изменяемость векторного слоя можно контролировать через строку сообщений, которая размещается в нижней левой части рабочего окна MapInfo. Для этого нужно щёлкнуть мышкой по имени нужного слоя, тогда оно появится в строке сообщений. Для того чтобы отменить изменяемость всех слоев, нужно выбрать «Нет».

Если слой является доступным, можно выбирать объекты этого слоя и применять к ним различные аналитические операции, а также инструменты «Информация» и «Подпись». Однако векторные объекты на доступном слое нельзя редактировать, если этот слой не является также и изменяемым. Доступным могут быть все слои или несколько, но изменяемым – только один слой. Атрибуты изменяемости и доступности слоя можно задавать для группы выбранных слоев, манипулируя клавишами «SHIFT» и «CTRL» при выборе слоев. Следует помнить, что режимы доступности и изменяемости применяются только к окну Карты. Выбор объектов слоя можно производить с помощью команд «Выбрать» или «SQL-запрос» вне зависимости от того, является ли этот слой изменяемым.

Добавление нового слоя в цифровую карту осуществляется в MapInfo через меню «Файл» и сводится к открытию векторной или растровой таблицы в текущем или любом другом окне Карты. Удалить слой из состава цифровой карты можно, используя пункт «Закрыть таблицу» меню «Файл».

## **2.4. Векторизация графических данных в программе MapInfo**

Под векторизацией понимается перевод растрового формата графических данных в векторный. Технология векторизации заключается в последовательной трассировке контуров элементов на совмещенных изображениях исходного (растра) и получаемого

го (векторного) на одном экране компьютера.

### 2.4.1. Выбор стиля и выделение объекта

Прежде чем приступить к выполнению процесса векторизации, нужно задать стили векторных объектов, которые должны быть на создаваемой цифровой карте.

Для выбора стиля векторного объекта-области нужно нажать на пиктограмму «Стиль области» и в появившемся окне выбрать:

- цвет, штриховку или заливку области и цвет фона;
- стиль, толщину и цвет границы области.

Для выбора стиля линейного объекта нужно нажать на пиктограмму «Стиль линии» и в появившемся окне выбрать стиль линии или полилинии аналогично выбору стиля границы области.

Для выбора стиля символа нужно нажать на пиктограмму «стиль символа» и в появившемся окне выбрать нужный набор символов (Font), а в нем – нужный символ (Symbol), цвет, величину и другие атрибуты символа.

Для выбора стиля текста нужно нажать на пиктограмму «стиль текста» и в появившемся окне выбрать тип шрифта (Font), размер, цвет и другие атрибуты шрифта.

Основной инструмент для выделения единичного объекта – инструмент «Стрелка» . С помощью инструмента «Выбор-в-рамке»  можно выделить несколько объектов.

Отменить выделение объекта можно либо, щёлкнув мышкой вне объекта, либо нажав «Shift» и щёлкнув мышкой на объекте. Если на карте одно место занимают несколько объектов (находятся друг на друге), то выделить объект, лежащий ниже, можно, нажав клавишу клавиатуры «Ctrl» и щелкая «Стрелкой» на объекте, пока тот не выделится («Стрелка» должна быть неподвижной).

### 2.4.2. Режимы векторизации, изменение масштабов

В MapInfo векторизация происходит в ручном режиме. Не-

обходимо поверх растровых объектов нанести векторные. Векторизация линий производится ломаной линией (полилинией / poliline), площадных объектов (озера, леса, болота, т. е. таких, у которых ширина выражается в масштабе) – многоугольником (полигоном / poligon), символьных объектов (символами / simbol), текста – нанесением поверх растрового текста аналогичного по шрифту, размеру и т. д. – векторного.

Для качественной и точной векторизации следует увеличить растр в 10-20 раз относительно истинного масштаба карты, например, для карты базового масштаба 1: 500 000 экранный масштаб растра должен быть в диапазоне значений: 1:50 000 – 1:25 000.

Для математически точного соединения узлов линий, полилиний, линий и символов, линий и регионов, привязки точек пересечения линий нужно использовать Снэппинг. Снэппинг – это функция, которая позволяет привязать узел одного объекта к узлу другого объекта. Не используя Снэппинг, можно допустить неточные соединения объектов (перелет, недолет, висячие узлы), теряется точность комбинации объектов. Возможны также ошибки при разрезании объекта или удалении части объекта.

Для того, чтобы воспользоваться функцией снэппинга, нужно нажать клавишу «S» в латинском регистре клавиатуры («En» – в нижней части рабочего окна появится отметка «SNAP»). Если режим снэппинга включен, при наведении курсора мыши на узел на экране появляется пунктирное перекрестье.

Оптимальным подходом следует считать использование автотрассировки – функции, помогающей ускорить векторизацию объектов, используя существующие векторные объекты. Для включения режима автотрассировки нужно нажать клавишу «S» (активация снэппинга), подвести курсор мыши к крайнему узлу существующего объекта-полилинии или к любому узлу границы объекта-области и, удерживая клавишу «Shift» или «Ctrl», подвести курсор ко второму крайнему узлу объекта-полилинии или к конечному узлу границы объекта-области. Выбранная для автотрассировки полилиния или граница объекта-области будет подсвечиваться.

Пиктограмма  вызывает появление окна, в котором мож-

но установить точные размеры окна Карты (Zoom), масштаб карты в окне Карты (Map Scale) и центр окна Карты (Center of Window).

### 2.4.3. Просмотр и редактирование узлов и объектов

Для просмотра и редактирования отдельных узлов объекта-полилинии или объекта-области, нужно выделить данный объект и перейти в режим редактирования объектов на уровне узлов, нажав пиктограмму . Для добавления узлов нужно использовать пиктограмму , которая становится доступной лишь после нажатия на . Используя клавиши «Shift» и «Ctrl», можно выделить группу узлов в нужном их промежутке. Для этого сначала выделяется первый узел, затем при нажатой и удерживаемой клавише «Shift» – последний узел.

Для перемещения векторного объекта, его нужно сначала выделить. Удерживая нажатой левую клавишу мышки, нужно дождаться, пока не появится указатель в форм перекрестья и только после этого переместить объект в иное место карты, продолжая удерживать левую клавишу мыши.

Для удаления какого-либо векторного объекта из состава векторного слоя (таблицы) его необходимо выделить и нажать клавишу «Delete». Для удаления отдельного узла или набора узлов из векторного объекта нужно перейти в режим редактирования на уровне узлов, выделить узел или набор узлов (используя клавиши «Shift» или «Ctrl») и нажать клавишу «Delete».

### 2.4.4. Комбинированные операции с объектами и измерения

Внешняя и внутренняя часть объекта удаляется следующим способом.

Выделить изменяемый объект.

Выполнить операцию «Объекты» → «Выбрать изменяемый объект» (Object/ Set Target).

Выделить объект, по шаблону формы которого нужно удалить часть изменяемого объекта.

Выполнить операцию «Объекты» → «Удалить» / «Удалить внешнюю часть» (Object/ Set Target / Erase (Erase Outside)).

Разделение объекта (разрезание) производится следующим способом.

1. Выделить разрезаемый объект.
2. Выполнить операцию «Объекты» → «Выбрать изменяемый объект».
3. Выделить объект, с помощью которого нужно разрезать изменяемый объект.
4. Выполнить операцию «Объекты» → «Разрезать» (Object/ Set Target/ Split).

Комбинирование объектов производится следующим способом. Выделить комбинируемые объекты. Выполнить операцию «Объекты» → «Комбинировать» (Object/ Set Target/Combine). Комбинируются только однотипные объекты: «область» и «область», «полилиния» и «полилиния».

Для того, чтобы узнать координаты векторного объекта, длину полилинии или площадь и периметр области, нужно дважды щёлкнуть мышкой по объекту – появится окно, в котором будут показаны указанные параметры объекта.

Для изменения проекции векторной карты, единиц измерения и т. п. нужно воспользоваться меню «Карта» → «Режимы» (Map/Options). Появится окно установки режимов работы с окном Карты, в котором нужно установить необходимые функции.

#### **2.4.5. Пространственные топологические отношения и связи между объектами**

Топология описывает пространственную связь объектов, определяя свойства объектов. Она включает в себя информацию, какие условные знаки соответствуют определённым объектам, как точки соединены друг с другом и какие точки и линии образуют полигоны. Эта информация хранится внутри ГИС. Топологическая информация даёт возможность пользователю ГИС извлекать информацию, например о том, какое перекрытие имеют определённые полигоны, находится ли линия внутри полигона и насколько один объект расположен близко к другому. В рамках цифровой карты различаются топологические пространственные

отношения и топологические связи между картографическими объектами.

Топологические пространственные отношения (ТПО) – это пространственные топологические отношения в рамках традиционной ГИС-технологии. ТПО в ГИС могут устанавливаться автоматически системой или явным образом самим оператором. ТПО отражают лишь абстрактные пространственные отношения между объектами или их частями.

Топологические связи (ТПС) – это такие ТПО, которые кроме обозначения пространственных топоотношений несут дополнительную функциональную «нагрузку» - отражают реальные физические каналы передачи вещественных, энергетических и информационных ресурсов через границы объектов, отражаемых на цифровой карте. Другими словами, ТПС отражают ресурсные потоки на территории города. ТПС устанавливаются, разрываются и преобразовываются в ТПО либо явным образом самим оператором, либо программами, работающими в среде ГИС.

ТПО могут преобразовываться в ТПС и наоборот. Исключением являются внутренние ТПО объекта, которые не могут преобразовываться в ТПС.

На цифровой карте имеют место следующие ТПО:

- внутренние ТПО объекта (части объекта должны иметь топологические отношения между собой);
- межобъектные ТПО (самостоятельные смежные объекты должны иметь общие узлы и дуги);
- подвидом межобъектных ТПО являются межслойные ТПО, отражающие тот факт, что топологические отношения могут устанавливаться между объектами разных слоев карты;
- на основе межслойных ТПО могут строиться ТПО сети объектов, состоящих из множества объектов, пространственно связанных между собой в соответствии с принципом неразрывности пространства;

ТПС устанавливаются только между объектами (межобъектные ТПС, в том числе между объектами разных слоев – межслойные ТПС). Внутренние ТПО устанавливаются для всех целостных объектов (части объектов должны образовывать между собой топологические конструкции), например, здания должны образовывать целостные объекты, части которых связаны простран-

ственными топоотношениями.

Объекты, условно расчлененные границами растровых изображений планшетов, должны образовывать целостный векторный объект, которому соответствует одна запись в семантической базе данных (таблице). Проверка осуществляется следующим образом: при выборе объекта мышью должен помечаться как выбранный весь объект, а на экране должна выводиться соответствующая этому объекту единственная запись из семантической базы данных.

Дуги должны быть математическими дугами, а не последовательностью взаимосвязанных отрезков. Границы смежных объектов, отображаемые в виде дуг, должны совпадать. Узлы смежных объектов, участвующие в образовании пространственных топологических отношений или связей, должны совпадать с абсолютной точностью.

На цифровой карте должны быть представлены так называемые «гибкие» и «жесткие» объекты. «Жесткие» объекты – это такие объекты, которые сохраняют свою форму всегда, кроме случая выполнения явной операции редактирования формы данного объекта. «Гибкие» объекты изменяют свою форму, если в результате редактирования или переноса изменяет свою форму соседний с ним объект, имеющий с ним ТПО или ТПС.

Введение в ГИС-технологии «гибких» и «жестких» объектов необходимо для эффективной реализации механизма автоматического сохранения топологических отношений и связей при деформации или переносах объектов. Придание статуса «жесткий» для объектов должно быть логически оправданным. Каждый объект на цифровой карте может иметь некоторое количество портов (интерфейсов), являющиеся моделями входов и выходов объектов, через которые в него из внешней среды (или из него во внешнюю среду) поступают ресурсные потоки. Каждый порт типизируется (имеет тип). Допускается связывать только порты, образующие разрешенные связи по связываемым типам. Обычно за процессом образования допустимых связей следит моделирующая система ГИС.

Порты, связываемые с узлами картографических объектов, называются точечными портами. Порты, связанные с ребрами картографических объектов, называются линейно распределен-

ными или просто линейными. Порты, связанные с границами трехмерных объектов или плоскостью двухмерного полигонального объекта, называются площадными.

Ресурсы, поступающие в объект через линейные или площадные порты, позволяют вводить в описание взаимодействие с внешней средой понятие плотности потока ресурса через данный порт.

Площадные объекты, расположенные в реальном физическом мире по отношению к подстилающей поверхности «над» и «под» ней, а также в свободном положении «на ней», накладываются на объекты топоосновы:

- мосты над реками и частью поймы с определенной растительностью;

- дороги по мостам;

- путепроводы по мостам, эстакады, виадуки, акведуки;

- емкости в масштабе плана и т. д.

На водную поверхность возможны наложения пирсов, моллов, лодочных станций, пристаней и набережных, выступающих вглубь поверхности воды, отмелей перекаатов, обрывистых берегов. Допускается установление ТПС и ТПО этих объектов только с береговой линией и должны отсутствовать ТПС этих объектов с границами водной поверхности.

ТПО и ТПС не устанавливаются между следующими площадными и линейными объектами:

- массивы леса, поросли, сплошного кустарника и прочее не имеют ТПО и ТПС с немасштабными просеками, осушенными канавами, ЛЭП и другими линейными объектами, пересекающими эти контуры;

- огороды, сады и прочие поверхности могут не иметь ТПО с ограждениями, если последние не обозначают границы земельных участков;

- реки, озера, пруды и т. п. не имеют ТПО или ТПС с мостами, бродами, перевозами, переправами.

Образуют ТПО и ТПС следующие пары площадных и линейных объектов:

- линии электропередач образуют ТПС со зданиями и частями зданий, а также сооружениями только в точках физического

контакта (как с потребителем и источником потребления). Аналогично – другие инженерные сети;

– административные и прочие границы, совмещенные с контурами площадных объектов, могут иметь ТПО с этими объектами;

– границы проездов имеют ТПО с бордюрами и т. п.

ТПО между площадными и точечными объектами устанавливаются в следующих случаях:

– пункты геодезической сети, расположенные на зданиях и прочих капитальных сооружениях, являющихся площадными объектами;

– знаки внемасштабных радиорелейных вышек, ретрансляторов – с сооружениями, зданиями;

ТПС устанавливаются между следующими линейными объектами:

– между частями реки в одну линию (постоянными, пересекающими, пропадающими частями), образующие единую сеть водных ресурсов территории;

– между внемасштабными канавами, каналами;

– между просеками, полевыми и проселочными дорогами;

– между ИПК и внемасштабными каналами для них, наземными водоводами и акведуками и т. п.

Для линейных объектов, пересекающихся на разных уровнях (ЛЭП, ЛЭС наземных, подвесных дорог, инженерных подземных коммуникаций и линейных объектов на поверхности), ТПС не образуют, если между ними нет реального физического канала передачи соответствующего ресурса.

С водотоками ТПО имеют акведуки и трубы, через которые проходят реки, каналы, канавы.

ТПО между линейными и точечными объектами образуются в следующих случаях:

– высотные точки на линейных контурах;

– ЛЭП, ЛЭС – с опорами;

– подвесные дороги – с опорами.

ТПС между линейными и точечными объектами образуются в следующих случаях:

– ЛЭП, ЛЭС – с трансформаторами и т. п.;

– ИПК – со смотровыми колодцами, внемасштабными камерами, будками, водокачками, водонапорными башнями;

– ключи, родники – с ручьями, реками.

ТПО между точечными объектами образуются в следующих случаях: высотные отметки, относящиеся к точечным объектам-опорам, фонарям, прожекторам, внемасштабным водокачкам, водонапорным башням, отдельным кустам, деревьям и т. д.

#### **Составные объекты.**

Составные (сложные) образуются тогда, когда на карте в составе одного объекта выделяются какие-либо части. Эти части, несмотря на свою различимость, не могут считаться автономными – независимыми от объекта. Если часть объекта требует заведения на нее отдельной семантической записи, то эту часть нужно выделить в самостоятельный слой.

Составной объект имеет одну запись в семантической таблице на все свои составные части, однако изображаться он может только как группа связанных между собой относительно самостоятельных (в рисунке) частей объектов. Каждая часть объекта изображается в соответствии с условными топологическими знаками. Составными объектами являются:

– здания с колоннами вместо части или всего первого этажа;  
– крыльцо должно быть самостоятельным графическим объектом и одновременно образовывать составные объекты вместе со зданием;

– подземные части зданий должны образовывать с наземными частями единый составной объект;

– приямки, колоннады, трубы дымоходные котельных, лестницы пожарные, – опирающиеся на землю должны образовывать со зданием составной объект.

Полигональные области с символьной заливкой должны обязательно заливаться в соответствии с требованиями Роскартографии к бумажным картам, – в том числе должны поддерживаться заливки символами.

### **2.4.6. Правила цифрового описания топографических объектов**

«Правила цифрового описания топографических объектов

для планов масштабов 1:500, 1:1 000, 1:2 000, 1:5 000, 1:10 000» (далее **Правила**) устанавливают требования к формированию цифрового описания топографических объектов планов соответствующих масштабов, как в части их геометрических свойств, так и в части атрибутивных характеристик. Требования установлены на основе разработанного «Классификатора» и в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500» и «Условными знаками для топографической карты масштаба 1:10 000». В **Правилах** использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ОСТ 68-3.3-98. Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Общие требования. - М.: Госгисцентр, 1988.

Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500. – М.: Недра, 1989.

Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10 000. – М.: Недра, 1977.

Классификатор топографической информации (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1 000, 1:2 000, 1:5 000, 1:10 000). – М.: ГУГК СССР, 1986.

Документ «**Правила**» содержит указания по правилам формирования геометрических свойств и точное семантическое описание каждого из топографических объектов.

**Типы локализации объектов цифрового топографического плана.**

Топографические объекты на плане в зависимости от пространственных и атрибутивных характеристик по типу локализации делятся на точечные, линейные, площадные, полосные и текстовые.

**Точечный объект** – это топографический объект, изображаемый на плане немасштабным условным знаком. К точечным объектам относятся такие топографические объекты, как дерево, колодец, столб, фонарь, скважина и др. Точечный объект цифрового топографического плана стандартно-ориентированный расположен параллельно южной стороне рамки плана. Местоположение точечного стандартно-ориентированного объекта определяется точкой с координатами (X,Y,H). Точечный объект цифрового топографического плана нестандартно-ориентированный

расположен непараллельно-южной стороне рамки плана. Положение такого объекта на плане определяется вектором, первая точка вектора – центра объекта, вторая указывает ориентацию объекта. Например, исток ручья, выход нефти и т. д.

**Линейный объект** – это топографический объект, ширина которого не выражена в масштабе плана. Линейными объектами являются такие объекты, как трубопровод, ограда, забор, граница района, линия электропередач, тропа пешеходная и др. Линиями, однозначно определяющими положение линейных объектов, являются осевые линии условных знаков. Линейный объект может описываться одним контуром (например, объект трубопровод) или двумя контурами (например, объект откос). Контур объекта может быть незамкнутым (например, у объекта трубопровод) или замкнутым (например, у объекта граница района), но он не должен иметь ветвлений. Начальная и конечная точки замкнутого линейного объекта обязательно должны совпадать. Исключением для данного типа локализации является объект «крест», контур которого состоит из двух пересекающихся линий.

**Площадной объект** – это топографический объект, длина и ширина которого выражены в масштабе плана. К площадным объектам относятся такие топографические объекты как здание, мост, навес, площадка, и др. Площадной объект может описываться одним замкнутым контуром, являющимся границей объекта, или несколькими замкнутыми контурами, являющимися внешней и внутренними границами объекта. У площадных объектов начальная и конечная точки контура обязательно должны совпадать, за исключением объектов, выходящих за рамку плана имеющих продолжение на смежном планшете, либо объектов, примыкающих одной стороной к другим объектам, например: балкон, терраса, приямок. Частным случаем площадного объекта является полосной объект.

**Полосной объект** – это объект, сформированный двумя разрозненными контурами, направление обхода контуров – по ходу часовой стрелки. К полосным объектам относятся: дороги, лесополосы, полосы кустарников, откосы, мосты, и любые объекты, которые могут быть описаны двумя контурами. На начальном этапе формирования полосных объектов контурам присваивается тип локализации линейный. На формирование отдельных полос-

ных объектов могут накладываться дополнительные условия. Правила формирования таких объектов описаны отдельно.

**Текстовый объект** – это объект, содержащий информацию о пояснительной подписи и имеющий точку привязки в начале подписи. Подпись – это пояснительный текст, который характеризует участок местности, не имеющий на плане четко выраженной границы. В некоторых случаях к подписям может относиться и материал покрытия, если граница участка с покрытием нечетко определена на плане.

### **Общие правила цифрового описания топографических объектов.**

Процесс цифрового описания топографического объекта состоит из двух операций:

- формирование контура объекта;
- формирование семантики объекта.

Формирование контура объекта выполняется путем определения координат точек контура, топологических связей и упорядочивания их по направлению обхода контура.

Формирование семантики объекта выполняется путем описания функциональных, технических и природных характеристик объекта, показанных на топографическом плане.

**ПРАВИЛО 1.** Контур топографического объекта формируется в соответствии с типом локализации топографического объекта.

**ПРАВИЛО 2.** Топографические объекты, изображенные внемасштабным условным знаком, ориентированным относительно южной рамки плана, описываются точкой, определяющей местоположение объекта на местности.

На внемасштабных условных знаках (объектах) цифруются следующие точки:

- для знаков правильной формы (круг, квадрат, треугольник, звезда) – центр знака;
- для знаков в виде перспективного изображения объекта (водомерные посты, маяки и др.) – середина основания знака;
- для знаков с прямым углом в основании (породы деревьев, километровые столбы, водоразборные колонки и др.) – вершина угла знака;
- для знаков в виде сочетания нескольких фигур (нефтяные

и газовые вышки, часовни, сооружения башенного типа, скальные реперы и др.) – центр нижней фигуры знака.

**ПРАВИЛО 3.** Топографический объект, изображенный внемасштабным условным знаком, ориентированным в соответствии с положением объекта на местности, описывается вектором. Первая точка вектора соответствует местоположению объекта на местности, вторая точка – задает направление ориентирования объекта. Точка ориентирования выбирается произвольно вдоль направления ориентирования объекта.

**ПРАВИЛО 4.** При формировании контура линейного или площадного объекта необходимо определить:

- координаты характерных точек контура (характерными называются точки, передающие конфигурацию объекта);
- координаты точек примыкания контура к смежным объектам (при наличии);
- топологические связи между точками объекта (примитивы).

**ПРАВИЛО 5.** Контуров объектов, примыкающих друг к другу на плане и в натуре, обязательно должны иметь общие точки и примитивы.

**ПРАВИЛО 6:** Для площадных объектов, описываемых одним контуром, направление обхода контура - по ходу часовой стрелки, за исключением объектов, формирующихся несколькими контурами (для таких объектов см. Правило 9).

**ПРАВИЛО 7:** Направление обхода контура линейных объектов – произвольное. Исключением являются объекты, для которых указано направление течения – обход контура должен совпадать с указанным на плане направлением.

**ПРАВИЛО 8:** Контур площадного или замкнутого линейного объекта, выходящий за рамку плана, по рамке не замыкается, или замыкается фиктивным контуром (по особым требованиям). Формирование фиктивного контура выполняется на этапе редактирования в программе. Формирование объекта типа «бублик», выходящего на рамку выполняется по правилам простого площадного объекта. «Бублик» замыкается по рамке фиктивным контуром.

**ПРАВИЛО 9.** Площадной объект, в границах которого располагается другой площадной объект (или объекты), описывается

внешним и внутренним контурами. Внешний контур проходит по границе самого объекта. Внутренний контур проходит по границе располагающегося внутри площадного объекта. Направление обхода внешнего контура – по ходу часовой стрелки, внутреннего – против хода часовой стрелки. Причем, если у объекта имеется несколько внутренних контуров, все они должны иметь одинаковое направление обхода – против хода часовой стрелки.

**ПРАВИЛО 10.** У составного топографического объекта, являющегося совокупностью простых топографических объектов, объединенных целевым назначением, каждый топографический объект описывается самостоятельно.

**ПРАВИЛО 11.** Граница смены материала покрытия делит объект на части. Граница входит в контуры обеих частей объекта. Каждая часть объекта и сама граница описываются как самостоятельные объекты.

**ПРАВИЛО 12.** Топографический объект, состоящий из участков с различными характеристиками, делится на части так, чтобы в пределах каждой части характеристики были постоянными.

*Пояснение.* Правила **11** и **12** применяются для тех объектов, у которых можно однозначно определить границы изменения характеристик, по которым можно разделить объект на части. В противном случае объект формируется единым, а его характеристики – отдельными объектами, привязанными к месту их определения.

**ПРАВИЛО 13.** Пояснительный текст, характеризующий топографический объект, изображенный на плане, вводится в семантику этого объекта. Информация об объекте, которая не может быть передана через имеющиеся в классификаторе свойства объекта, передается через характеристику в название.

## **2.5. Работа с объектами карты с помощью набора инструментов**

Чтобы выбрать объект с доступного слоя, над которым расположены другие доступные слои, нужно предварительно перепорядочить слои, используя диалог «Управление слоями».

### 2.5.1. Поиск информации

Инструмент «Стрелка» выбирает объекты с самого верхнего доступного слоя. Инструментом «Стрелка» можете «проникать» сквозь доступные слои, если будет нажата клавиша «CTRL».

При указании на карту инструментом «Информация» показывается информация об объектах со всех доступных слоев, которым принадлежит эта точка. Можно также просмотреть выражение для записи во всплывающей подсказке, когда используется инструменты «Выбор», «Информация» или «Подписывание».

Всплывающая подсказка работает аналогично подсказке для инструментов. При использовании одного из этих инструментов курсор мыши нужно поместить на объект. На всплывающей подсказке появится сообщение о доступном верхнем слое. Для того, чтобы подсказка всплывала для другого слоя, в диалоге «Управление слоями» нужно установить для этого слоя соответствующую отметку. Всплывающая подсказка будет появляться по умолчанию, отключить её можно через настройки окна Карты.

Для построения картографических поисковых систем на базе Internet используются два подхода:

- постепенная детализация отображаемой информации путем уменьшения масштаба карт. При этом локализация нужного участка земной поверхности производится пользователем вручную, путем указания нового центра очередного участка изображения;

- задание пользователем имени объекта (целиком или частично) и выбор одного из найденных вариантов. Для выбранного объекта автоматически вычисляется центр и масштаб отображения (центральная точка выводимого участка карты, как правило, совпадает с центроидом объекта, а масштаб вычисляется на основе минимального ограничивающего прямоугольника).

Преимуществом первого варианта является простота реализации, но, к сожалению, он малоэффективен, так как пользователь далеко не всегда знает, где географически расположен интересующий его объект. Тем не менее, этот подход используется в том случае, когда требуется получить четко определенный уровень детализации отображаемой информации на определенном масштабе. При этом подбирается дискретный ряд масштабов и

для каждого из них выбирается тематическая насыщенность слов карты и символизация каждого слоя.

Второй вариант наиболее универсален. Он позволяет на основе атрибутивной информации осуществлять поиск практически любого географического объекта. Построение системы поиска на его основе ведет к увеличению количества запросов к базе геопространственных данных. Первоначально выдается некоторый пробный список вариантов, удовлетворяющий введенному пользователем шаблону поиска. Далее пользователем выбирается из предоставленного списка объект, наиболее полно удовлетворяющий критерию поиска. Для этого объекта строится еще один геопространственный запрос, определяющий его центроид и Minimum Boundary Rectangle (MBR) – минимальный ограничивающий прямоугольник. Сложность подобной операции заключается в том, что зачастую географический объект представляет собой топологически сложный комплексный векторный элемент, состоящий из нескольких более простых.

### **2.5.2. Создание объектов**

После того, как слой стал изменяемым, в панели «Пенал» нужно выбрать инструмент для создания (формирования, «рисования») графических векторных объектов. После этого нужно указать какую-либо точку внутри окна Карты, с которой будет начинаться векторное изображение объекта. По форме объект может быть дугой, эллипсом, окружностью, прямоугольником и скругленным прямоугольником. Объекты, созданные в Косметическом слое, можно затем перенести в другой слой. На изменяемом слое графические объекты можно создавать непосредственно. Любой новый векторный объект можно перемещать, удалять, копировать в буфер обмена Windows и вставлять в другие слои текущего или другого окна Карты.

При создании объектов MapInfo использует стандартные цвет, штриховку, тип линий, вид символов и текста для этого слоя. Чтобы изменить стиль существующего объекта, надо сделать изменяемым слой, в котором он хранится, выбрать этот объект, открыть и отработать один из диалогов «Стиль». Новые установки стиля будут определять также вид вновь создаваемых объ-

ектов. Диалоги стилей можно также открыть, нажав соответствующие кнопки в панели «Пенал».

Все сделанные изменения стандартных атрибутов действуют в течение всего сеанса работы до тех пор, пока не будут изменены описанным выше способом. Чтобы запомнить их, надо сохранить таблицу, к которой они относятся. Если же необходимо поменять стиль объектов в окне на время сеанса работы, можно воспользоваться кнопкой «Оформление» в диалоге «Управление слоями» меню «Карта». В диалоге «Оформление» нужно установить флажок «Единообразно» – тогда станут доступными кнопки, открывающие диалоги стилизации.

Создание объектов типов «Область» и «Полилиния» отличается тем, что форму этих объектов можно впоследствии доработать вручную. Например, для построения границы строительного участка нужно выбрать инструмент «Многоугольник». После того как курсор мыши примет форму перекрестия, нужно указать местоположение точки, с которой нужно начать формирование границы участка. Передвигая курсор и нажимая на левую кнопку, можно добавлять новые точки границы участка. Для замыкания границы области нужно дважды нажать кнопку мыши. Можно объединить объект с другим, используя команду «Комбинация», изменить его форму и т. д.

Объекты типа «полилиния» состоят из некоторого множества линейных сегментов. В отличие от объектов, созданных инструментом «Линия», полилинии можно сглаживать при помощи команды «Объекты» → «Сгладить углы».

Линейные/площадные объекты можно формировать способом автоматической трассировки по узлам существующих объектов полилиний/ многоугольников. Автоматическая трассировка становится доступной при включенном режиме «Совмещения узлов» (клавиша «S» в латинской раскладке клавиатуры).

Для того чтобы создавать объекты типа «символ», нужно выбирать инструмент «Символ». Курсор поместить в ту точку карты, где нужно разместить символ, и нажать левую кнопку мыши. Символ будет создан с использованием стандартных установок стилевого оформления.

Для изменения стиля символа нужно выбрать инструмент «Символ» и нажать кнопку «Стиль символа» в «Пенале» или

выполнить команду «Настройка» → «Стиль символов». Появится диалог «Стиль символа», в котором можно изменить символ, шрифт, цвет, размер предварительно выбранного объекта-символа. Заданный стиль символа будет применяться ко всем символам, которые будут в дальнейшем внесены в редактируемый слой карты, до тех пор, пока стиль символа не будет вновь изменен. Символы могут быть векторными или растровыми картинками.

Для того чтобы создать текстовый объект в редактируемом слое, нужно выбрать инструмент «Текст» из «Пенала», после чего подвести курсор к месту размещения текста и нажать левую кнопку мыши. Для изменения оформления текста, нужно выбрать его с помощью команды «Стрелка» и нажать кнопку «Стиль Текста» или применить команду «Настройка» → «Стиль текста». Появится диалог, в котором можно подобрать шрифт, размер шрифта, цвет и добавить различные эффекты оформления, такие, например, как выделение шрифта тенью или каймой.

Для того чтобы сохранить вновь созданные в редактируемом слое векторные объекты и их заданные стили оформления, нужно использовать команду «Файл» → «Сохранить». Для того чтобы сохранить объекты, внесенные в косметический слой, нужно использовать команду «Карта» → «Сохранить косметику».

### **2.5.3. Редактирование объектов**

В MapInfo имеются все необходимые средства редактирования графических объектов: изменение местоположения объекта и его формы, преобразования типа объекта, удаление и добавление узлов объекта, объединение и разделение объектов, разрезание линейных и площадных объектов, изменение стиля объекта (типа линий, штриховки, вида символов).

Чтобы изменить какой-либо объект в редактируемом слое, этот объект нужно предварительно выбрать инструментом «Стрелка». При выборе линии в обеих её точках появятся маркеры. При выборе области маркеры будут стоять в углах прямоугольника, описанного вокруг этой области.

Чтобы удалить выбранный инструментом «Стрелка» объект из слоя, нужно выполнить команду «Удалить». Это можно сде-

лать также, нажав клавишу «DEL».

Чтобы переместить объект на новое место, нужно выбрать его и не отпускать левую кнопку мыши примерно секунду. Когда указатель мыши примет форму четырех стрелок, нужно переместить объект в нужное место и отпустить кнопку мыши. Форма перенесенного объекта сохранится.

Если дважды указать на область, линию, символ или текстовый объект инструментом «Стрелка», откроется диалог с атрибутами объекта. В этом диалоге сообщаются линейные размеры объекта, его географическое положение и другая информация. Например, для области MapInfo показывает периметр, центроид, количество составляющих ее компонентов и площадь.

Если слой, в котором содержится объект, является доступным, но не является изменяемым, то атрибуты можно только просматривать. Если же слой является изменяемым, то атрибуты можно менять, вводя новые значения в соответствующие окошки диалога атрибутов. Чтобы открыть диалог атрибутов, следует выполнить команду «Правка» → «Геоинформация».

Возможность менять размер и положение объекта в диалоге атрибутов объекта обеспечивает гораздо более строгий контроль над размерами и положением объектов, чем рисование на экране.

Диалог «Текстовый объект» можно использовать также и для изменения текста.

Чтобы изменить форму объекта, нужно выбрать его инструментом «Стрелка» и выполнить команду «Правка» → «Форма». Вторым вариантом реализуется кнопкой «Форма» в панели «Пенал». Программа перейдет в режим «Форма» и покажет узлы во всех точках, где сходятся сегменты полилинии или сегменты границы области. Изменять форму объекта можно путем перемещения, добавления или удаления отдельных выбранных также инструментом «Стрелка» узлов или их набора.

Чтобы перенести узел, нужно выбрать его, не отпуская левую кнопку мыши, переместить выбранный узел в новое место. Совмещенные с этим узлом сегменты полилинии или границы области будут перерисованы. Чтобы добавить новый узел, нужно выбрать инструмент «Добавить узел» в панели «Пенал», поместить указатель мыши в то место, куда нужно вставить новый узел, и нажать левую кнопку мыши. Теперь этот новый узел можно так

же перемещать или удалять, как все прочие узлы объекта.

Чтобы удалить какой-либо узел из линейного объекта или из границы площадного объекта, нужно воспользоваться клавишей клавиатуры «DEL», предварительно выбрав узел на уровне редактирования «Форма».

Таким способом можно изменить форму границы области, полилинии, линии и дуги. Нельзя изменить форму объектов, созданных инструментами «Прямоугольник», «Скругленный многоугольник» и «Эллипс».

Чтобы просматривать при редактировании объектов их центры (для площадных объектов), направления и узлы (для линейных объектов), следует установить соответствующие флажки в диалоге «Управление слоями» → «Оформление».

С помощью команды «Сгладить углы» можно преобразовывать очевидные углы полилинии в дуги, т.е. сгладить полилинию. Для этого для выбранного инструментом «Стрелка» объекта нужно выполнить команду «Объекты» → «Сгладить углы». Возвратить исходный вид объекта можно либо с помощью команды «Отменить», либо, выполнив команду «Объекты» → «Обнажить углы». Команды «Сгладить углы» и «Обнажить углы» применимы только к полилиниям.

Если необходимо в ходе редактирования преобразовать область в полилинию, или, наоборот – полилинию в область – это можно сделать, выбрав объект и выполнив команду «Объекты» → «Превратить в полилинию», или, соответственно, команду «Превратить в область».

### **3. СОСТАВ, СОДЕРЖАНИЕ И ПОПОЛНЕНИЕ ЦИФРОВОГО БАНКА ДАННЫХ**

База географических данных (БД) – это совокупность цифровых данных о пространственных объектах. БД обеспечивает хранение информации и представляет собой поименованную совокупность данных, организованных по определенным правилам, включающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными.

Измерения и выборки, содержащиеся в базе данных, должны как можно полнее и точнее соответствовать предмету иссле-

дования и его основным характеристикам. Представление данных должно учитывать типы их возможных преобразований. К созданию БД ГИС предъявляются следующие требования,

База данных должна быть:

- полной и достаточно подробной выборкой данных;
- позиционно точной;
- совместимой с другими данными, которые добавляются в нее;
- достоверной, т. е. адекватно отражающей характер явлений;
- легко обновляемой;
- согласованной по времени.

### 3.1. Проектирование БД

Проектирование БД заключается в выявлении географических объектов и явлений и последующий выбор адекватного представления данных о них. В процессе проектирования БД выделяют три основных уровня: концептуальный, логический и физический.

*Концептуальный уровень* не зависит от имеющихся аппаратных и программных средств. Для БД ГИС он связан с концептуальной моделью географических данных и включает описание и определение рассматриваемых объектов, установление способа представления географических объектов в базе данных, выбор базовых типов пространственных объектов. На концептуальном уровне определяется и содержание базы данных, в свою очередь определяемое сутью явления, характером его пространственного распространения и задачами, для которых создаётся БД. Здесь следует выделить задачи создания одной или серии карт, создания синтетических карт для многоцелевого и многократного использования.

*Логический уровень* определяется имеющимися программными средствами и практически не зависит от технического обеспечения. Он включает разработку логической структуры элементов базы данных. Наиболее распространенными логическими структурами – моделями БД и их СУБД – являются иерархическая, сетевая, реляционная.

В иерархической модели записи данных образуют древо-видную структуру, при этом каждая запись связана только с одной записью, находящейся на более высоком уровне. Доступ к любой записи осуществляется по строго определенным «веткам» и узлам такого дерева. Иерархические модели хорошо подходят для задач с явно выраженной иерархически соподчиненной структурой информации и запросов. Они обладают низким быстродействием, трудно модифицируемые, но эффективны с точки зрения организации машинной памяти.

В сетевых моделях каждая запись в каждом из узлов сети может быть связана с несколькими другими узлами, кроме данных записи содержат указатели, определяющие местоположение других записей, связанных с ними. Такие модели очень трудно редактировать, например, удалять записи, так как вместе с данными нужно редактировать и указатели. Подобные модели хорошо работают в случае решения сетевых, коммуникационных задач.

В иерархической и сетевой моделях для поиска конкретной записи необходимо вначале определить путь доступа к записи, а затем просмотреть все записи, находящиеся на этом пути.

Реляционные СУБД завоевали самую широкую популярность. Они свободны от всех ограничений, связанных с организацией хранения данных и спецификой запоминающих устройств. Эти модели имеют табличную структуру:

- строки таблицы соответствуют одной записи сведений об объекте;
- столбцы – поля содержат однотипные характеристики всех объектов.

Всевозможные способы индексаций данных существенно сокращают время поиска и запроса к данным. В число наиболее известных СУБД реляционного типа входят dBASE, Foxbase, Paradox, ORACLE (последняя особенно подходит для больших объемов данных).

Физический уровень связан с аппаратными и программными средствами. На этом уровне определяются объемы хранимой в БД информации и необходимые объемы памяти компьютера, рассматриваются вопросы о структурировании файлов на диске или других носителях информации для обеспечения программного

доступа к ним.

### 3.1.1. Позиционная и атрибутивная составляющие БД

Пространственные данные традиционно подразделяются на две взаимосвязанные составляющие: позиционную и непозиционную.

*Позиционная составляющая* БД характеризует положение географических объектов в координатах двух- или трехмерного пространства.

*Непозиционная составляющая* БД включает качественную характеристику пространственных объектов (семантику) и статистику. Эта информация называется атрибутивной и представляется в виде текстовых или числовых параметров. Она соответствует тематической форме данных или кодированному представлению взаимосвязей объектов (топологии).

Почти всегда тип объекта маркируется и опознается по его атрибутивным параметрам (дорога имеет название и идентифицируется по ее классу: грунтовая, с асфальтобетонным покрытием и т. д.). Обычно атрибутивная информация не имеет пространственного характера, хотя некоторая ее часть может быть связана с пространственной природой изучаемого объекта (например, площадь или периметр).

Количественные атрибуты создаются в соответствии с номинальными, порядковыми, интервальными или пропорциональными шкалами измерений. Важно знать, какие шкалы измерений использованы для данных, поскольку это определяет характер возможных математических операций с ними.

БД состоит из цифровых представлений дискретных объектов. Содержание карты можно хранить в БД в виде цифровой карты, превратив объекты карты в объекты БД. Правда, всегда нужно помнить о том, что, например, горизонталь в природе не существуют, а дома и озера – это реальные объекты.

Итак, географические объекты, моделируемые с помощью карты или ГИС, имеют три формы представления:

- объект в действительности;
- объект, представленный в БД;

– знак, который используется для отображения объекта на карте.

Объект в БД ГИС есть это цифровое представление всего реального объекта или его части. Способ цифрового представления объекта зависит от назначения ГИС, масштаба исследования, типа решаемых задач и других факторов. Например, город может быть представлен в БД ГИС в виде векторного объекта-точки, если рассматриваемая территория имеет масштабы материка, если речь идет о БД области, то город может быть представлен в виде площадного объекта.

Сходные реальные объекты, информация о которых хранится в БД, делятся на разные типы. Типом объектов считается любая группа сходных явлений, которые должны иметь одинаковую форму хранения и представления, например, дороги, реки, высоты, растительность.

Для цифрового представления типов реальных объектов необходимо выбрать подходящую форму объектов, являющихся представителями первых (кодами) в БД. Их классификация может быть основана на представлении пространственной размерности. Такие объекты хорошо отражают тип пространственной локализации реальных объектов. Они могут быть объединены в классы, например, множество объектов-точек – для представления множества реальных объектов-городов.

Пространственные типы объектов БД могут группироваться в слои, именуемые также покрытиями или темами. Один слой представляет один тип объектов или группу взаимосвязанных типов объектов. Например, слой может включать только отрезки водотоков, или же водотоки, озера, береговую линию и болота. Возможны самые разные варианты системы слоев, как и модели данных. Некоторые БД создаются путем объединения всех объектов в один слой.

Одни и те же географические явления можно представить в разных масштабах и с разной точностью. Переход от одного представления к другому достаточно сложен. Поэтому часто встречаются БД, содержащие множественные представления одних и тех же явлений. Это неэкономно, но избежать этого пока не удастся, ибо соответствующие методы перехода еще недостаточно разработаны.

### 3.1.2. Системы управления БД ГИС

Система управления базами данных (СУБД) представляет собой пакет прикладных программ и совокупность языковых средств, предназначенных для создания, сопровождения и использования БД.

В ГИС в настоящее время используют реляционные БД, поддерживаемые такими СУБД, как dBase, INFO, ORACLE, INFORMIX и т. п. Такие БД позволяют разработчикам ГИС разделить проблему управления пространственными данными на две части:

- как представлять геометрию объектов и топологию пространственных объектов;

- как работать с атрибутами этих объектов.

Управляемые реляционными СУБД модели данных называют геореляционными моделями. Основные их преимущества перед другими информационными моделями следующие:

- атрибуты могут быть изменены или удалены без изменения пространственной БД;

- коммерческие реляционные СУБД стандартны и могут управляться стандартными запросами;

- хранение атрибутивных данных в реляционных БД не противоречит основным принципам построения слоев ГИС;

- атрибуты могут быть привязаны к пространственным единицам и представлены разными способами.

- нет необходимости хранить атрибуты совместно с пространственными данными.

Различают два пути использования СУБД в ГИС:

- выполнение ГИС-процедур полностью через СУБД;

- некоторые данные (обычно таблицы атрибутов и их отношений) становятся доступными через СУБД, поскольку они вполне соответствуют модели, а к некоторым данным (обычно пространственно локализованным) организуется прямой доступ, так как эти данные не удовлетворяют требованиям модели СУБД.

ГИС добавляет географический аспект к уже существующим методам поиска и запроса.

СУБД имеет следующие основные функции:

- управление данными во внешней памяти;

- управление буферами оперативной памяти;
- операции с данными;
- обеспечение надежности хранения данных в БД;
- поддержка языка управления БД.

*Управление данными во внешней памяти.* Эта функция обеспечивает организацию структуры внешней памяти как для хранения данных, входящих в БД, так и для ускорения доступа к данным. В некоторых СУБД используются возможности файловых систем, в других работа производится на уровне функционирования устройств внешней памяти. Обычно в СУБД создается собственная система наименования объектов БД.

*Управление буферами оперативной памяти.* СУБД обычно работают с БД значительного размера, требующими использования оперативной памяти достаточно большого объема. Для того чтобы СУБД не зависела от скорости работы устройств внешней памяти, используется организация собственных наборов оперативной памяти (буферов) с определенными правилами их замены и обновления.

*Операции с данными.* Последовательность операций над БД, рассматриваемых СУБД как единое целое, называется транзакцией. При выполнении транзакции СУБД либо фиксирует во внешней памяти изменения в БД, произведенные этой транзакцией, либо не производит никаких изменений.

*Обеспечение надежности хранения данных в БД.* Одним из основных требований к СУБД является надежность хранения данных во внешней памяти. Возможны два вида аппаратных сбоев: «мягкие» сбои, которые приводят к внезапной остановке работы компьютера (например, аварийное выключение питания), и «жесткие» сбои, характеризующиеся потерей информации на носителях внешней памяти. Программные сбои – это аварийное завершение работы СУБД или аварийное завершение пользовательской программы, в результате чего некоторая транзакция остается незавершенной. Для восстановления БД нужно располагать некоторой дополнительной информацией, что требует избыточности хранения данных.

*Поддержка языка управления БД.* СУБД представляет собой три взаимосвязанные компоненты:

- командный язык для выполнения требуемых операций с данными (ввод, вывод, модификация);
- интерпретирующую систему (или компилятор) для обработки команд и перевода их на язык машины;
- интерфейс пользователя для формирования запросов к БД (выборки нужных данных).

### 3.1.3. Поддержка языков управления БД

Для работы с БД используются специальные языки, называемые языками БД. Первоначально в СУБД поддерживалось несколько специализированных по функциям языков. В современных СУБД обычно поддерживается единый интегрированный язык, содержащий все необходимые средства для работы с БД, начиная от ее создания, и обеспечивающий базовый пользовательский интерфейс.

Стандартным языком наиболее распространенных в настоящее время реляционных СУБД является язык SQL (Structured Query Language), который позволяет определять схему реляционной БД и манипулировать данными. При этом именование объектов БД (таблиц и их столбцов) поддерживается на языковом уровне в том смысле, что компилятор языка SQL производит преобразование имен объектов в их внутренние идентификаторы на основании специально поддерживаемых служебных таблиц-каталогов. Внутренняя часть СУБД (ядро) вообще не работает с именами таблиц и их столбцов.

Двумя фундаментальными языками запросов к реляционным БД являются языки реляционной алгебры и реляционного исчисления. Самый общий вид запроса на языке SQL представляет собой теоретико-множественное алгебраическое выражение, составленное из элементарных запросов. В настоящее время SQL реализован практически во всех коммерческих реляционных СУБД. Фирмы-разработчики программного обеспечения провозглашают соответствие своего коммерческого продукта стандарту SQL. У SQL много диалектов, но это не язык программирования, он многого «не умеет», например, у него нет средств для создания отчетов для печати.

Специальные операторы языка SQL позволяют определять так называемые представления БД, фактически являющиеся хранимыми в БД запросами (результатом любого запроса к реляционной БД является таблица) с именованными столбцами. Для пользователя представление является такой же таблицей, как любая базовая таблица, хранимая в БД, но с помощью представлений можно ограничить или наоборот расширить «видимость» БД для конкретного пользователя. Поддержание представлений производится также на языковом уровне.

SQL может использоваться как интерактивный (для выполнения запросов) и как встроенный (для построения прикладных программ). Многие ГИС используют SQL как встроенный язык запросов геоданных. Элементами SQL являются так называемые предложения, по которым выполняются операции. Предложений немного – порядка 30-ти. Основными являются предложения редактирования, добавления и удаления данных, арифметические вычисления и операции сравнения; создание временных таблиц, группировка (агрегирование) данных (т. е. статистические вычисления для отдельных выборок). Все перечисленные операции выполняются с атрибутивными таблицами.

### 3.1.4. SQL-запросы

SQL-запросом называется набор предложений, с помощью которого формируется выборка информации из БД. С помощью SQL-запросов можно фильтровать, сортировать и группировать данные, вычислять суммы, минимальные, максимальные и средние значения и т. п.

ГИС состоит из графических и атрибутивных таблиц, жестко связанных между собой. Поэтому выборка по SQL-запросу всегда содержит набор графических объектов с их атрибутами. Таким образом, выборка – это фрагмент ГИС.

В MapInfo выборка данных записывается во временную таблицу, которая «хранится» в рабочем наборе и (или) может быть сохранена в виде постоянной таблицы (меню «Файл» ⇒ «Сохранить копию...»), при этом одновременно можно поменять картографическую проекцию выборки). Selection – стандартное имя

временной таблицы. Кроме того, можно сохранить выборку в заданных столбцах (полях) постоянной таблицы, а также в так называемых «временных» колонках постоянной таблицы.

Стандартное имя Selection можно изменить на любое другое, но, если оставить его неизменным, выборки будут именоваться автоматически: Query1 (Запрос1), Query2 (Запрос2) и т. д. Содержимое таблицы Selection обновляется в результате каждого последующего выбора данных ГИС.

Выбранные по SQL-запросу графические объекты в окне карты показываются «как выбранные» и отмечаются как «выбранные записи» в исходной таблице. Их можно скопировать в обменный буфер Windows (Ctrl^C), а затем вставить в другую таблицу-слой или в ту же самую (если нужно). Их можно удалить, а также изменить значения в отдельных столбцах. При этом изменения будут произведены и в исходной постоянной таблице (но только в столбцах выбранных строк). Таким образом, выборку используют для выборочного редактирования данных в постоянных таблицах.

Выборка выполняется с помощью предложения SELECT, синтаксис которого:

SELECT (в переводе «выбрать») столбцы,  
FROM («из») перечисленных таблиц,  
WHERE («где») строки из указанных таблиц должны удовлетворять указанному условию отбора строк,  
GROUP BY («группируя по») указанному перечню столбцов с тем, чтобы получить для каждой группы единственное значение обобщающей функции,  
HAVING (имея) в результате выборку.

Фраза WHERE («с условием») позволяет фильтровать данные таблицы (т. е. извлекать из таблицы строки, в которых данные в указанных столбцах (колонках) удовлетворяют определенному критерию), а также задавать правила объединения данных в таблицах, если для построения запроса используется несколько таблиц. Во фразе «с условием» могут быть использованы любые колонки из исходных таблиц, включая те которые указаны в предложении SELECT.

Во фразе WHERE используются операторы:

= (равно), <> (не равно), < (меньше), > (больше), <= (меньше или равно), >= (больше или равно), Like (похоже на) – операторы сравнения значений атрибутов;

+ (плюс), - (минус), \* (умножить), / (разделить) и () (скобки) - арифметические;

логические операторы – ^ (конъюнкция = объединение), And (логическое «и», когда должны удовлетворяться оба разделяемых с помощью AND условия), Or (логическое «или», когда должно удовлетворяться одно из разделяемых с помощью OR условий), Not (отрицание), And Not (когда должно удовлетворяться первое условие и не должно второе), Or Not (когда или должно удовлетворяться первое условие или не должно удовлетворяться второе); пространственные – Contains («содержит»), Contains Entire («содержит полностью»), Within («внутри»), Intersects («пересекает»).

Существует приоритет And над Or (сначала выполняются все операции And и только после этого операции Or).

GROUP BY делит строки таблицы на группы с одинаковым значением указанного поля. Для этих групп считаются значения следующих обобщающих функций (в скобках указываются значения параметров = аргументов функций):

В качестве аргументов функций могут выступать константы (числа), имена столбцов (полей) и арифметические выражения, включающие имена полей.

В предложении SELECT и во фразе WHERE могут задаваться и перечисленные ниже, так называемые, стандартные функции (в скобках приводятся некоторые значения аргументов):

Abs() – абсолютное значение (модуль);

Area(obj, "sq km") – площадь области (в плоской модели);

CentroidX(obj) – X-координата центра тяжести, если объект – полигон или полилиния; X-координата, если объект – точка;

CentroidY(obj) – Y-координата центра тяжести, если объект – полигон или полилиния; Y-координата, если объект – точка;

CurDate() – текущая дата (без параметров);

Day() – день даты (результат – число от 1 до 31; аргумент – дата);

Distance(,,, "km") – кратчайшее расстояние между двумя точками, заданными координатами;

Int() – целая часть числа, например, результатом Int(5.8) является число 5;

Len() – количество символов заданной строки, напр., Len(«лес») является число 3; LTrim\$() – удаляет все пробелы из начала заданной строки, например, результатом LTrim\$(« лес») является строка «лес»;

Maximum(,) – из двух заданных значений (чисел, полей, выражений) выбирает наибольшее;

Minimum(,) – из двух заданных значений (чисел, полей, выражений) выбирает наименьшее;

Month() – месяц даты (результат – число от 1 до 12; аргумент – дата);

ObjectLen(obj, "km") – длина объекта - полилинии в заданных единицах измерения;

Proper\$() – преобразует строку, введенную в смешанном регистре, так, что только первый символ каждого слова становится заглавным, например, результатом Proper\$(«лИсТвенный леС») является строка «Лиственный Лес»;

Round(,) – число, округленное до ближайшего кратного заданному числу, например, результатом Round (55,25) является число 50;

Str\$() – строковое представление арифметического выражения;

UCase\$() – строка в верхнем регистре, например, результатом UCASE\$(«ЛистВенный лес») будет строка «ЛИСТВЕННЫЙ ЛЕС»;

Val() – преобразует строковое выражение в число;

Weekday() – день недели даты (результат – число от 1 до 7, причем 1 соответствует воскресенью, 2 – понедельнику и т.д.; аргумент – дата);

Year() – год даты (результат – число типа «2005», аргумент – дата).

Для того чтобы возможно было выполнить SQL-запрос для какой-либо постоянной таблицы MapInfo, она должна быть открыта в программной оболочке MapInfo.

SQL-запрос может выполняться пользователем с помощью средств программной оболочки MapInfo (меню и кнопок панелей). При этом параметры запроса вводятся в поля специализиро-

ванных окон.

Предложения SQL-запросов на самом деле входят в состав встроенного в MapInfo объектно-ориентированного языка программирования MapBasic и фактически, когда вводится предложение SQL-запроса, формируется и выполняется соответствующее выражение MapBasic. Если открыть специальное окно MapBasic, то по мере выполнения обработки данных ГИС, в том числе SQL-запросов, в нем эти выражения будут прописываться. Имея некоторый опыт, можно формировать SQL-запросы в этом окне на MapBasic(e).

SQL-может быть простым и сложным с использованием одной или нескольких таблиц.

Особую и наиболее важную в ГИС группу запросов составляют так называемые пространственные запросы.

В языке SQL поддерживаются следующие типы данных: CHARACTER, NUMERIC, DECIMAL, INTEGER, SMALLINT, FLOAT, REAL, DOUBLE PRECISION.

К первому типу относится CHARACTER. Спецификатор типа имеет вид CHARACTER (length), где length задает длину строк данного типа.

Представителями второго типа являются NUMERIC, DECIMAL (или DEC), INTEGER (или INT) и SMALLINT. Спецификатор типа NUMERIC имеет вид NUMERIC ([precision], [scale]). Специфицируются точные числа, представляемые с заданной точностью (precision) и в определенном масштабе (scale). Здесь и далее, если не указан масштаб, он полагается равным 0, а если не указана точность, то ее значение по умолчанию определяется в реализации.

Спецификатор типа DECIMAL (или DEC) имеет вид NUMERIC ([precision], [scale]). Специфицируются точные числа, представленные в масштабе scale с точностью, равной или большей значения precision.

INTEGER специфицирует тип данных точных чисел в масштабе 0 с определяемой в реализации точностью.

SMALLINT специфицирует тип данных точных чисел в масштабе 0 с определяемой в реализации точностью, не большей, чем точность чисел типа INTEGER.

К третьему типу относятся FLOAT, REAL, DOUBLE PRE-

CISION. Несмотря на то, что правила встраивания SQL в программы на языке СИ++ не определены в SQL/89, в большинстве реализаций, поддерживающих такое встраивание, имеется следующее соответствие между типами данных SQL и типами данных СИ++: CHARACTER соответствует строкам СИ++; INTEGER – long; SMALLINT – short; REAL – float; DOUBLE PRECISION – double (именно такое соответствие утверждено в стандарте SQL/92).

Описанный набор операторов SQL предназначен для встраивания в программу на обычном языке программирования. Поэтому в этом наборе перемешаны операторы «истинного» реляционного языка запросов и операторы работы с курсорами, позволяющими обеспечить построчный доступ к таблице – результату запроса.

### **3.2. Работа с базами данных в ГИС MapInfo**

В терминологии MapInfo понятие векторного слоя адекватно понятию таблицы. Таблица (векторный слой) содержит набор векторных графических объектов, каждому из которых соответствует одна запись в тематической БД. Эта тематическая БД в MapInfo называется списком (или атрибутивной таблицей).

Таблица MapInfo называется постоянной (= базовой = основной), если она записана и хранится во внешней памяти ПК (т. е. на жестком (винчестере), гибком или компакт-диске) как самостоятельный набор из нескольких, в простейших случаях, из 4-х файлов: \*.tab (текстовый файл); \*.map (графика); \*.dat (атрибутивные данные); \*.id (индексы).

Таблица MapInfo называется временной, если она записана и хранится во внешней памяти ПК с использованием, так называемого, рабочего набора – специализированного текстового файла.

Если векторная таблица была отредактирована (например, в неё были добавлены новые записи, или некоторые записи были удалены), её нужно сохранить заново во внешней памяти (меню «Файл» → «Сохранить таблицу»). Можно создать копию векторной таблицы (меню «Файл» → «Сохранить копию»).

### 3.2.1. Форматы файлов в таблицах

Когда в MapInfo открывается файл данных, создается таблица. Эта таблица состоит из двух или нескольких файлов разного формата.

Файл с расширением «ТАВ» содержит текстовое описание структуры данных таблицы и ссылку на неё.

Файлы с расширением «BMP», «TIF» или «GIF» содержат растровые изображения.

Текстовый файл с расширением «DXF» является векторным обменным файлом данных.

### 3.2.2. Создание легенд двух типов

MapInfo Professional позволяет создавать два типа легенд: картографические и тематические. Можно создавать легенду для любого слоя в окне Карты. Комбинация этих двух типов легенд делает возможным снабдить условными обозначениями практически все слои карты.

Картографические легенды отражают картографические данные для слоя карты в окне Легенды.

Картографическая легенда может быть помещена и в окно Отчета. Можно создать легенду для отдельного слоя, или сразу для нескольких слоев. Можно задать следующие параметры картографической легенды и окна Легенды: заголовок, рамки для разделов легенды, заголовки и подзаголовки для условных обозначений.

Для создания картографической легенды необходимо сделать следующее.

1. Выполнить команду «Карта» → «Создать легенду». Появится диалог «Создание легенды – Шаг 1 из 2».

2. Выбрать слои, которые необходимо отразить в легенде и нажать кнопку «Далее». Появится диалог «Создание легенды - Шаг 2 из 2».

3. Установить настройки легенды и нажать кнопку «Завершить». Легенда появится на экране.

Тематические легенды создаются автоматически при создании тематической карты. Они поясняют цвета, символы и стили,

использующиеся на карте. Используйте соответствующую команду в меню «Карта», для изменения легенды «Карта → «Изменить тематическую карту», или просто дважды щелкните на легенде, чтобы открылся диалог «Изменить тематическую карту». Если тематическая легенда является частью картографической легенды, и вы щелкнули на ней, чтобы ее изменить, появится диалог «Изменить тематическую карту». Нажмите кнопку «Легенда», чтобы изменить легенду.

Свойства легенды отображаются в окне Легенды. Вы можете изменить название окна легенды, использующееся по умолчанию, указать, следует ли отображать в окне линейку прокрутки и какое расположение окна легенды следует выбрать. Для изменения названия окна Легенды введите название, которое требуется, в поле «Заголовок». Линейки прокрутки для окна легенды изображаются «по умолчанию». Для того чтобы удалить их изображение, очистите поле линейки прокрутки.

Стандартные настройки раздела легенды относятся к тексту легенды и его стилю, а также к стилю рамки. Эти установки прилагаются ко всем разделам легенды. Для того чтобы внести изменения к отдельным разделам в окне Легенды, можно использовать всплывающее меню.

Используйте поле «Шаблон заголовка» для указания названия легенды и выбора соответствующего стиля текста. Обратите внимание на значок «#» в поле «Шаблон заголовка». Он обозначает название слоя, для которого будет создаваться легенда.

Вы можете изменить картографическую легенду несколькими способами. Для создания картографической легенды поместите меню легенды на линейку меню. Используйте команды в меню легенды для добавления разделов и изменения свойств окна легенды. Меню легенды работает так же, как и меню других типов. Активное в данный момент окно определяет меню, которое доступно в данный момент так, что когда окно легенды активно, меню легенды появляется на линейке меню. Вы можете модифицировать свойства окна легенды, дважды нажав на него вне раздела легенды.

### **3.2.3. Сохранение параметров рабочего сеанса в файле «Рабочий набор»**

Для изменения определенного раздела легенды нажмите на правую кнопку мыши на этом разделе. Тогда раздел будет отмечен, и появится всплывающее меню. Нажмите на пункт «Свойства окна» для вызова диалога «Свойства раздела легенды». Используя его, Вы можете изменить свойства соответствующего раздела легенды. Можно добавить или удалить разделы с использованием всплывающего меню.

Для сохранения информации об открытых таблицах и о расположении окон на экране используется файл «Рабочий набор», имеющий расширение «WOR». В таком файле можно сохранить окна карты, списка и отчета, таблицы запросов, тематические карты, окна легенды, объекты косметического слоя, подписи, стили шрифтов, символов, линий и регионов, используемые для изображения объектов на экране. Рабочие наборы избавляют от необходимости вручную воспроизводить состав, режимы и положения таблиц и окон с самого начала рабочего сеанса.

В рабочем наборе сохраняются тематические карты, режимы подписывания объектов и сами подписи. Так, при попытке закрыть таблицы, содержащие тематические карты или подписи, MapInfo предложит сохранить их в рабочем наборе.

В начале следующего сеанса работы можно открыть сохраненный рабочий набор («Файл» → «Открыть рабочий набор») и восстановить описанное в нем расположение окон на экране.

Можно открывать несколько рабочих наборов, используя клавиши «SHIFT» или «CTRL».

В диалоге «Открыть сразу» предлагается открыть последний рабочий набор. Щелкните на этом предложении, и MapInfo откроет его автоматически.

Если вы работаете с данными в различных окнах, открытие нового набора добавит свои таблицы и окна к тем, что открыты в течение данного сеанса. Это может быть очень полезным, если для работы вам нужны таблицы и окна, находящиеся в разных рабочих наборах. Вы можете сохранить новый комплекс файлов и окон – рабочий набор и окна, и таблицы, открытые в данном сеансе, сохранив все как новый рабочий набор. Выполните команду

«Закрывать все».

Для сохранения текущего состояния таблиц и окон во время сеанса работы в рабочем наборе нужно использовать команду «Файл» → «Сохранить рабочий набор». Появится диалог «Сохранить рабочий набор», в котором надо указать имя файла рабочего набора и каталог, где он будет сохранен. В начале следующего сеанса работы, можно открыть этот рабочий набор прямо из диалога «Открыть сразу».

Нужно отметить, что сохранение «Рабочего набора» не обеспечивает автоматическое сохранение изменений в векторных таблицах. Если вы закрываете окно списка, и при этом у вас есть тематические слои, измененные подписи или объекты на косметическом слое, то MapInfo при закрытии таблицы задаст вопрос, хотите ли вы сохранить такие объекты в рабочем наборе.

Имена таблиц хранятся в файле рабочего набора. Неосторожное изменение имени таблицы в рабочем наборе может сделать его непригодным для дальнейшего использования. Если меняется имя таблицы, то рабочий набор не сможет ее найти. Чтобы избежать этой проблемы нужно переименовывать таблицы до создания рабочих наборов.

### **3.3. Порядок работ по выбору объектов или записей**

Важной операцией в ГИС является выбор объектов или записей, над которыми будут производиться дальнейшие действия.

Выборки представляют собой временные таблицы.

Над выборками можно осуществлять многие из операций, которые применяются к постоянным таблицам:

- просматривать их в окнах списков и карт (если в них присутствуют графические объекты), а также графиков и отчетов;
- вырезать или копировать их в буфер обмена Windows, вставлять их в другие таблицы и использовать в других программных средах;
- использовать их для редактирования исходной таблицы (если необходимо внести изменения в некоторые записи таблицы, можно сначала выбрать эти записи, а затем редактировать выборку);
- создавать на их основе дальнейшие выборки.

Преобразовать выборку в постоянную таблицу можно с помощью команды «Файл» → «Создать копию». Сохранив выборку в виде постоянной таблицы, можно работать с ней, как и с любой другой постоянной таблицей.

Структура выборки полностью зависит от той таблицы, на основе которой она создана. При закрытии базовой таблицы, будут автоматически закрыты и все сделанные из нее выборки.

### 3.3.1. Выборка с помощью инструментов

В MapInfo имеется несколько команд и инструментов, позволяющих создавать выборки. Их можно разделить на две категории:

- Выбор на карте с помощью инструментов «Стрелка», «Выбор в круге», «Выбор в рамке», «Выбор в области» и команда «Выбрать полностью».

- Выбор с помощью запросов: команды «Выбрать», «SQL-запрос».

Инструмент «Стрелка» позволяет выбирать объекты по одному или сразу все объекты в одной области. Объект выбирается, когда его указывают курсором. Однако, предварительно нужно сделать доступным тот векторный слой, в котором содержится этот объект. Если слой является также и изменяемым, вокруг выбранного объекта появятся маркеры. Если же слой не является ни доступным, ни изменяемым, то объект выбран не будет.

Чтобы выбрать по отдельности несколько объектов, нужно указать на первый из них, затем нажать клавишу «SHIFT» и указать следующий и т.д. Второй объект будет добавлен к выборке. Если же второй объект выбирать, не нажимая на клавишу «SHIFT», то выбор первого объекта будет отменен, и выбранным окажется только второй объект.

Чтобы увидеть атрибуты выбранных объектов нужно выполнить команду «Окно» → «Новый список», в окошке списка таблиц выбрать «Selection» («Выборка») – будет открыто «Список», в котором будут показаны все записи текущей временной таблицы выборки. Чтобы выбирать записи в этом окне, нужно также пользоваться инструментом «Стрелка».

При выборе точечных объектов инструментом «Стрелка»

указывают центр символа. Однако в некоторых символах имеется особая точка, на которую и следует указывать, чтобы выбрать символ.

Инструмент «Выбор-в-круге» предназначен для выбора объектов внутри круга заданного радиуса. Объекты не обязательно должны полностью лежать внутри этого круга. В действительности инструмент «Выбор-в-круге» выбирает объекты, центры которых попадают внутрь заданного круга. Порядок действий следующий.

1. Сделать слой, в котором нужно выбирать объекты, доступным, используя меню «Карта → «Управление слоями»».

2. Выбрать инструмент «Стрелка» на панели «Операции». При движении по окну Карты указатель мыши принимает вид указательного пальца.

3. Указать точку на карте, которую следует считать центром круга, в котором будет производиться выбор объектов.

4. Нажать левую кнопку мыши и отодвинуть указатель от центра круга. Программа будет рисовать окружность вокруг центральной точки и показывать текущее значение ее радиуса в левом нижнем углу окна Карты.

5. При достижении нужного радиуса, кнопку мыши нужно отпустить. Программа выделит все объекты, лежащие в заданном круге.

6. Чтобы увидеть список значений атрибутов выбранных в круге объектов, нужно выполнить команду «Новый Список», после чего выбрать «Selection» из списка таблиц – откроется окно Списка.

Порядок работы с инструментами «Выбор в рамке» и «Выбор в области» аналогичный. Чтобы выбирать записи с помощью этих инструментов, надо выбирать их мышью и, не отпуская левую кнопку мыши, указывать соответствующую область на карте, включающую нужные объекты.

Чтобы выбрать все объекты слоя, нужно выполнить команду «Запрос» → «Выбрать полностью». Программа показывает в меню название самого верхнего доступного слоя, к которому и применяется данная команда.

### 3.3.2. Выборка с помощью запроса

Для выбора объектов с помощью SQL-запроса нужно выполнить команду «Выбрать» → «SQL-запрос». При выборе нужно задать условное выражение, с помощью которого будут выбраны объекты и соответствующие им записи атрибутивной таблицы. Выбранные объекты и записи помещаются в таблицу запроса.

В MapInfo выборки обозначаются стандартным именем «Selection» (или «Выборка»). При выполнении действий над выборками MapInfo дает выборкам имена «Запрос 1», «Запрос 2», и так далее.

При создании выборки с помощью команд «Выбрать», «SQL-запрос» можно задать свое название таблицы запроса вместо стандартных имен MapInfo.

Иногда может понадобиться совместить выбор на карте и выбор с помощью запроса. Например, нужно выбрать все ячейки, расположенные не далее 200 м от скважины и имеющие значение показателя газоносности более 10 м<sup>3</sup>. Можно вначале выбрать нужные ячейки с помощью инструмента «Выбор в круге», а затем выполнить запрос над временной таблицей выборки, выделяя только ячейки со значением более 10 м<sup>3</sup>.

### 3.3.3. Отмена выбора объектов или записей

В MapInfo можно:

- убрать отдельный объект или запись из группы выбранных объектов или записей;
- отменить выбор группы объектов или записей;
- отменить выбор всех выбранных объектов.

Чтобы убрать один объект из группы выбранных объектов или записей, нужно нажать клавишу «SHIFT» и указать на этот объект или соответствующую ему запись инструментом «Стрелка». Выбор будет отменен.

Чтобы отменить выбор всех выбранных объектов, следует либо указать в любое место на карте, где нет ни одного объекта, либо выполнить команду «Отменить выбор» из меню «Запрос».

### **3.4. Ввод картографических данных. Геокодирование**

Чтобы показать данные на карте, сначала необходимо сопоставить каждой записи координаты  $X$  и  $Y$ . Программа может присвоить координаты  $X$  и  $Y$  записям некоторой атрибутивной таблицы на основании сравнения атрибутивной информации из нее с атрибутивной информацией из таблицы, которой уже сопоставлены координаты  $X$  и  $Y$  (эту таблицу называют таблицей поиска). Такой процесс называется геокодированием.

Например, при геокодировании атрибутивной таблицы, содержащей информацию о каких-либо реальных объектах типа «область» по названию области MapInfo сравнивает название области в записи из геокодируемой таблицы с названиями областей в таблице поиска и выбирает соответствующие объекты в таблице поиска.

В настольной картографии термин «область» используется для обозначения территорий с замкнутой границей, таких как административные области, города или районы.

Программа создает точечные векторные объекты, которые объединяются с соответствующими записями геокодируемой атрибутивной таблицы. Координатами этих точечных объектов становятся координаты ( $X$ ,  $Y$ ) центроидов выбранных площадных объектов таблицы поиска. Центроид области – это геометрический центр области = центр описанного вокруг области прямоугольника.

#### **3.4.1. Порядок выполнения операции геокодирования**

Чтобы сопоставить записям некоторой таблицы координаты  $X$  и  $Y$ , выполните команду «Геокодирование» меню «Таблица». MapInfo откроет диалог «Геокодирование», в котором вы зададите следующие данные:

1. Название таблицы, записям которой надо присвоить координаты.
2. Название колонки в кодируемой таблице, информация из которой будет использоваться при сравнении.
3. Название таблицы поиска, географическая информация из которой будет использоваться.

4. Название колонки таблицы поиска, информация из которой будет использоваться при сравнении.

В диалоге необходимо выбрать режим геокодирования. При автоматическом геокодировании программа производит поиск только при полном совпадении данных. Этот метод работает быстрее, так как MapInfo не общается с пользователем до окончания процесса геокодирования. Когда вы геокодируете таблицу вручную, MapInfo останавливает процесс кодирования каждый раз, когда не находит точного аналога и дает пользователю возможность выбрать значение из списка возможных кандидатов. Рекомендуется сначала геокодировать таблицы автоматически, а оставшиеся необработанными записи кодировать вручную.

Для осуществления геокодирования в ручном режиме сделайте следующее:

1. Откройте таблицу с картой.
2. Откройте вашу таблицу и добавьте ее в текущее окно карты.
3. Выполните команду «Карта» → «Управление слоями». Сделайте вашу таблицу редактируемой, пометив ее в списке слоев.
4. Выполните команду «Окно» → «Рядом». Выберите геокодируемую таблицу.
5. Выполните команду «Окно» → «Разложить все». Теперь вы увидите и окно карты, и окно списка.
6. В списке найдите запись, которую вы хотите геокодировать и щелкните на окошке слева от записи, чтобы выделить ее.
7. Щелкните на заголовке окна карты. Теперь доступен инструмент символ, и выберите его.
8. Укажите на карте место, где вы хотите поместить выделенную запись. Нажмите левую кнопку мышки.
9. Выполните команду «Файл» → «Сохранить». Выделенная запись теперь геокодирована. Повторите шаги 6-9 для каждой записи, которые вы хотите геокодировать вручную.

### **3.4.2. Поиск данных на карте и ошибки в данных**

После того, как записям были присвоены координаты X и Y, вы можете искать записи и объекты командой «Найти». Найдя

объект на карте, MapInfo отмечает его символом.

Диалог команды «Найти» очень похож на диалог геокодирования. вы задаете таблицу и колонку в ней, по которой надо вести поиск, а также, возможно, уточняющую колонку. После введения данных в этом диалоге, MapInfo предлагает назвать объект (или место на карте). Программа проводит поиск по таблице, выделяя найденную запись в окне списка, а соответствующий объект на карте выделяется символом. Вы можете выполнять поиск только по индексированному полю таблицы.

Если в записи указан адрес, для которого не найден соответствующий адрес в таблице поиска, то MapInfo не обрабатывает запись при автоматическом геокодировании и выдает список возможных вариантов при ручном кодировании, вы должны выбрать подходящий адрес (диапазон адресов) из списка или нажать на кнопку «Пропустить», чтобы не обрабатывать запись.

### 3.4.3. Создание точечных объектов

Команда «Создать» точечные объекты в меню «Таблица» позволит вам создать точечные объекты для каждой записи в базе данных, которая содержит информацию о координатах X-Y. Для того чтобы создать точечные объекты из таблиц Excel:

1. Выполните команду «Файл» → «Открыть таблицу».
2. В выпадающем списке файлов, укажите тип таблицы. Нажмите кнопку «Открыть».
3. Появится диалог. Определите, какая часть таблицы содержит нужную информацию. Вы можете ввести имя области, предлагаемое из выпадающего списка.
4. Если таблица использует первую строку с именами столбцов, то установите флажок «задать заголовки из ячеек», находящиеся над выбранными. Нажмите ОК.
5. Теперь у вас открылось окно списка. Эта таблица открыта только для чтения и не может изменяться в MapInfo.
6. Проверьте структуру таблицы, чтобы убедиться, что координаты представлены столбцами и числовыми значениями. Часто столбцы содержат информацию о координатах в виде строковых значений, потому что первая строка используется как заголовки. Выполните команду «Таблица» → «Изменить» → «Пере-

строить». Появится диалог «Перестройка структуры таблицы», с именами и типами данных. Если поля с координатами имеют десятичный или целый тип, переходите к пункту 12. Если поля с координатами имеют символьный тип, то следуйте пунктам 8-11.

7. Выполните команду «Файл» → «Сохранить копию». Дайте таблице новое имя.

8. Выполните команду «Файл» → «Закреть» и закройте таблицу, которая была открыта.

9. Выполните команду «Файл» → «Открыть». Выберите новую таблицу, которую вы только что сохранили. Нажмите кнопку открыть. Откроется редактируемая копия первоначальной таблицы.

10. Выполните команду «Таблица» → «Изменить» → «Перестроить». Появится диалог «Перестройка структуры таблицы». Выберите столбцы с координатами и поменяйте тип данных на вещественный. Нажмите «ОК».

11. Появится запрос о сохранении внесенных изменений. Нажмите «ОК». Ваше окно списка закроется, что свидетельствует о том, что изменения внесены.

12. Далее определите в проекции широта/долгота, или какой другой вы хотите создать точечные объекты.

#### **3.4.4. Раскодирование таблицы или выбранных записей**

Раскодирование – это процесс удаления объектов, сопоставленных записям таблицы. Могут возникнуть ситуации, в которых необходимо раскодировать целую таблицу или только выбранные записи в ней. Программа дает возможность удалить все графические объекты, которые были сопоставлены записям данной таблицы. Затем вы можете вновь геокодировать базу данных. Раскодирование только выбранных данных из таблицы может быть полезным в том случае, когда изменилась некоторая часть адресной информации для относительно небольшого количества записей. Для того чтобы раскодировать целую таблицу:

1. Выполните команду «Таблица» → «Изменить» → «Перестроить». Откроется диалог «Перестройка структуры таблицы».

2. Сбросьте флажок в окошке «Можно присоединять географические объекты». Нажмите «ОК».

3. Появится диалоговое окно с предупреждением, что это действие удалит все графические объекты из вашей таблицы. Если вы уверены в целесообразности удаления всех объектов, нажмите «ОК».

Все графические объекты теперь удалены из таблицы. Убедитесь, что вы не раскодировали исходную таблицу, она сможет пригодиться в дальнейшем. Чтобы раскодировать выбранные записи:

1. Откройте геокодированную таблицу в виде карты и выберите записи, которые надо раскодировать.

2. Выполните команду «Карта» → «Управление слоями» и сделайте слой редактируемым.

3. Выполните команду «Правка» → «Удалить только объекты». Эта операция удаляет объекты только с карты и оставляет записи в таблице.

### **3.5. Качество данных и контроль ошибок**

Представления о качестве данных, их точности и оценке погрешности становятся чрезвычайно важными при создании баз и банков данных ГИС. Существует практически всеобщая тенденция забывать об ошибках в данных, если последние представлены в цифровой форме. Все пространственные данные до некоторой степени неточны, но в цифровой форме они обычно представляются с высокой точностью, определяемой параметрами памяти компьютера. Необходимо каждый раз рассматривать два вопроса:

– насколько правильно представляемые в БД цифровые структуры отражают реальный мир;

– насколько точно алгоритмы позволяют рассчитать истинное значение результата.

Методы расчета точности определений по картам рассматриваются в курсе картографии, с понятиями надежности и качества географических данных можно ознакомиться в работе Лурье И. К. Показатели качества данных определяются стандартами. Основные из них: позиционная точность и точность атрибутов объектов, а также логическая непротиворечивость, полнота, происхождение, относящиеся к базе данных в целом.

### 3.5.1. Позиционная точность данных и типы ошибок

Позиционная точность определяется как величина отклонения измерения данных о местоположении (обычно координат) от истинного значения. При ее определении, как правило, исходят из масштаба исследования или первичного материала, например в данных о природных ресурсах стремятся достичь точности карты заданного масштаба. Обеспечение большей точности требует более качественных исходных материалов.

Точность координат определяется по-разному в растровом и векторном представлении. Точность растра зависит от размера ячеек сетки. Для избежания потери информации можно использовать ячейки меньшего размера с тем, например, чтобы показать искусственные объекты, но следует оценить, что будет представлять из себя выбранная ячейка в заданном масштабе. В большинстве случаев неясно, относятся ли координаты, представленные в растровом формате, к центральной точке ячейки или к одному из ее углов; точность привязки, таким образом, составляет  $\frac{1}{2}$  ширины и высоты ячейки.

Координаты в векторном формате могут кодироваться с любой мыслимой степенью точности. Обычно для представления используется 8 или 16 десятичных знаков (одинарная или двойная точность), что соответствует ограничению по точности соответственно до  $1/10^8$  и  $1/10^{16}$  измерения на местности. Для получения такой же точности растра необходимо, соответственно,  $10^8 \times 10^8$  или  $10^{16} \times 10^{16}$  ячеек, что невозможно даже при специальном сжатии данных. Но лишь некоторые классы данных соответствуют такой точности векторного представления например данные, полученные точной съемкой, карты небольших участков, составленные на основе крупномасштабных топографических карт. Лишь для немногих природных явлений характерны четкие границы, которые можно представить в виде математически определенных линий. Поэтому можно утверждать, что тонкие линии в векторном формате дают ложное ощущение точности. Обычно на карте толщина линии отражает неопределенность положения объекта. Поэтому в векторной системе фиксируется неопределенность положения векторного объекта, а не точность координат. В растровой системе эта неопределенность автоматиче-

ски выражается размером ячейки, который и дает действительное представление о точности.

Перед тем как использовать существующие традиционные и цифровые карты и планы необходимо оценить их пригодность по следующим параметрам:

- точность нанесения объектов на карту или план;
- состояние геодезической сети, которая служит основанием для позиционирования картографических объектов;
- актуальность карты или плана.

И только на основе всей совокупности этой информации, а также требований, предъявляемых к данным конкретного картографического проекта, можно принять решение о возможности использования картографических материалов.

Точность нанесения объектов на карту или план определяется несколькими факторами:

- качеством геодезической сети;
- точностью съемки;
- точностью масштаба карты или плана;
- деформацией носителя.

Необходимо отметить и недостатки нормативной базы картографических работ, которая иногда отстает от реальных требований, выдвигаемых современными технологиями и экономической целесообразностью.

В качестве примера для оценки точности планшетов плана можно привести методику:

1. Прокладывание контрольных теодолитных ходов от пунктов городской полигонометрии (с одновременным координированием углов капитальных зданий и линейными промерами между отдельными точками) и оценка точности их проложения для определения приемлемости проведенных измерений.

2. Вычисление координат координируемых точек.

3. Определение средней квадратической погрешности на топографическом плане углов капитальных зданий, центров колодезцев, а также соответствия точности взаимного положения существующих контуров участков.

Состояние геодезической сети, являющейся основой для всех съемочных работ многих российских городов, можно считать неудовлетворительным. В настоящее время специалисты

предлагают различные методы по уточнению геодезической сети. Один из выходов при производстве новых работ – установка базовых станций, передающих дифференциальные поправки, и применение спутниковых навигационных технологий. Тем самым количество пунктов существующей сети может быть уменьшено, а ее точность увеличена.

Существующие технологии ведения работ приводят к значительной потере точности координат, получаемой в полевых измерениях.

Погрешность полевых измерений согласно требованиям инструкции находится в пределах от 1 до 1,5 мин. (угловые измерения) и 5-10 см (линейные). Использование электронных тахеометров позволяет повысить точность измерений в 2 раза. При камеральной обработке полевых измерений координаты и высоты точек вычисляются с погрешностью до 0,01 м.

Использование современных технологий позволяет отказаться от ручного вычерчивания топографического плана и, как следствие, повышается точность отображения информации.

Весьма важным фактором, приводящим к ошибкам, в настоящее время является отсутствие общепринятых стандартов и методик или их недостаточная проработанность. Нормативных документов, регламентирующих технологии работ с применением современного геодезического оборудования и дальнейшей передаче результатов работ в цифровом виде в ГИС, практически не разработаны.

### **3.5.2. Точность пространственных данных БД**

Практически на каждом этапе создания БД возможно внесение ошибочных данных. Более того, карты и планы имеют погрешности, которые при цифровании автоматически переносятся в БД. Из-за генерализации данных, которая традиционно используется при создании карт и планов, информация о местоположении объекта неточна. Несовпадение частей одноименных картографических объектов на границах номенклатурных листов приводит к погрешностям позиционирования векторных объектов в БД.

Погрешности имеют место и для данных, взятых из

некартографических источников. Они могут проявиться и при проведении инвентаризации данных по аэрофотоснимкам, если изображения дешифрованы неверно. Некоторые погрешности возникают потому, что слишком велико доверие к базовым картам, другие – связаны с проблемой границ и погрешностями классификации. Многие ошибки обусловлены особенностями сбора данных. Нужно отметить, что ручной ввод цифровых данных в БД весьма утомителен, поэтому трудно сохранять необходимое качество результата работы на протяжении достаточно долгого времени.

Для снижения погрешностей позиционирования геообъектов используют геодезический контроль и системы спутникового позиционирования, а также создание массивов данных географической привязки. К последним предъявляют особенно высокие требования по точности и достоверности еще на этапе сбора исходной информации. Их применение в качестве основы для интеграции данных в известных оригинальных масштабах и проекциях не вызывает затруднений. Во всех других случаях требуется преобразование информации, которое должно выполняться по правилам картографической генерализации и согласования.

Большая часть данных о местоположении объектов берется с аэроснимков, при этом точность зависит от правильного размещения контрольных точек снимков. Данные космической съемки труднее расположить с большой точностью, потому что этого, как правило, не позволяет разрешение снимков.

На весь набор данных влияют ошибки регистрации и определения контрольных точек, преобразования координат, особенно когда неизвестна проекция исходного документа; ошибки обработки данных, неправильный логический подход, генерализация и проблемы интерпретации; математические ошибки; потеря точности представления из-за невысокой точности вычислений; погрешности преобразования растровых данных в векторный формат.

В БГД обычно используются данные из разных картографических источников различной точности. При наложении множества карт точность результирующего материала может оказаться очень низкой. Однако больший интерес представляет показатель пригодности полученной карты. Для некоторых типов операций

степень пригодности карт определяется точностью наименее точного слоя БГД. Показатель пригодности карт можно оценить также по его устойчивости при смене порядка ввода данных или изменении весов атрибутов объектов.

Часто возникают искусственные признаки ошибок (артефакты) – это нежелательные последствия применения высокоточных процедур для обработки пространственных данных, имеющих невысокую точность. Использование растровых данных позволяет застраховаться от артефактов до тех пор, пока размер элемента растра больше или равен позиционной точности данных. При работе с векторными данными артефакты возникают при кодировании (цифровании) и наложении полигонов.

Чтобы проверить позиционную точность, нужно использовать независимый, более точный источник, например, карту более крупного масштаба, данные спутникового позиционирования, первичные («сырые») данные съемки. Для контроля можно использовать и внутренние признаки: незамкнутые полигоны, линии, проходящие выше или ниже узловых точек, и т. п. Величина этих погрешностей может служить мерой позиционной точности.

Наиболее надежным путем создания качественных БД, особенно для ее многократного и многопользовательского применения, является хранение информации о точности в самой БГД в виде атрибутов или метаданных.

### **3.5.3. Точность атрибутивных данных БД**

Точность атрибутов векторных объектов карт и планов определяется как близость их к истинным показателям на данный момент времени. В зависимости от природы данных точность атрибутов может быть проанализирована разными способами.

Для непрерывных атрибутов, представляющих модель поверхности, например ЦМР, точность определяется как погрешность измерений по этой модели.

Для атрибутов объектов, выделяемых в результате классификации, точность выражается в оценках соответствия, определенности или правдоподобия.

Неопределенность атрибутов каждого элемента растра по-

стоянна для каждого из представленных классов объектов, а позиционная неопределенность постоянна для всего растра - фиксируется один раз для всей карты.

*Логическая непротиворечивость, полнота, происхождение* – эти элементы качества данных относятся к БД в целом, а не к объектам, атрибутам или координатам.

*Логическая непротиворечивость* связана с внутренней непротиворечивостью структуры данных, с топологическим представлением данных, что означает наличие исчерпывающего списка взаимоотношений между связными геометрическими представлениями данных без измерения хранимых координат пространственных объектов. Она обычно заключается в ответах на вопросы: замкнуты ли полигоны, нет ли полигонов без меток или с несколькими метками, есть ли узлы на всех пересечениях дуг. Логические противоречия могут быть вызваны проблемами согласования информации и географических границ при совмещении данных из разных источников.

*Полнота* связана со степенью охвата данными множества объектов, необходимых для представления реальности или отображения на результирующей карте. Она зависит от правил отбора объектов или явлений, генерализации и масштаба.

*Происхождение* включает сведения об источниках данных, времени сбора данных, точности источников и цифровых данных, организации, которая их собирала, об операциях по созданию БД (кодирование данных, обработка исходного материала и т. д.).

### **3.5.4. Особенности интеграции разнотипных данных**

Новые виды и типы цифровых данных требуют разработки методов их совместного использования, оценки пригодности для создания ГИС и составления карт. Создание проблемно-ориентированных банков географических и картографических данных и знаний способствует не только накоплению информации и обмену ею, но и повышению качества и достоверности результатов, получаемых ГИС. Особенно возрастает роль таких банков для интеграции, пространственного и тематического согласования информации.

Проблемы интеграции данных особенно остро встали в свя-

зи с широким использованием уже существующих цифровых карт, содержащихся в разнообразных базах пространственных данных и распространяемых по телекоммуникационным сетям. Они могут быть слоями проблемно-ориентированных ГИС, представлять результаты компьютерного дешифрирования аэро- и космических снимков, цифрового моделирования объектов или явлений. Информация относительно их происхождения, методов создания, точности и достоверности часто отсутствует или недоступна.

Технология создания цифровых карт часто определяется временными, не устоявшимися, разрозненными, не всегда профессионально составленными инструкциями и техническими заданиями, а также разработанными производителем или заказчиком работ, ведомственными инструкциями. Все чаще появляются в публикациях сообщения об ошибках в цифровых картах, а иногда об их полной непригодности к использованию или ненадежности как источников данных.

При традиционном (бумажном) создании карт разнотипные данные применяются давно и методы их совместного использования хорошо разработаны. Современное техническое и программное обеспечение позволяет на основе любых доступных данных создавать сколь угодно сложные по содержанию карты и делать их легкодоступными для использования и модификаций. Но часто это происходит без учета картографических традиций, в то время как доверие к цифровым картам велико.

Решение проблем интеграции данных при создании и использовании цифровых карт лежит в области разработки инфраструктуры пространственных данных (на национальном и межгосударственном уровнях) (А. В. Кошкарев, 2000), четкой структуры метаданных и картографически обоснованного применения ГИС-технологий при работе с разнотипными данными.

Под формированием инфраструктуры пространственных данных подразумевается разработка механизма их обмена и накопления (доступность, стоимость, система стандартов на данные), а также определение базовой пространственной информации, к которой, в первую очередь, следует отнести геодезическую основу, рельеф, гидрографию, транспортную сеть, административные границы.

Преимущество геоинформационных методов заключается в возможности оценить пригодность данных для совместного использования и осуществить их интеграцию на основе выполнения пространственного анализа с помощью ГИС-технологий.

При совместном использовании разнотипных данных необходимо каждый раз рассматривать два вопроса:

- насколько правильно и сопоставимо представляемые в БД цифровые структуры отражают реальную ситуацию;
- насколько точно используемые алгоритмы позволяют рассчитать истинное значение результата совмещения данных.

Хорошим технологическим приемом интеграции разнотипных данных произвольных источников может стать создание специализированных экспертных систем. Их задача – выполнение оценок качества и пригодности таких данных, опирающееся на три базовые составляющие системы:

- метаданные;
- логические процедуры, учитывающие характер проявления основных источников возможных ошибок в цифровых пространственных данных;
- ГИС-технологии, реализующие традиционные и современные приемы совмещения информации для создания БД.

### **3.5.5. Актуальность картографических данных**

Во многих российских городах не отработан механизм ведения дежурных планов, поэтому не все данные попадают на планшеты масштаба 1:500, на основе которых должно осуществляться градорегулирование органами архитектуры и градостроительства.

В большинстве случаев планшеты заводились по мере застройки города и в дальнейшем проводилась корректировка данных по результатам топографических съемок для целей проектирования, съемок текущих изменений, а также на основании исполнительных съемок, сдаваемых в управление по архитектуре и градостроительству города муниципальными службами и организациями по окончании ремонта инженерных коммуникаций. В последние годы исполнительные схемы сдаются эксплуатационными организациями в Управления архитектуры и градострои-

тельства городов. Однако, имеющаяся картографическая информация (особенно по подземным коммуникациям) сильно устарела.

К тому же и аэрофотосъемка, служившая ранее основным источником для обновления карт масштаба 1:2000, становится недоступной для многих городов, а большие временные затраты на обработку данных аэросъемки уменьшает актуальность нанесенной информации.

#### **4. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ И МЕТОДЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА**

Каждая ГИС имеет модули ввода и вывода информации и программные средства для выполнения пространственного анализа, решения инженерных и прикладных задач. В большинстве ГИС сложился перечень функций, которые она решает:

- функция организации выбора объекта по тем или иным условиям;
- редактирование структуры и информации в базе данных;
- картометрические измерения;
- пространственный анализ;
- построение буферных зон;
- анализ наложений;
- сетевой анализ;
- картографическая визуализация.

Хранящаяся в ГИС информация представляет собой ценность при использовании ее для решения прикладных задач. В учебном пособии рассматриваются элементы геоанализа так называемых «географических полей», как реальных, так и абстрактных, «для которых независимыми переменными являются пространственные координаты, а в качестве зависимых переменных служат исследуемые количественные показатели».

Геоанализ с использованием существующей базы данных позволяет получить новую информацию при решении ряда задач:

- запрос на получение информации с определёнными свойствами;
- классификацию;
- находить пространственно перекрывающиеся объекты;

- производить объединение, удаление объектов, и другое.
- закономерностей в структуре;
- наличие и вид взаимосвязей;
- тенденции развития явлений в пространстве и во времени.

Например MapInfo позволяет решать задачи такие как, выявление закономерностей в данных, создание зон и районов, создание тематических карт, связь с удаленными базами данных, включение графических объектов в приложения и другое.

#### **4.1. Модели пространственных данных**

Информационную основу ГИС образуют цифровые представления (модели) реальности. Рассматривая данные по отношению к описываемым ими объектам, говорят о цифровых моделях объектов, а применительно к пространственным объектам в ГИС – о цифровых моделях пространственных объектов. Термин «цифровая модель» отражает внешнюю форму представления, а не его суть как набора логических правил построения системы из слагающих ее элементарных пространственных объектов, в компьютерной графике называемых графическими примитивами.

Цифровые по форме, по своей сути модели пространственных данных относятся к типу информационных моделей отличных от реальных (например, физических), математических, мысленных или моделей особого типа, например картографических.

Объектом информационного моделирования в ГИС является пространственный объект. Он может быть определен как цифровое представление (модель) объекта реальности (местности), содержащее его местоуказание и набор свойств (характеристик, атрибутов), или сам этот объект. Некоторое множество цифровых данных о пространственных объектах состоит из двух составляющих позиционной и непозиционной (атрибутивной), которые, образуют описание пространственного положения и тематического содержания данных.

Пространственные объекты как абстрактные представления реальных объектов и предмет информационного моделирования (цифрового описания) в ГИС разнообразны и традицион-

но классифицируются соответственно характеру пространственной локализации отображаемых ими объектов реальности. Базовыми типами объектов которыми оперируют современные ГИС, обычно считаются:

- точка (точечный объект) — 0-мерный объект, характеризуемый плановыми координатами;

- линия (линейный объект, полилиния) — 1-мерный объект, образованный последовательностью не менее двух точек с известными плановыми координатами (линейными сегментами или дугами);

- область (полигон, полигональный объект, контур, контурный объект) – 2-мерный (площадной) объект внутренняя область, ограниченная последовательностью линий и идентифицируемая внутренней точкой (меткой);

- ячейка (регулярная ячейка) – 2-мерный объект, элемент разбиения земной поверхности линиями регулярной сети;

- поверхность (рельеф) – 2-мерный объект, определяемый не только плановыми координатами, но и аппликацией  $Z$ , которая входит в число атрибутов образующих ее объектов;

- оболочка тела.

Применение ГИС-технологий в качестве ядра предопределяет возможность их создания на единой методологической основе, независимо от уровня использования.

Кроме этого ГИС-технологии предоставляют возможность интегрировать в единую информационную среду алгоритмы решения многих прикладных задач, что является чрезвычайно важным при создании проблемно-ориентированных автоматизированных систем производства на основе программно-алгоритмических средств.

#### **4.1.1. Картографические и атрибутивные базы данных**

Главным источником сведений о моделируемом объекте является цифровой банк данных, основное содержание которого составляют цифровые планы и связанные с ними базы данных семантической информации.

Связь между объектами цифрового плана и записями в семантической базе данных осуществляется двумя путями: про-

граммно и «по идентификатору». В программном способе используются специальные файлы, в которых установлена связь между объектами цифровых карт и строками в семантических базах данных.

Для создания связи по идентификатору в семантической базе данных отводится специальное поле для идентификатора объекта и в структуре файла цифровой карты для каждого объекта также запоминается идентификатор. Сравнивая идентификаторы или производя запросы, можно найти строку в таблице семантической информации для данного графического объекта, и наоборот.

Цифровой банк данных включает в себя следующие информационные структуры:

- картографическую базу данных;
- атрибутивную базу данных;
- классификаторы;
- словари и системные справочники;
- библиотеку картографических условных знаков;
- базу знаний;
- базу программ (библиотеку расчетных программ).

**Картографическая база данных** используется для работы с картографическими объектами, которым затем присваивают атрибуты. Картографическая база данных должна удовлетворять следующим специальным требованиям:

- обеспечивать хранение пространственных данных;
- позволять находить необходимый участок карты;
- осуществлять растрово-векторное преобразование;
- осуществлять определение объектов, которые обладают заданной комбинацией признаков;
- осуществлять определение объектов, которые находятся в определенном отношении к другому множеству объектов;
- разделять объект на подобъекты;
- дополнять описания имеющихся объектов новыми признаками;
- изменять положения объектов;
- вносить, изменять или исключать связи между объектами;
- осуществлять управление геометрическими элементами (точками, линиями, полигонами, растрами и т. д.) и атрибутами;

– обеспечивать связь с библиотекой прикладных программ, обрабатывающих в интерактивном режиме любые геометрические формы.

**Атрибутивная база данных** предназначена для хранения характеристик объектов, являющихся предметом разработки ГИС. В основе всех разрабатываемых с применением ГИС-технологии систем лежит единая интегрированная реляционная база данных (БД). Структура этой базы данных отвечает информационным потребностям реализуемых в системе задач. Для многих приложений информация, хранимая в БД, может включать в себя текстовые, числовые данные и первичные, наиболее ответственные пространственные данные – координаты точек съемки.

Связь данных в покрытиях и таблицах БД реализуется на основе использования уникальных идентификаторов объектов. Часть пространственных данных, специфических для конкретного рабочего места хранится в файлах формата MapInfo.

После создания цифровой карты к объектам приписываются атрибуты. В цифровых картах атрибутику удобнее хранить в кодах и сопровождать их справочными таблицами. **Классификаторы** используются для хранения кодов объектов классификации, несущих смысловую нагрузку и выполняют функции приведения данных в одномерную последовательность и ее представление в компактном формализованном виде, пригодном для использования в системе.

**Словари и системные справочники** устанавливают взаимно однозначное соответствие между отдельными понятиями и числовыми кодами, необходимыми для обработки и хранения данных.

**Библиотека картографических условных знаков** помогает нанести на карту различную атрибутивную и картографическую информацию в виде принятых условных обозначений. Картографические условные знаки делятся на географические (триангуляционные пункты, лес и т. д.) и тематические (виды промышленности, выращивание сельскохозяйственных культур и т. д.).

**База знаний** используется для хранения прагматических знаний, описывающих стереотипные ситуации, а также знаний о предметной области в виде конкретных фактов. База знаний

должна удовлетворять следующим требованиям:

- содержать информацию для оперативного анализа и контроля состояния объекта;
- содержать специальные знания, применение которых изменяет состояние задач, функционирующих в составе ГИС;
- упорядочивать используемые понятия по степени общности, которая должна быть представлена в виде иерархического дерева;
- содержать знания (метаправила) о порядке применения известных знаний объектного уровня для приведения решаемой задачи в одно из ее возможных целевых состояний.

**База программ** предназначена для хранения программных модулей, используемых в процессе обработки информации и выработки решения. База программ содержит явно процедурную информацию и включает библиотеку математических функций и автономные программные модули. Библиотека математических функций реализовывает унификацию математических методов. Автономные программные модули унифицируют стандартные функции и содержат алгоритмические знания, которые отражают процесс решения задач анализа, прогнозирования и мониторинга.

Для обеспечения решения задач структура баз данных должна быть, во-первых, векторной; а во-вторых, унифицированной на основе введения стандартов. При создании векторного плана с привлечением программ ГИС имеющиеся БД должны быть использованы в наиболее полной степени. При этом БД могут быть перестроены в соответствии с принципами геоинформационного моделирования и вследствие этого переориентированы на решение прикладных задач производства. ГИС-технологии предоставляют возможность интегрировать в единую информационную среду алгоритмы решения многих прикладных задач, что является чрезвычайно важным при создании проблемно-ориентированных автоматизированных систем на основе программно-алгоритмических средств.

## **4.2. Цифровая модель географических полей**

Важнейшей задачей ГИС считают пространственный анализ геоданных (геоанализ). Поскольку геоданные чрезвычайно

разнообразны по своему содержанию, к ним применимы разнообразные методы исследования. В данном учебном пособии рассматриваются элементы геоанализа так называемых «географических полей», как реальных, так и абстрактных, «для которых независимыми переменными являются пространственные координаты, а в качестве зависимых переменных служат исследуемые количественные показатели». Рельеф земной поверхности является частным случаем такого географического поля, где зависимой переменной выступает высота. В качестве практического приложения геоанализа рассматривается метод цифрового моделирования рельефа (ЦМР), обработка модельных данных рельефа и отдельные элементы его анализа.

В истории развития методов моделирования и анализа рельефа на основе компьютерных технологий можно выделить два основных этапа. На первом этапе (конец 50-х – начало 70-х годов) основной целью было автоматизировать как можно больше картографических и исследовательских видов работ, выполнявшихся ранее вручную. Попытки уделить внимание качественной стороне разрабатываемых методов упирались в недостаточные объемы памяти и низкое быстродействие ЭВМ, а также в несовершенство устройств ввода-вывода графической информации. Несмотря на многие недостатки, теоретические и практические основы большинства современных методов были заложены именно на этом первом этапе.

Начало второго этапа можно отнести к концу 70-х годов, когда стали появляться относительно недорогие персональные компьютеры и рабочие станции. В это время довольно быстро произошла смена переориентации в разработках с количественной на качественную. Особенно бурное развитие в этом направлении происходило в 90-е годы. Это стало возможным благодаря техническому прорыву, приведшему к созданию недорогих и мощных компьютеров, а также высококачественных графических устройств.

Тенденция к качественному совершенствованию сохраняется и сейчас. Развитие моделирования и визуализации, вызвано появлением новых методов анализа и повышением качества цифровых картографических данных. Специальные программные средства позволяют автоматизировать процессы обработки и ин-

терпретации данных, а также использовать их для моделирования и выполнения всевозможных расчетов и оценок. Одна из составляющих этого научного направления – моделирование рельефа, его картографическая визуализация и анализ созданных моделей. Причем появляющиеся новые методы моделирования или постобработки моделей с целью улучшения их качества в первую очередь используются производителями ЦМР, государственными и частными. Коммерческие ГИС, за некоторыми исключениями включают такие методы с большим запозданием.

В толковом словаре Берлянта А. М. ЦМР определяется как «... средство цифрового представления 3-мерных пространственных объектов (поверхностей, рельефов) в виде трехмерных данных как совокупности высотных отметок или отметок глубин и иных значений аппликат в узлах регулярной сети с образованием матрицы высот, нерегулярной треугольной сети (TIN) или как совокупность записей горизонталей (изогипс, изобат) или иных изолиний».

В зарубежных источниках общепринято более широкое определение ЦМР как «совокупности ячеек, покрывающих область определения, и способа восстановления значений в этих ячейках. В такое определение вписываются и триангуляционное, и сеточное, и изолинейное представления».

Важность ЦМР подчеркивает тот факт, что во многих странах, наряду с цифровыми географическими данными, создаются национальные банки данных цифровых моделей рельефа, поддерживаемые на государственном уровне. Например, Национальное агентство по съемке и картографированию (NIMA) США построило глобальный цифровой рельеф местности, представляющий собой матрицу высот с дискретностью 30 м и точностью по горизонтали – 20, по вертикали — 16 м. Цифровая модель соответствующая топографической карте масштаба 1:50000, доступна только государственным ведомствам США. Модель может быть использована в любых проектах, требующих точного знания местоположения и высот природных объектов.

Отправным понятием при математическом моделировании свойств *географических полей*, служит понятие поля признака. Полем *географического* признака называется пространство, каждая точка которого характеризуется определенным значением по-

казателя. Полевые работы позволяют установить числовые значения показателя  $u$  в ограниченном числе точек по результатам прямых измерений. Восстановление значений функции  $u=(x,y,z)$  любой точке поля признака осуществляется с помощью математического моделирования. Основу любой модели составляют некоторые допущения, позволяющие упростить процесс моделирования. Характер допущений определяется, во-первых, особенностями моделируемого поля признака и, во-вторых, целенаправленностью моделирования.

Основное допущение при моделировании связано с возможностью представления функций  $u=(x,y,z)$  в виде суммы трех независимых компонент:

$$u(x, y, z) = f(x, y, z) + g(x, y, z) + j(x, y, z),$$

где  $f(x, y, z)$  - детерминированная составляющая поля признака,  $g(x, y, z)$  – реализация случайной функции,  $j(x, y, z)$  – случайная компонента.

На первом этапе исследований необходимо ответить на два основных вопроса:

- какое количество составляющих содержит модель поля данного признака;
- как выделить эти составляющие на основании анализа данных.

Ответ на первый вопрос находится, с помощью анализа экспериментальных вариограмм. Задача о разложении поля признака на компоненты сводится, в основном, к задаче о выделении закономерной составляющей  $f(x, y, z)$ . Детерминированную компоненту  $f(x, y, z)$  иногда называют закономерной составляющей или трендом. Свойства функции  $g(x, y, z)$  описываются с помощью вариограмм.

При построении математической модели поля признака необходимо соблюдать следующий важный принцип. Определение аналитического вида функции  $f(x, y, z)$  и определение характеристик случайных функций  $g(x, y, z)$  и  $j(x, y, z)$  должно проводиться по данным в пределах однородных зон.

Изменчивость может зависеть от направления. Это явление носит название анизотропии и проявляется при оценке показате-

лей в различных точках в зависимости от направления. При анализе изменчивости различают три типа анизотропии: геометрическую, зональную и функциональную. Их отличие связано с количественными методами описания пространственной изменчивости.

Параметры изменчивости, влияющие на погрешности оценок, будут разными для участков с различными условиями. На однородных участках погрешность оценки не должна зависеть от положения точки, для которой производится оценка показателей.

## **4.2. Классификация методов моделирования геополей**

Задача моделирования размещения непрерывного поля может быть решена либо в аналитическом виде (моделирование в аналитическом виде), либо в виде некоторого алгоритма, задающего последовательность операций для вычисления значения показателя (построение геополей на основе цифровых моделей). Моделирование рельефа выполняется по значениям высот известных только в некоторых точках расположенных нерегулярно. Обычно такого рода исходные данные получаются после проведения полевых съемок (нивелирование, тахеометрическая съемка, съемка с использованием приемников спутникового позиционирования и т. д.), либо фотограмметрическим способом по стереоснимкам. Для других географических полей исходные данные (точки опробования в экологических исследованиях, точки привязки показателя при построении абстрактных полей и т. д.) моделирование выполняется по значениям известным только в некоторых точках.

### **4.2.1. Моделирование в аналитическом виде**

Моделирование в аналитическом виде обладает рядом достоинств:

- позволяет вскрыть внутреннюю структуру объекта или процесса (например, анализ размещения при помощи аппарата гармонического анализа), с количественных позиций подойти к объяснению генетических особенностей размещения;
- дает возможности для анализа основных свойств разме-

щения отдельно в зависимости от практических задач;

- дает возможность повысить сложность модели, резко увеличить скорость и объемы перерабатываемой информации;
- позволяет апробировать большое число вариантов модели, выбрать из них оптимальные;
- позволяет оценить закономерную составляющую каждого из пространственных полей показателей, по уровню случайной составляющей (дисперсии) размещения показателей;
- строить математические модели разной размерности;
- объективно выбирать аргументы и вид математической модели;
- просто переходить к графическому изображению математической модели в виде изолиний показателя;
- оценивать точность показателя.

Производится разбиение ЦМ геополей на группы в зависимости от формы представления исходных данных:

- с регулярным расположением точек на прямоугольных, треугольных или гексагональных сетках;
- с нерегулярным представлением точек по структурным линиям, профилям, центрам площадей, локальным точкам, случайным сеткам и т. д.;
- с изолинейным заданием точек, расположенных равномерно на изолиниях или же с учетом сложности их рисунка.

#### **4.2.2. Построение геополей на основе цифровых моделей**

Цифровая форма представления поверхностей используется для построения карт изолиний, проекций поверхностей на плоскость, различных подсчетов в прикладных программах (например, подсчет объема земляных работ, вычисление площадей, объемов, построение поперечных сечений рельефа).

Для анализа геополей на основе цифровых моделей необходимо находить значение показателя в произвольной точке области определения. Использовать цифровую форму представления поверхностей в виде произвольно расположенных точек неудобно. Необходимо промежуточное упорядоченное форма представления. Самой распространенной упорядоченной формой представления поверхности является цифровая модель, заданная

высотами в узлах прямоугольной координатной сети. Причем, если сеть равномерная, то ее называют сетью квадратов, если сеть неравномерная, говорят о неравномерной координатной сети, если сеть состоит из треугольников, то сеть называют триангуляционной. Область определения разбивается на множество прямоугольных или треугольных ячеек, что позволяет легко восстанавливать значения высот в произвольной точке путем интерполяции.

Каждая из указанных выше форм имеет свои достоинства и недостатки, однако триангуляционные модели применяются в основном для крупных масштабов, поскольку позволяют встраивать в свою структуру границы естественных и искусственных объектов, в то время как сеточные, несмотря на некоторую избыточность данных по сравнению с триангуляционными моделями используются для любых объектов.

Таким образом, совокупность измеренных значений показателя, установленных в произвольно расположенных точках, трансформируется в систему значений в узлах треугольной, квадратной или прямоугольной сетки. Такая трансформация осуществляется поэтапно:

- преобразование координат точек с известными значениями показателя;
- фиксация точек пересечения контура с линиями квадратной сетки;
- поиск точек, близлежащих к узлам сетки;
- установление интерполированных значений показателя в узлах сетки.

Преобразование координат осуществляется путем поворота координатной сетки до положения вдоль основных размеров объекта. На преобразованной координатной сетке фиксируется контур объекта, и отыскиваются точки с измеренными значениями показателя, близлежащими к узлам новой преобразованной сети координат.

Однако исходные точки поверхности задаются редко. Поверхность не всегда является гладкой. Необходимо дополнительное восполнение поверхности. Восполнение поверхности осуществляется реализацией двух шагов. Сначала производится аппроксимация поверхности, после чего определяются ее значения

в узлах прямоугольной координатной сети, поскольку прямоугольная сеть является более удобной для анализа и графического представления поверхности.

Задача определения более густой сети возникает и в случае задания поверхности в узлах прямоугольной координатной сети. Аппроксимация при этом производится полиномиальными сплайнами, зависящими от двух переменных. Вычислительные процедуры созданы для полиномов третьей степени

В разработанном нами методе за упорядоченную форму хранения и представления информации принят регулярно-ячейковый принцип организации данных. Для описания данных за минимальную единицу площади принимается ячейка правильной геометрической формы, а пространственно-распределенные признаки объектов хранятся в узлах регулярной сетки из ячеек. Значения показателя из точки замера с помощью интерполирования передаются в узлы сетки. Сетка представлена набором квадратных ячеек с перечнем значений показателей в узлах и для ее построения составлена программа. Графическим результатом программы является план с квадратной координатной сетью со стороной  $h$ . Начало координат совпадает с одним из углов сетки, а направления совпадают с направлениями прямых, образующих сетку. Сетка делит план на  $NX$  вертикальных и  $NY$  горизонтальных полос. Общее количество узлов равно  $(NX+1)*(NY+1)$ . Координаты левого нижнего узла устанавливаются пользователем  $(X1, Y1)$ .

Каждому узлу сети поставлена в соответствие строка из матрицы показателей. Такое регулярное представление данных позволяет сформировать долговременную и стабильную информационную основу.

Для перехода от поверхности, заданной произвольно расположенными точками, к поверхности, заданной значениями в узлах квадратной координатной сети необходимо поверхность аппроксимировать или усреднить.

Значение каждого блока сеток ЦММГП вычисляется по настроенным пользователем интерполяционным алгоритмам. В программе реализованы такие способы построения:

1. Аппроксимация степенными полиномами.
2. Интерполяция по структурным функциям.

### 3. Интерполяция по усредненной поверхности.

Интерполированные значения показателя определяются для каждого узла сетки в контуре объекта. В системе программ, использованы методы наименьших квадратов, средних и статистически оптимальной интерполяции и др.

При использовании метода наименьших квадратов принимается допущение, что в окрестностях узла интерполяции изменения показателя описываются уравнением плоскости. Исходя из уравнения плоскости, по методу наименьших квадратов вычисляются интерполированные значения показателя в узлах координатной сетки.

Статистически оптимальная интерполяция базируется на предположении, что неизвестное значение показателя  $P_0$  в узле координатной сетки можно выразить через известные  $P$  в  $M$  ближайших точках путем линейной комбинации. Оптимальная система значений  $y$ , отыскивается путем минимизации дисперсии погрешностей интерполирования. Усредненная поверхность вычисляется методом взвешивания внутри круговой области. Функции взвешивания обратно пропорциональны расстоянию между точками. Величина усреднения зависит от радиуса круга и весовой функции.

Второй формой создания упорядоченной модели поверхности является триангуляция, в которой формирование сети с треугольными ячейками производится путем соединения исходных точек в сеть треугольников. Триангуляцией называют процесс создания сетей на основе данных, не требующих локального усреднения. Создаваемое покрытие включает все исходные точечные данные, причем может выходить за пределы коридора между минимальным и максимальным значениями.

Известны два способа триангуляции. В первом способе производятся всевозможные соединения, выбираются кратчайшее и удаляются все соединения, которые пересекаются с кратчайшими. Это процедура повторяется со следующими кратчайшими соединениями до тех пор, пока не одно соединение не пересекается. Результатом работы алгоритма является набор соединений с минимальным расстоянием между соседними точками.

В другом способе триангуляции выбираются две точки и к

ним присоединяется третья, находящаяся вблизи от перпендикуляра, восстановленного из середины отрезка, соединяющего первые две исходные точки. Этот способ основан на создании равносторонних треугольников.

В процессе триангуляции все исходные точки соединяются треугольниками, в результате чего возникает нерегулярная триангуляционная сеть (TIN). Точки соединяются попарно с ближайшими соседями (по критерию Делоне), таким образом, чтобы в окрестность, описанную вокруг любого из треугольников, не попадала ни одна вершина другого треугольника. Для TIN может быть получена сглаженная поверхность с использованием двумерного полиномиального преобразования пятого порядка (вдоль осей X и Y на каждой треугольной грани поверхности). Проводится триангуляция всех точек объектов списка. В каждом из полученных треугольников строится полином 5-го порядка. Покрытие может быть неограниченно экстраполировано.

Существуют и другие методы триангуляционного поиска оптимальных соединений. Опорные точки ищутся в первом ореоле триангуляции исходных данных с последующим построением локальных сплайнов. Технология нерегулярной триангуляционной сети, используемая в военных целях (например, в системе наведения ракет), была разработана одновременно несколькими исследовательскими группами в разных странах. Это линейная нерегулярная сеть – система неравносторонних треугольников, соответствующая триангуляции Делоне. Сеть используется в качестве модели данных при конструировании цифровой модели рельефа, представляя его набором высотных отметок в узлах сети и заменяя многогранной поверхностью

#### **4.2.3. Средневзвешенная интерполяция и метод Шепарда**

Метод средневзвешенной интерполяции восходит к Гауссу и является одним из самых простых математически. Значение модельной функции в точке вычисляется как взвешенная сумма значений в опорных точках.

Если же одни точки имеют более сильное влияние на результаты анализа, а прочие – менее сильное, то им должны быть сопоставлены различные весовые коэффициенты. При анализе

все расстояния умножаются на веса. Определив на карте области, которым соответствуют наименьшие усредненные значения расстояний до других точек, можно на основании этой информации делать выводы о географических центрах активности (притяжения) согласно некоторому критерию. Модель может быть уточнена путем введения весовых коэффициентов, определяющих степень влияния тех или иных точек. Три параметра являются определяющими для эффективного использования средневзвешенной интерполяции:

число точек, расстояние до которых учитывается при вычислении значений для каждого узла;

относительное влияние (или веса) точек при усреднении;  
вид весовой функции.

Веса каждой точки положительны и меньше или равны единице, а их сумма тождественно равна единице. Этот метод в зарубежной литературе принято называть методом обратных взвешенных расстояний – Inverse Distance Weighted (IDW). Благодаря своей простоте метод реализован практически во всех полнофункциональных ГИС и специализированных программах по моделированию. Алгоритм IDW-интерполяции применяется к весьма неравномерно меняющимся исходным данным. Для таких типов данных возможно вычисление локального значения, которое не выводится статистически из исходных величин, но отражает закономерность размещения находящихся вблизи исходных значений. При IDW-интерполяции учитываются значения во всех исходных точках, лежащих в пределах заданного радиуса поиска вокруг узла сет. Значение признака в узле сети представляет собой сумму значений в исходных точках, взятых с различными весами. Чем дальше базовая точка лежит от узла сети, тем меньше ее влияние на значение в этом узле.

Недостатками такого метода является то, что функция зависит от значений во всех опорных точках и равенство нулю частных производных модельной функции в опорных точках (в этих точках функция имеет локальные максимумы и минимумы). Это означает неспособность метода к адекватному отражению производных характеристик моделируемой поверхности, в частности, градиента.

К достоинствам метода можно отнести то, что значения мо-

дельной функции не выходят за пределы значений в опорных точках. Для некоторых геополей такое свойство может быть решающим при выборе метода моделирования, в частности, при создании карт уровня радиационного загрязнения территорий по точечным замерам. Метод также легко может быть обобщен на случай многих переменных. Из-за свойственных методу недостатков он совершенно не годится для моделирования рельефа, за исключением случая, когда при большом количестве опорных точек построенная ЦМР используется для вычисления интегральных показателей. Дифференциальные же характеристики модельной поверхности неудовлетворительны.

Были предложены способы устранения этих недостатков путем применения весовой функции Шепарда. Для локализации метода предлагалось использовать весовые функции с компактным носителем, а для интерполяции производных использовать не значения в опорных точках, а линейные функции, локализованные в этих точках, принимающие те же значения и аппроксимирующие градиент. Там же был предложен и способ вычисления коэффициентов таких функций, и способ организации данных для быстрого поиска ближайших точек. Такая модификация средневзвешенной интерполяции получила в дальнейшем название метода Шепарда.

Во многих программах локализация метода Шепарда выполняется не с помощью весовых функций специального вида, а путем отбора точек, попавших в круг заданного радиуса, или заданного количества, или ближайших к искомой точке. Это приводит к формально разрывной модельной функции (набор точек и значений, участвующих в суммировании, может меняться при переходе к соседнему узлу сетки) и может приводить к заметным скачкам значений построенной модели. Описанные выше усовершенствования позволяют существенно улучшить качество моделирования. Несмотря на это, метод Шепарда, как правило, проигрывает методу радиальной интерполяции и кригингу.

#### **4.2.4. Интерполяция и аппроксимация с помощью радиальных базисных функций**

Метод радиальных функций объединяет целую группу ме-

тодов, которые изначально развивались самостоятельно и позднее были объединены под одним названием, когда было замечено, что решение многих задач приводит к их математической формулировке в одной и той же форме. Это наиболее часто употребляемый метод для обработки равномерно распределенных данных, например, точечных данных, полученных в результате создания сети в другой программной среде. Метод создает покрытие, включающее все точки, без выхода за пределы коридора между минимальными и максимальными значениями. При данной интерполяции обрабатываются значения признака в 4 ближайших исходных точек, лежащих в пределах зоны поиска, по одной из каждого квадранта. Результирующее значение вычисляется с учетом углов образовавшегося четырехугольника. Метод такой интерполяции следует применять, на достаточно подготовленных (выровненных) наборах данных.

#### **4.2.5. Кригинг**

Описание изменчивости, учитывающее рассмотренные выше особенности объекта измерения, а также методы анализа погрешностей оценок показателей базируются на прикладной теории случайных функций, которая при решении задач получила название геостатистики. Основы теории были разработаны еще в начале 40-х годов А. Н. Колмогоровым и Н. Винером.

За последние 15 лет в мире разработаны компьютерные программы для моделирования, решения задач проектирования и планирования работ с применением аппарата геостатистики. Основным допущением в геостатистике является предположение о пространственном размещении признака в пределах однородного тела, как реализации стационарной случайной функции координат пространства. Условие стационарности случайной функции позволяет при изучении проблем оценки и анализа погрешностей ограничиться тремя характеристиками: математическим ожиданием, дисперсией и структурной функцией. Эти оценки являются вспомогательными в геостатистике. Основным инструментом при анализе погрешностей оценок служит структурная функция, определяемая с помощью соотношения

$$S(h)=2y(h)=M[ f( x+h) - f(x)]^2$$

где M-символ математического ожидания.

В приложениях обычно используется функция  $y = S(h)/2$ , называемая полувариограммой, или просто вариограммой. Если имеется N(h) пар замеров, находящихся на расстоянии h друг от друга, то вариограмма оценивается с помощью формулы

$$P(h)=1/2N(h)=E[ f(x_k+h)-f(x_k)]^2$$

Экспериментальные вариограммы строятся по ограниченному числу точек, для каждой из которых используется данная формула, и для различных направлений. Если анизотропия в изменчивости показателя отсутствует, то вариограммы, рассчитанные для различных направлений, имеют приблизительно один и тот же вид. Для численных расчетов используют не оценки вариограммы, а ее теоретическую модель, зависящую от небольшого числа параметров. Форма интерполирующей поверхности определяется встроенным статистическим анализом пространственной изменчивости параметра (вариограммный анализ).

Основным понятием в программе Vertical Mapper является сетевой файл (GRD-файл). Все операции в программе Vertical Mapper выполняются для создания и анализа сетей. Таблица MapInfo, содержащая точечные данные, может быть представлена в виде тематической карты, на которой размерными символами отображены значения некоторого признака в каждой точке таблицы (будем называть эти точки исходными). Если данный признак является непрерывно распределенным в пространстве, то программа Vertical Mapper может быть использована для преобразования точечных значений в непрерывную поверхность. Создание сети заключается в построении решетки из равномерно отстоящих друг от друга точек. После того, как исходные данные преобразованы в регулярную сеть, их можно эффективно хранить в массиве без сохранения координат X/Y для каждого отдельного узла. Можно также рассматривать сетевой файл как таблицу данных, которая содержит лишь одно поле.

**Использование сетей в пространственном анализе** Можно назвать много неоспоримых преимуществ использования се-

тей в ГИС для анализа. По сравнению с векторным представлением аналогичных данных, растровые файлы могут быть относительно легко скомбинированы и проанализированы. Например, в программе Vertical Mapper большая часть операций предназначена для создания и анализа сетей. В Vertical Mapper реализован целый ряд функций запросов и анализа:

1. Получение информации о значениях признака в узлах сети и запись этих значений в таблицу.
2. Построение профиля вдоль линии или ломаной в виде графика.
3. Выполнение операций над сетью, например, Сеть  $A \times 2 =$  Сеть  $B$ .
4. Выполнение операций над двумя сетями Сеть  $A +$  Сеть  $B =$  Сеть  $C$ .
5. Внесение значений признака в сети в таблицу MapInfo, например, Сеть  $A +$  Таблица  $A =$  Таблица  $B$ .

### **4.3. Тематическое картографирование в ГИС**

#### **4.3.1. Методы цифрового картографирования**

Векторные модели геообъектов называют также «объектами ГИС» или «ГИС-объектами». Точечные ГИС-объекты моделируют, например, маркшейдерские точки, скважины на маркшейдерских планах горных выработок и т. п. Линейные объекты, например, осевые линии горных выработок, могут служить в ГИС векторной основой для хранения характеристик коммуникационных систем (например, кабели электропередач). Площадные объекты моделируют в ГИС различные районы (области): очистные выработки, территории.

Используемые для геоинформационного моделирования пространственные данные обладают рядом особенностей. Все они имеют пространственную привязку к опорной маркшейдерской сети (это геоданные) и поэтому с известной точностью могут быть представлены в цифровой модели в определенной системе координат.

Поступая из различных источников, пространственные данные интегрируются в единой геоинформационной среде. Важ-



Среди цифровых карт на поверхности самые точные – топографические карты – на этих картах изображают природные и социально-экономические объекты местности с присущими им качественными и количественными характеристиками и особенностями размещения. Топографические карты составляются в системе государственной топографо-геодезической службы по строгим инструкциям на основе цифровой или топографической съемки местности с использованием аэрокосмических снимков и карт более крупных масштабов. В ГИС растровые и векторные топографические карты называют базовыми картами или топографической основой.

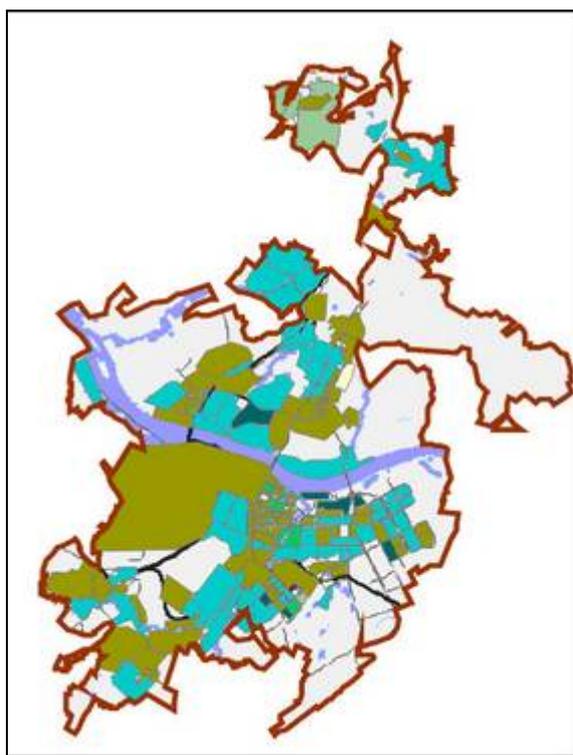
Векторные топографические карты ГИС, как и прочие цифровые карты, многослойные (рис. 2). Разделение векторных топографических карт на слои осуществляют в соответствии с принятой в РФ классификацией картографических объектов топографических карт различных масштабов. Рациональная организация информации в ГИС и ЦК подразумевает минимальное создание новых векторных слоев и максимальное использование существующих слоев топографической основы.

На основе топографических карт создают тематические карты, на которых детально отображают тематические параметры, свойства, характеристики природной или антропогенной среды (распределение температуры, горных пород, населения и т. д.).

*Тематическая карта* – такая карта, на которой с помощью условного выделения (например, цветом, штриховкой или символами) показывается полученное с помощью классификации пространственных и/или тематических данных непрерывное или дискретное *распределение по территории* одной (или нескольких) выбранной характеристики однотипных пространственных объектов.

Способы условного выделения характеристик объектов на тематических картах связаны с используемыми методами классификации исходных пространственных данных и могут быть различны. Так, на *карте диапазонов* объекты изображаются различными условными знаками, в зависимости от того, в какой из предварительно заданных диапазонов попадают значения выбранных характеристик объектов (рис. 3). На *карте плотности точек* некоторая условная единица информации изображается в

виде точки. На карте плотности населения территории каждая точка может обозначать некоторое количество жителей, например, 10000 или 300. На *карте градуированных (размерных) символов* точечные символы различного размера отображают соответствующие действительные или относительные величины выбранных характеристик объектов карты.



Плотность населения, 1/(Жилая площадь квартала, Га)			
■	1 000 -- 1 130	(1%)	(1)
■	800 -- 1 000	(4%)	(7)
■	600 -- 800	(38%)	(73)
■	400 -- 600	(49%)	(94)
■	300 -- 400	(5%)	(10)
■	200 -- 300	(3%)	(6)
■	140 -- 200	(1%)	(2)

*Рис. 3. Тематическая карта распределения плотности населения г.Кемерово по микрорайонам и кварталам (по отношению к жилой площади в гектарах)*

Тематические карты представляют собой мощный инструмент *визуального анализа тематических геоданных*.

Векторные тематические карты становятся гораздо более мощным инструментом компьютерного анализа тематических

геоданных, поскольку в ГИС *тематические слои* создаются, автоматизировано с помощью программных средств и могут быть подвергнуты дальнейшей программной обработке совместно с другими ГИС-данными, в частности, совместно с другими векторными слоями.

Базовые и тематические цифровые карты часто сопровождаются *картограммами* (рис. 4). Обычно это *круговые* или *столбцовые диаграммы* состоящие из поделенной на части геометрической фигуры – круга или прямоугольника (в трехмерном представлении – шара или параллелепипеда).

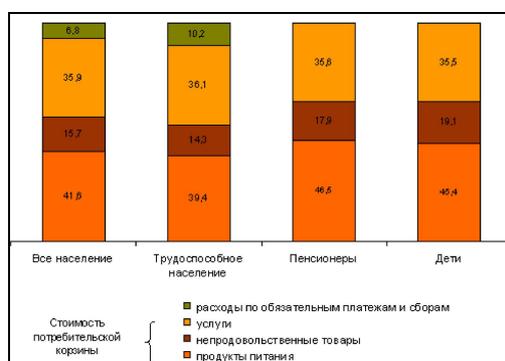
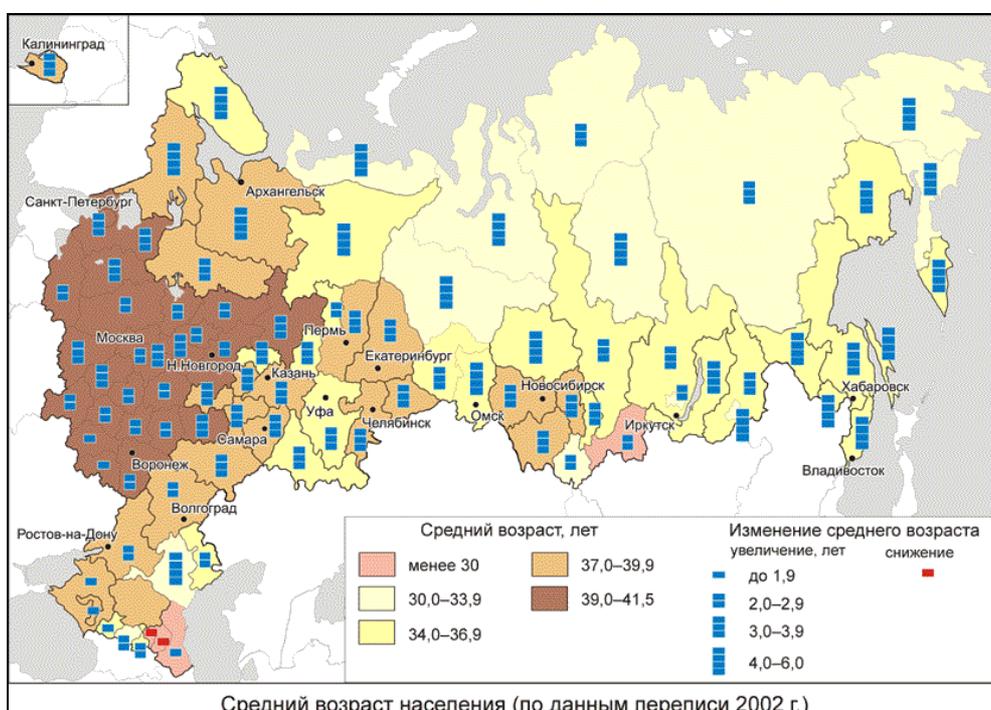


Рис. 4. Иллюстрация метода картограмм, используемого в ГИС-обработке пространственных данных

Тематическое картографирование и методы построения картограмм, как и другие *методы классической картографии*, нашли воплощение в алгоритмах программных модулей ГИС, а затем и в системах ЦК. Базовыми в геоинформационных технологиях являются методы, опирающиеся на теорию и практику *математической картографии*, и *теорию картографических проекций*:

- методы проектирования карт;
- методы преобразования картографических проекций и систем координат;
- картометрия и морфометрия (измерение на карте длин и площадей картографических объектов и расстояний между ними, а также углов и объемов);
- методы *вычислительной математики*, позволяющие выполнять расчет площадей, периметров, показателей форм картографических моделей геообъектов, аффинные и иные преобразования координат и т. д.

В области картографического анализа непосредственное отношение к излагаемой теме имеют картографические *методы районирования* (зонирования) территории и *методы классификации данных*, разработанные в различных областях прикладной статистики.

Классификация данных в том или ином виде осуществляется при создании всех карт без исключения.

Так, *аналитические карты*, обычно отображающие одну пространственную характеристику, создаются на основе системной классификации, уже разработанной в той или иной предметной области. Напр., геологическая карта местности отображает горные породы с указанием их характеристик (возраста, состава, элементов залегания горных пород), которые соотносятся с конкретной *геологической системой* (рис. 5).

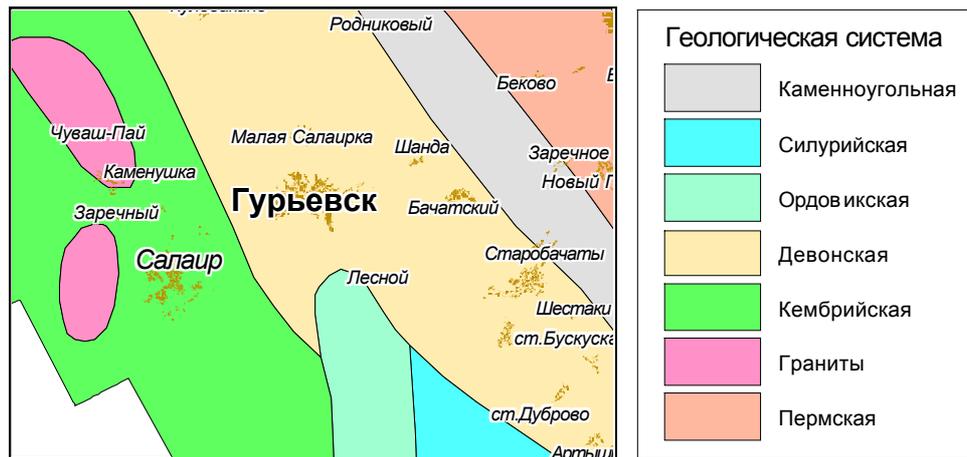


Рис. 5. Фрагмент тематического слоя геологического строения Кузбасса

Разделяя тематические данные на группы по значениям одной характеристики или по комплексу характеристик, создают *типологические (синтетические) карты*, которые по существу являются тематическими.

Выбор способа разделения тематических (атрибутивных) данных на группы обычно основан на той или иной классификации рассматриваемых тематических данных и в общем случае зависит:

- от вида и постановки решаемой задачи;
- от типа пространственной модели реальных объектов (*точка, полилиния, область, поверхность*), с которыми эти тематические данные связаны в ГИС;
- от количества и качества (пространственной и атрибутивной точности) исходных и модельных данных ГИС.

#### 4.3.2. Методы тематического картографирования в ГИС

Тематические цифровые карты в ГИС выступают как *производные векторные тематические слои*, которые создаются автоматизированно с помощью математической/статистической обработки пространственных и/или атрибутивных данных других (наиболее часто, базовых) векторных слоев ГИС. Поэтому при создании тематического слоя пользователь должен «понимать» практический ГИС-материал и знать, если не методы, то, по

крайней мере, основы статистической обработки данных.

Если зонирование уже осуществлено в предметной области, т. е. территория уже поделена на зоны с заданными значениями их качественных характеристик в принятой классификации (например, геологические системы), то в ГИС на этой основе просто создается соответствующий векторный тематический слой.

В случае, если сформированные не в ГИС зоны различаются количественными признаками, в ГИС возможны два варианта дальнейшей обработки таких данных. Первый вариант заключается в построении тематического слоя на основе заданных значений количественного атрибута площадных ГИС объектов, какowymi зоны представлены в геоинформационной модели территории. Второй вариант сводится к переклассификации заданных значений количественных атрибутов зон и построению на новой основе соответствующего тематического слоя.

Деление территории на зоны – собственно зонирование – осуществляется в ГИС и ЦК также автоматизировано так называемыми локально-детерминированными методами, которые находят широкое применение в моделировании поверхностей на основе векторных и растровых моделей геообъектов.

Зонирование картографической модели территории имеет своей целью распространение (распределение) по плоскости известных в некоторых точках этой плоскости значений одного признака или комплекса признаков (обобщенного показателя). Исходные точки с известными значениями обобщенного показателя (узлы) могут быть распределены по плоскости регулярно, но чаще – нерегулярно, образуя, соответственно, регулярную или нерегулярную сеть, или множество точек (узлов).

Для выделения на таком практическом материале границ зон в ГИС и ЦК используют метод полигонов Тиссена-Вороного. Термин «полигон» применяется в геоинформационной технологии для обозначения в геоинформационной модели некоей области, фрагменты границы которой обозначены в узло-дуговом представлении (модели) кривыми линиями (дугами, полилиниями), но ещё не объединены в замкнутую границу, образующую область. На основе полигона в ГИС создают векторный объект типа «область».

В математике полигонами Тиссена-Вороного называют многоугольники, построенные вокруг сети исходных точек таким образом, что для любой точки плоскости в пределах каждого полигона расстояние до его центральной точки меньше, чем для любой другой точки сети. Стороны многоугольников перпендикулярны линиям, соединяющим соседние точки сети. «Наращивая» таким способом полигоны вокруг исходных точек, можно очертить границы их возможных «зон влияния». Полученное полное разбиение плоскости на многоугольники со смежными границами называют диаграммой Вороного.

На диаграмме Вороного можно построить триангуляцию Делоне, которая находит в обработке ГИС очень широкое применение (в данном учебно-методическом пособии не рассматривается). Проблемы метода полигонов Тиссена-Вороного проявляются на соединениях многоугольников – на границах смежных полигонов. На этих границах происходит разрыв непрерывности моделируемых для исходных точек распределений значений зонированного обобщенного показателя. К тому же вид полученных распределений в значительной мере зависит от пространственного размещения узлов сети. Поэтому метод полигонов Тиссена-Вороного применяется, когда диапазон изменений обобщенного показателя в пределах сети исходных точек невелик. Однако, дополнительные ограничения значений обобщенных показателей, как правило, налагаемые границами многих картографических объектов (административными, хозяйственными и естественными границами, например, водоразделами, горными массивами и пр.), позволяют безболезненно использовать этот метод в зонировании (районировании) территории по социально-экономическим, горно-геологическим и иным показателям, напр., в расчетах зон влияния сотовой связи.

После разделения в ГИС векторной модели территории на зоны с использованием метода полигонов Тиссена-Вороного можно построить соответствующий тематический слой.

Тематический слой в общем случае может быть построен на основе всех однотипных данных одного или нескольких векторных слоев или на основе выборки данных из одного или нескольких слоев. Тематические векторные слои создаются в ГИС для выбранной тематической переменной с помощью анализа,

классификации и обработки конкретных атрибутов векторных ГИС-объектов.

Тематической переменной может быть один атрибут или арифметическое выражение, включающее один или более атрибутов, стандартные математические функции и знаки математических операций. Тематический слой может быть создан также с использованием двух и более тематических переменных, напр., если используются методы круговых и столбчатых диаграмм. В ГИС MapInfo 6.5, например, можно использовать до 20-ти тематических переменных одновременно. Можно использовать и несколько слоев, совместно анализируя при этом большое количество различных характеристик геообъектов.

При создании тематического слоя ГИС, нужно изначально представлять, какой обобщенный параметр он должен включать, и каким математическим/статистическим методом этот параметр можно получить из имеющихся геоданных, т. е. тематический слой ГИС нужно «планировать». Так, для формирования тематического слоя в MapInfo, нужно выбрать последовательно:

- тип тематического шаблона,
- тематические переменные из списка наименований атрибутов объектов;
- метод обобщения тематических данных;
- представление тематического слоя на экране компьютера, задав стили оформления его объектов.

Настройка стилей векторных объектов тематического слоя может быть изменена после его формирования.

### **4.3.3. Классификация данных в ГИС**

Совокупность сведений о рассматриваемых в рамках одной задачи или одного класса задач объектах принято делить на отдельные классификационные группировки по одному общему признаку (свойству, характеристике) или по комплексу признаков (свойств, характеристик). Объекты, явления и их проявления должны распределяться по классификационным группировкам также в рамках одной задачи или одного класса задач по составу и значениям которых группировки различаются между собой.

Действующие в РФ стандарты, разработанные Федеральным

органом исполнительной власти по геодезии и картографии, регламентируют требования к разработке систем классификации и соответствующих им классификаторов геопространственных данных. Наиболее общие требования заключаются в следующем:

- в качестве характеризующих признаков должны выделяться такие признаки, которые определяют качество групп объектов и конкретного объекта;

- объекты и признаки должны однозначно определяться по своей принадлежности соответствующим классификационным группировкам;

- классификационные группировки должны быть независимыми друг от друга;

- система классификации должна включать единицы измерения всех количественных признаков и диапазоны их допустимых значений;

- система классификации должна включать множества допустимых значений всех качественных признаков;

- система классификации должна обеспечивать решение картографических и пользовательских задач;

- система классификации должна быть гибкой – включение новых классификационных группировок и объектов и исключение существующих классификационных группировок и объектов не должны нарушать структуру системы.

Учитывая специфику геопространственных данных и особенности их обработки в геоинформационных средах, при создании системы классификации и формировании классификаторов следует разделять эти данные на три типа:

- данные об основных признаках и постоянных свойствах, однозначно определяющих геообъекты в общей системе классификации;

- данные о переменных свойствах геопространственных объектов;

- топологические свойства геопространственных объектов, характеризующие их пространственные отношения (взаимосвязи).

В качестве основных признаков выступают пространственные свойства геообъектов, характеризующие их местоположение относительно поверхности Земли и их форму. На этих признаках

строится высшая ступень иерархии геоинформационных объектов.

Таким образом, в ЦК и в ГИС в качестве базового метода классификации геопространственных объектов используют *иерархический метод*. Картографический объект (геоинформационная модель геообъекта) как понятие соответствует нулевому уровню иерархической классификации, картографические модели геообъектов первого уровня классификации – классы геообъектов (например, модели строений/сооружений и коммуникаций в АП города принадлежат разным классам геообъектов). Внутри класса объекты разделяются на группы по значениям классификационных признаков более низкого уровня и т. д. При этом классификационные признаки в различных ветвях иерархической структуры независимы друг от друга.

В ГИС и ЦК используют разномасштабные *цифровые классификаторы* – это стандартизированные систематизированные своды наименований и кодов классификационных группировок геообъектов и соответствующих им стилей в цифровом представлении. Цифровые классификаторы позволяют экономить ресурсы компьютерной памяти, однозначно интерпретировать одни и те же геообъекты в различных задачах; они облегчают процессы формирования и сопоставления обобщенных территориальных показателей и обмен данными между различными ГИС.

Для классификации свойств (характеристик) геообъектов в ГИС и ЦК используют *фасетный (неиерархический) метод*, в котором признаки классификации – *фасеты (facet – рамка)* – выбираются также независимо друг от друга. В ГИС фасетный метод классификации данных сводится к построению реляционной таблицы, каждый столбец которой (поле) хранит один фасет. В каждой ячейке столбца хранится конкретное значение фасета. Процедура фасетной классификации состоит в присвоении каждому объекту ГИС соответствующих значений из фасетов. К достоинствам фасетной системы классификации относят возможность простой модификации всей системы классификации без изменения структуры существующих группировок. Недостатком фасетной системы классификации считается сложность ее построения, так как для полноценного цифрового описания геообъекта необходимо учитывать все многообразие классификационных при-

знаков.

Фасетная система классификации наряду с *системой кодирования* реализуется в векторных ГИС в виде атрибутивных таблиц векторных слоев и обслуживается программными средствами СУБД ГИС. Но, как уже упоминалось, эта система может наращиваться за счет внешних по отношению к ГИС баз данных.

Итак, при построении конкретных векторных карт и планов в ГИС и ЦК используется фасетная система классификации свойств векторных моделей геообъектов, которые входят в общую иерархическую систему классификации моделей цифровой картографии.

В ГИС и ЦК так же, как и в других областях знаний, фасетная система классификации имеет целью оптимизацию внутренних свойств выделяемых классов объектов (геообъектов). Иерархическая система классификации объектов (геообъектов) направлена на оптимизацию отношений между конкретными объектами и их совокупностью, которая может быть представлена таблицей «объекты-свойства», и, таким образом – на оптимизацию структуры этой таблицы. Это означает, что в ГИС и ЦК при фасетной классификации объекты агрегируются так, чтобы формируемые классы были по возможности наиболее однородными, но отношения между классами при этом не анализируются. При иерархической классификации агрегирование объектов в один класс (а так же двух классов в один больший класс) производится только в том случае, если такое объединение сопровождается минимальными приращениями неоднородности вновь получаемого класса. Анализ отношений между классами объектов в ГИС и ЦК сводится к топологии геообъектов и к оверлейным операциям.

В MapInfo (аналогично и в других ГИС-оболочках) используются следующие автоматизированные *методы разделения на группы пространственных и атрибутивных данных* (совместно, как это характерно для ГИС, и отдельно – атрибутивных данных, как это принято в СУБД). Перечисленные далее методы и условия их применения описаны кратко и не полностью.

– *Метод диапазонов* – все значения заданной тематической переменной делятся на диапазоны (интервалы), а соответствующие им векторные объекты объединяются в группы, «сливаются» в новом тематическом слое в каждой группе в единый объект, ко-

торому присваивается выбранный пользователем стиль отображения. Метод используется для точечных, линейных и площадных векторных слоев.

– *Метод столбчатой картодиаграммы* – значения одной или нескольких тематических переменных отображаются в виде столбчатой диаграммы. Метод используется для наглядного сравнения значений атрибутов или вычисляемых на их основе параметров одного объекта или для сравнения значений одного и того же атрибута или параметра всех или выбранных объектов одного векторного слоя. В случае отрицательных значений столбцы картодиаграммы направлены вниз.

– *Метод круговых диаграмм* – для каждого векторного объекта создается круговая диаграмма, в которой отображается процентное (долевое) соотношение между значениями нескольких его атрибутов. Метод используется для сравнительного анализа нескольких атрибутов или параметров различных областей.

– *Метод градуированных символов* – для отображения тематической переменной используются символы разного размера, пропорциональные численным значениям этой переменной. Метод применяется для выделения больших и малых значений какого-либо атрибута или параметра. Меньший размер символа соответствует меньшим значениям, а больший размер – большим.

– *Метод плотности точек* – в тематическом слое значения тематической переменной отображаются в виде точек, причем каждая точка соответствует определенному численному значению и общее количество точек в области пропорционально величине отображаемых значений атрибута или параметра в этой области.

– *Метод отдельных значений* – все векторные графические объекты с одинаковыми значениями тематической переменной объединяются в отдельные группы, каждому элементу которых присваивается один и тот же стиль отображения в тематическом слое. Метод используется тогда, когда нужно отобразить индивидуальность значений какого-либо атрибута или параметра (или когда значений немного).

Во всех перечисленных методах за исключением метода отдельных значений количественные атрибутивные данные можно группировать «вручную», но лучше использовать «статистиче-

ский подход».

В MapInfo и в других ГИС-оболочках можно автоматически вычислить диапазоны значений и, соответственно, разделить все записи одного фасета (и ГИС-объекты, поскольку они жестко связаны с записями) на группы, используя как *эвристические*, так и *оптимизационные* методы ранжирования классификаций:

- разделение данных на базе дисперсии;
- равный разброс значений во всех диапазонах;
- разделение совокупности всех значений атрибута на равные по размеру диапазоны значений;
- равное числу записей (объектов) во всех заданных диапазонах;
- разделение записей на диапазоны вручную.

В оптимизационном алгоритме, как правило, используется формализованный *показатель качества классификации*, выбор которого зависит от специфики и ограничений решаемой задачи. Во множестве допустимых разбиений данных на группы ищется экстремум (максимум или минимум) показателя качества.

#### 4.4. Зонирование территории

В РФ провозглашена политика *комплексного управления долгосрочным поступательным развитием территории*, для реализации которой необходимы:

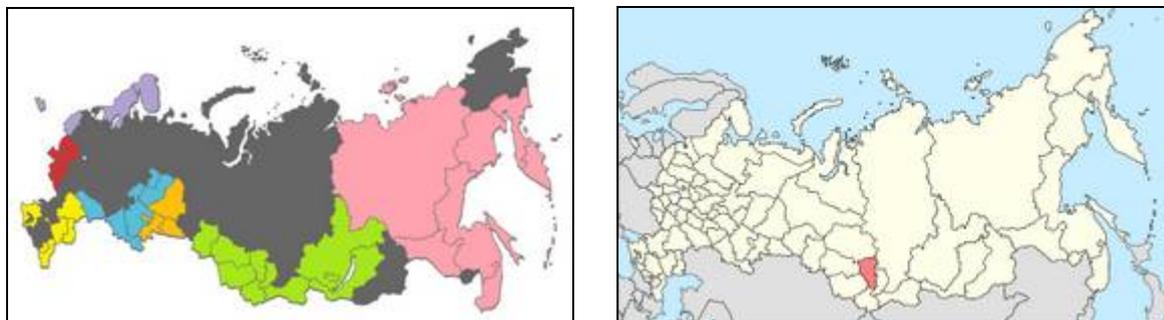
- стратегия развития территории;
- карты-схемы территориального планирования;
- оперативные годовые планы развития.

*Карты-схемы территориального планирования* разрабатываются с использованием графических информационных систем, среди которых преобладают ГИС.

*Территориальное планирование* РФ выполняется отдельно для каждого субъекта РФ (рис. 6), в первую очередь, для территорий, на которых проживают люди, и на которых размещаются и функционируют объекты промышленного производства, т. е. для территорий городов (*градостроительное планирование*).

Введение и сущность градостроительного планирования определяются Федеральным законом (ФЗ) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»

№ 131-ФЗ от 06.10.2003 г. (статьи 14-16), Градостроительным кодексом (ГК) РФ от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ и Земельным кодексом (ЗК) РФ от 30.10.2001 г.



*Рис. 6. Субъекты РФ и местоположение Кемеровской области (справа)*

Градостроительное планирование выполняется на основе *Правил землепользования и застройки (ПЗЗ)* города, которые специально разрабатываются и принимаются в качестве *нормативно-правовых актов* органами местного самоуправления. Эти правила различаются для разных участков территории города, поэтому возникает необходимость разделить её на отдельные части – *зоны (градостроительное зонирование)*.

На градостроительное зонирование существенное влияние оказывает развитие рыночных отношений, которые диктуют необходимость обоснованных решений при формировании рыночных цен на землю и объекты недвижимости. Так, Законом РФ «О плате за землю» установлены средние ставки земельного налога за земли муниципальных образований, курортов и дачных поселков в зависимости от экономического района расположения поселения и численности населения. Этим же законом установлено, что «средние ставки дифференцируются по местоположению и *зонам различной градостроительной ценности территории* органами местного самоуправления».

Постановлением Правительства РФ от 3.11.1997 г. № 1204 предусмотрено выполнение *ценового зонирования земель* и введение повышающих и понижающих коэффициентов в целях установления нормативной цены земли.

В соответствии с п. 11 ст. 30 ЗК РФ в случае введения *сис-*

*темы градостроительного зонирования* исключается процедура предварительного согласования места размещения земельного участка, а целевое использование участка устанавливается, исходя из его принадлежности к той или иной категории и виду разрешенного использования в соответствии с зонированием территории города.

#### **4.4.1. Задачи зонирования**

*Зонирование* позволяет решать целый спектр задач, которые связаны с управлением и развитием территорий. Например, управление областью предполагает сравнение социально-экономических показателей различных муниципальных образований (МО): городов и дальше по иерархии – поселков, сел, деревень. Результаты сравнения позволяют перераспределить ресурсы так, чтобы социальные проблемы могли быть решены оптимально.

Задачи зонирования муниципальных и иных территорий решаются и далее будут решаться функциональными средствами ГИС, которые предназначены для *тематической обработки* огромных массивов разнообразных атрибутивных данных (это характерно для муниципальных территорий) совместно с графическими векторными данными, представляющими собой геоинформационные *модели* пространственных объектов, явлений и их проявлений.

В процессе решения задач территориального и, в частности, градостроительного зонирования происходит переход от использования ГИС для создания ГИС-проектов, формирующих топографическую модель территории с привнесением в неё ограниченного количества пользовательских данных, к решению *задач социально-экономической географии, управления и планирования развития*. Решение этих задач требует полноценного анализа разнообразных ПД о территории, которые на протяжении многих лет накапливались и преобразовывались в рамках *муниципальных ГИС (МГИС)*.

Для обеспечения возможности автоматизированной обработки информации о территории разработан *общероссийский классификатор объектов административно-территориального*

деления (ОКАТО), который входит в состав системы стандартизации РФ.

В соответствии с ОКАТО существуют субъекты РФ: федеральный округ, республика, край, область, город федерального значения, автономная область и автономный округ. Статус муниципального образования (МО) имеют район, городской округ, городское поселение (город), городской район, сельский округ (группа сельских поселений) и сельское поселение. Особым статусом обладают рекреационные территории и историко-культурные объекты.

Федеральных округов семь: Центральный, Северо-Западный, Южный, Приволжский, Уральский, Сибирский и Дальневосточный. *Городом* принято называть поселение с населением не менее 2-5-ти тыс. жителей, выполняющее преимущественно промышленные, транспортные, торговые, культурные и административно-политические функции.

Муниципальная территория делится на *муниципальные районы* (рис. 7), которые делятся на *муниципальные кварталы*.

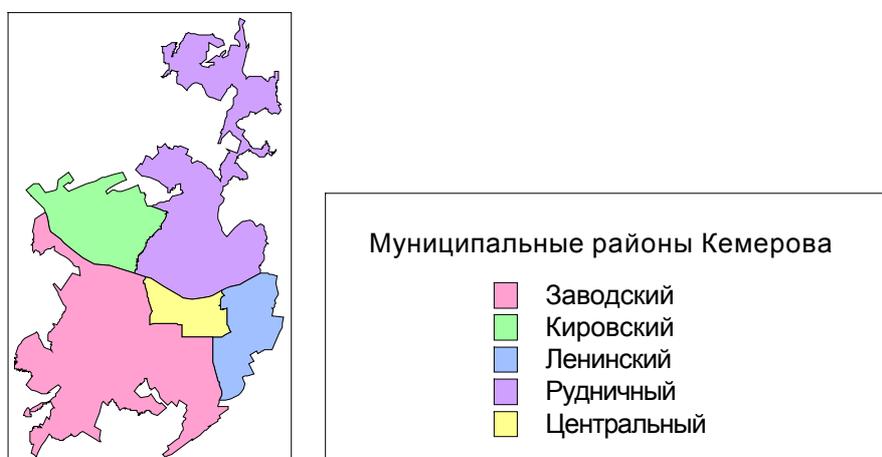


Рис. 7. Муниципальные районы г. Кемерово

#### 4.4.2. Адресный план муниципального образования – основа зонирования муниципальной территории

Территориальное деление МО принято отображать на традиционной и/или *цифровой ГИС-карте МО* – картографическом изображении – в виде закрашенных *областей* как частей этого

изображения с определенными границами в системе координат, которая непосредственно связана с территорией МО. В цифровых картах МО используют два типа моделей: *растровую* и *векторную*. Векторная модель МО, в отличие от растровой, позволяет хранить и использовать в компьютерной обработке разнообразные *свойства (параметры, характеристики)* отдельных *векторных объектов* (векторных моделей реальных объектов МО). В векторной модели территориальное деление МО отражается в Адресном плане МО.

*Адресный план (АП) МО* – это набор векторных *геоинформационных* слоев, содержащих основные пространственные данные (геоданные) о территории МО. Эти векторные слои создаются на основе топографических карт и планов масштабного ряда: 1:15 000, 1:10 000, 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 (наиболее часто – 1:500).

*Объектный состав АП МО* включает границу МО, границы районов МО, речную (реки, озера, ручью, отстойники и т. п.) и ирригационную сети, природные ресурсы, земельные участки различного функционального назначения (промышленность, жилье, рекреация), лесные массивы, газоны и проч.

Для представления объектов АП на экране компьютера создается *цифровой классификатор объектов*, включающий графические стили объектов АП и перечни обязательных *атрибутивных характеристик*, значения которых должны обеспечить функционирование АП.

Главным в АП МО является *слой строений*, обязательным атрибутом которых является «адрес». В общем случае адрес можно определить как «*структурированное описание местоположения объекта, субъекта или события*».

К адресу объекта АП и ГИС предъявляются два *требования*:  
– *адрес должен идентифицировать объект*, т. е. отличать его других объектов того же типа;  
– *адрес должен позволять осуществлять пространственную привязку объекта*.

Адрес в традиционном виде, например, «г. Кемерово, ул. Ивановская, д. 54» – неудовлетворительно выполняет как первую, так и вторую функции. Однако такое адресное описание является *привычным* для восприятия человеком и присутствует в

юридических документах, тогда как наиболее удобные *кадастровые* или *инвентарные номера объектов* могут быть в нужный момент еще не присвоены. Координатное описание объекта также может отсутствовать или иметь недостаточную точность.

Осознание необходимости обеспечения органов управления полной и достоверной адресной информацией привело к созданию официальных муниципальных *адресных реестров (АР)*, графическим воплощением которых являются геоинформационные векторные слои строений МО. Так, в г. Кемерово постановлением Администрации г. Кемерово от 5.03.2005 г. № 30 утверждено Положение «Об Адресном плане города Кемерово и порядке регистрации адресов строений», в соответствии с которым все возможные информационные адресные услуги должны предоставляться физическим и юридическим лицам на основе АП.

Базовая часть *Адресного плана г. Кемерово* состоит из *векторных моделей строений*, созданных в процессе векторизации топографического плана г. Кемерово масштаба 1:500.

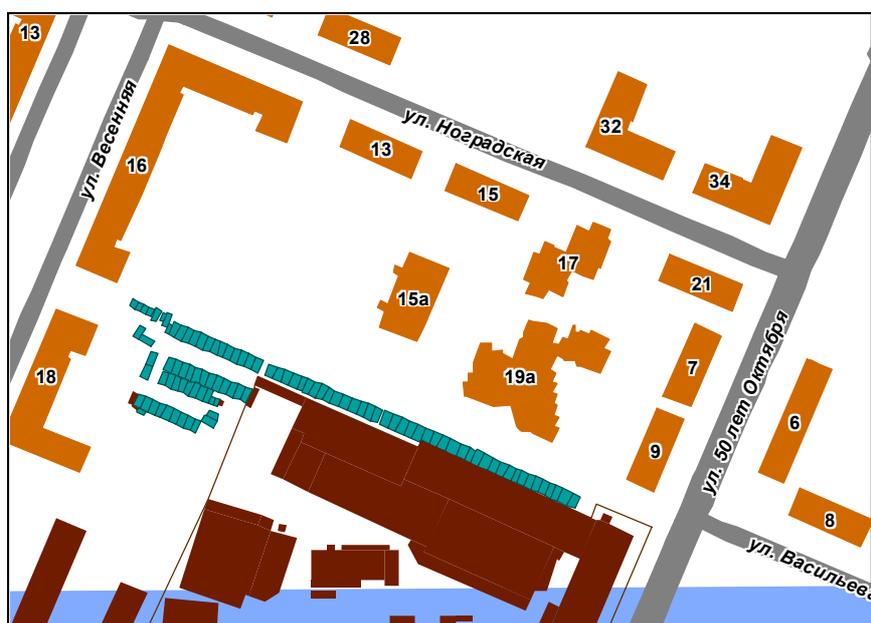


Рис. 8. Фрагмент адресного плана г. Кемерово

АР г. Кемерово, являясь частью АП г. Кемерово, по существу, представляет собой *реляционную таблицу*, в которой сохраняется перечень адресов зданий и сооружений г. Кемерово.

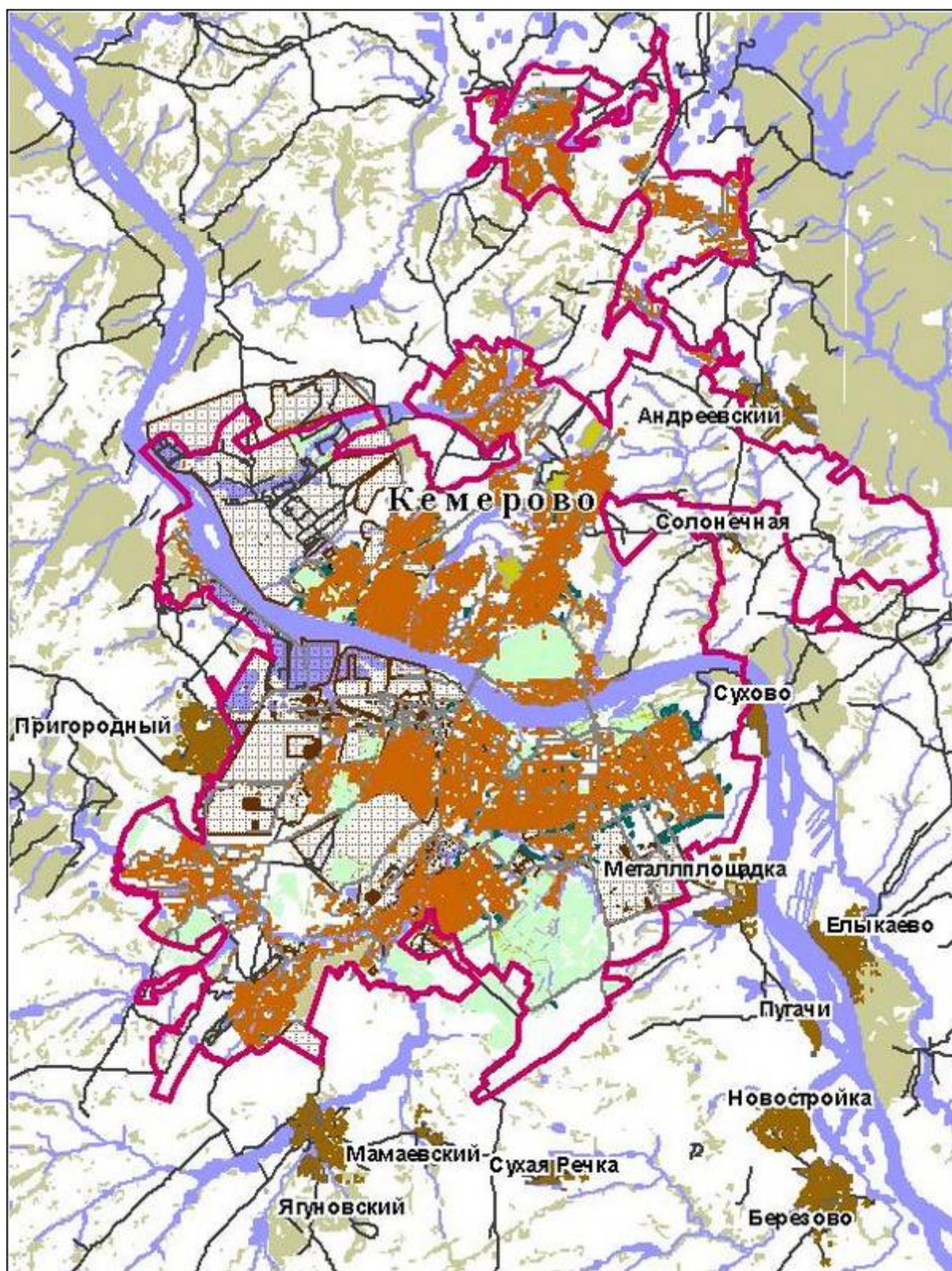


Рис. 9. Адресный план г. Кемерово

В некоторых городах (и в г. Кемерово) создаются дежурные растровые цифровые топографические планы (ЦТП), которые яв-

ляются хранителями и источниками наиболее достоверной (и наименее подверженной случайным или несанкционированным изменениям) пространственной информации о территории города. В качестве дежурного плана может выступать и векторный АП МО.

ЦТП регулярно и регламентированно обновляется – *актуализируется* – как на основе АП, так и на основе других источников.

Изменения в ЦТП и АП вносятся, в основном, на основании:  
– материалов, сформированных по результатам *инженерных изысканий* (геодезических, геологических, гидрологических и др.);

– материалов исполнительных *геодезических съемок объектов* строительства, реконструкции и ремонта;

– топографических аэросъемок местности;

– материалов межевания земельных участков;

– данных дистанционного зондирования (ДДЗ) Земли – фото-графических и цифровых аэро- и космических снимков (рис. 10, 11).

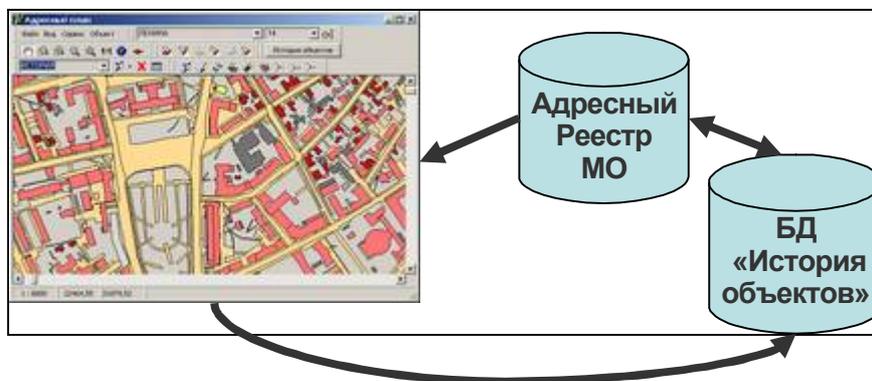


*Рис. 10. Актуализация границы промышленной зоны г. Кемерово по космическим снимкам Google (расхождение достигает 7 м)*

Актуализация ЦТП и АП осуществляется в соответствии с АР МО, а удаленные объекты могут сохраняться в специализированной картографической БД (рис. 13), по записям которой можно восстановить и историю АП.



*Рис. 11. Актуализация границы промышленной зоны в юго-западной части г. Кемерово по космоснимкам Google (слева – граница промышленной зоны до актуализации, справа – после)*



*Рис. 13. Организация передачи пространственных данных АП (рисунок из литературных источников)*

#### **4.4.3. Градостроительное зонирование**

Главный ресурс потенциального развития территории – это земля. В соответствии со ст. 83 Земельного Кодекса земли по целевому назначению делятся по категориям: сельскохозяйственные земли; земли поселений; земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, обеспечения космической деятельности, обороны и безопасности; земли особо охраняемых территорий и объектов; земли лесного, водного фонда и запаса.

*Правовой режим земель определяется, исходя из их принадлежности к той или иной категории и вида разрешенного использования в соответствии с зонированием территории, общие принципы и порядок проведения которого устанавливаются фе-*

деральными законами РФ и нормативными правовыми актами местного самоуправления (для городской территории – *Правилами землепользования и застройки*).

В *Правилах землепользования и застройки* города для всех территориальных зон и для каждого земельного участка, расположенного в этих зонах, устанавливаются *градостроительные регламенты использования и строительного изменения недвижимости*, а также *виды разрешенного использования* объектов недвижимости, включая землю как объект недвижимости.

Возможные *виды территориальных зон*: жилые, общественно-деловые, производственные, зоны инженерной и транспортной инфраструктур, сельскохозяйственного использования, рекреационного назначения, особо охраняемых территорий, специального назначения, размещения военных объектов и иные. *Границы территориальных зон* могут устанавливаться по линиям магистралей, улиц, проездов, разделяющих транспортные потоки; *красным линиям*; границам земельных участков; границам населенных пунктов в пределах МО; границам природных объектов или иным границам.

*Правила* устанавливают также предельные (минимальные/максимальные) показатели площади и линейных размеров (по ширине и длине) земельных участков; предельные параметры разрешенного строительства; минимальные отступы построек от границ земельных участков; максимальные показатели высоты/этажности построек, процент застройки участков (отношение площади поверхности участка, занятой строениями, к площади земельного участка), коэффициент использования земельных участков (отношение суммарной площади пола всех существующих строений к площади земельного участка); показатели мест парковки автомобилей и др.

Важнейшим мероприятием процесса градостроительного зонирования является разработка и создание *цифровой картографической схемы градостроительного зонирования городских земель*, которая должна использоваться как *основание для уточнения границ территориальных зон и их градостроительных регламентов*.

*Цель градостроительного зонирования* – оптимизация градостроительных решений на основе *проектной документации*, в

состав которой входят 3 серии карт-схем, показывающих зоны различного назначения и ограничений на их использование; зоны планируемого размещения объектов капитального строительства и зоны с особыми условиями использования территории.

К первой серии относят следующие карты-схемы:

- современного использования территории;
- комплексной оценки территории и планировочных ограничений;
- функционального зонирования территории;– размещения объектов связи, транспортной и инженерной инфраструктур.

Из устанавливаемых зон ограничений основными являются:

- зоны объектов культурного наследия;
- санитарно-защитные зоны промышленных объектов;
- санитарно-защитные зоны объектов капитального строительства, подлежащих сносу или реконструкции;
- зоны горных выработок;
- зоны затопления паводковыми водами;
- зоны источников питьевого водоснабжения и их санитарной охраны.

Карты-схемы градостроительного зонирования выполняются на основе АП города, используются при разработке Генерального плана развития города, являясь его составной частью.

#### 4.4.4. Функциональное зонирование

Градостроительное зонирование обычно осуществляется на основе функционального зонирования (табл. 1, рис. 14).

Список, приведенный в табл. 1, может быть конкретизирован и дополнен. Так, к виду «общественно-деловая зона» можно отнести торговые зоны и зоны размещения складов. Из зоны городского леса можно выделить подзоны лесных насаждений различного типа.

Кроме функционального используют и иные виды зонирования территории, напр., историко-архитектурное, ландшафтное, рекреационное, экологическое зонирование и др.

На основе градостроительного, функционального и иных видов зонирования территории разрабатывают карты-схемы территориального планирования.

Таблица 1

## Функциональные зоны территории г. Кемерово

Код	Наименование территориальной зоны
<i>Жилые зоны</i>	
Ж 1	Жилая зона с многоэтажными жилыми домами
Ж 2	Жилая зона с жилыми домами средней этажности
Ж 3	Жилая зона с малоэтажными жилыми домами
Ж 3.1	Жилая зона с малоэтажными жилыми домами с ограниченным личным подсобным хозяйством
Ж 3.2	Жилая зона с малоэтажными жилыми домами с развитым личным подсобным хозяйством
Ж 4	Жилая зона с малоэтажными жилыми домами, подлежащая реконструкции под жилую зону с многоэтажными жилыми домами
Ж 5	Жилая зона с малоэтажными жилыми домами, подлежащая реконструкции под жил. зону с жилыми домами средней этажности
Ж 6	Перспективная жилая зона с многоэтажными жилыми домами
Ж 7	Перспективная жилая зона жилых домов средней этажности
Ж 8	Перспективная жилая зона малоэтажных жилых домов
<i>Общественные зоны</i>	
О 1	Общественно-деловая зона
О 2	Зона объектов здравоохранения
О 3	Общественно-учебная зона
О 4	Существующая жилая зона с жилыми домами средней этажности, подлежащая реконструкции под общественно-деловую зону
О 5	Перспективная общественно-деловая зона
О 6	Перспективная зона объектов здравоохранения
<i>Спортивные зоны</i>	
СО	Зона спортивных объектов
СО 1	Перспективная зона спортивных объектов
<i>Рекреационные зоны</i>	

Р 1	Рекреационная зона существующего природного ландшафта
Р 2	Перспективная рекреационная зона
Л	Зона городского леса
<i>Зоны инженерной и транспортной инфраструктуры</i>	
Т 1	Зона магистральных ЛЭП и их подстанций
Т 2	Зона полосы отвода железных дорог
Т 3	Зона воздушного транспорта

<i>Зоны специального назначения</i>	
С 1	Зона размещения твердых бытовых отходов
С 2	Зона расположения кладбищ
С 3	Охранная зона крупных промышленных предприятий
<i>Производственные зоны</i>	
П 1	Производственная зона предприятий I-II класса вредности
П 1.1	Производственная зона предприятий I-II класса вредности, подлежащих реконструкции для снижения уровня загрязнения окружающей среды
П 2	Производственная зона предприятий III-IV класса вредности
П 3	Производственная зона предприятий V класса вредности
<i>Коммунальные зоны</i>	
К 1	Коммунальная зона
К 2	Коммунально-бытовая зона
К 3	Перспективная коммунально-бытовая зона



Рис. 14. Фрагмент ГИС-карты функционального зонирования г. Кемерово

#### 4.4.5. Территориальное планирование

*Карты-схемы территориального планирования* и Генеральные планы МО есть формализованное представление специалистов-проектировщиков об оптимальной пространственной организации территории. Для разработки карт-схем территориального планирования используют справочные материалы и данные по социально-экономической и демографической ситуации, миграции населения, стратегии развития производства и отраслей хозяйства, занятости населения, состоянию жилого фонда, социальной, транспортной и инженерной инфраструктур, наличию и состоянию памятников историко-культурного и природного наследия. Для некоторых городов РФ такие карты и карты-схемы можно видеть в Интернет.

В *цифровых картах-схемах генеральных планов городов* принято выделять *планировочные территориальные образования*: *районы* (секторы), *микрорайоны* и *кварталы*. *Планировочный район* включает территории, границы которых определяются

красными линиями магистральных улиц, границами крупных промышленных территорий, границей города и границами отводов магистральных линейных сооружений. *Планировочный микрорайон* содержит межмагистральные территории или территории с явно выраженным функциональным назначением. *Планировочный квартал* включает территории, ограниченные жилыми улицами, бульварами, границами земельных участков промышленных предприятий и другими обоснованными границами.

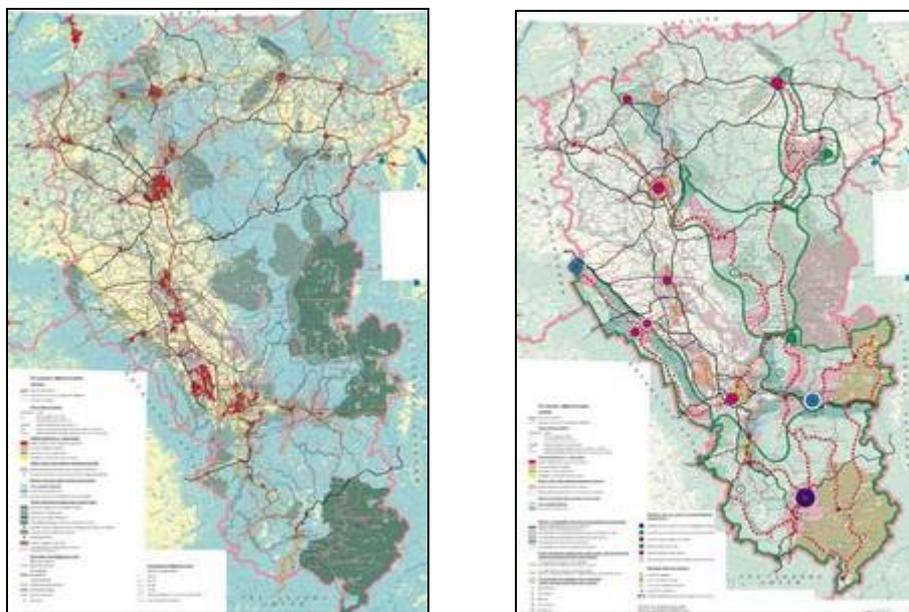
Государственные правительственные органы осознают важность территориального планирования для развития России, и это находит свое отражение в нормативно-правовых документах. Так, новый Градостроительный Кодекс РФ, принятый в декабре 2004 г. в отличие от предшествующих документов по градостроительному планированию, содержит статьи, регламентирующие реализацию схем территориального планирования и генеральных планов городов путем разработки Плана их реализации с финансово-экономическим обоснованием. Это тем более важно, что состояние территорий в РФ критическое: сельские населенные пункты вымирают, пашни низкопродуктивны, окружающая среда активно загрязняется, города неблагоустроены, коммуникационные сети путей сообщения плохо организованы и неразвиты.

С 1.01.2008 г. запрещена подготовка документации по планировке при отсутствии документов территориального планирования (ч. 645 ГК РФ и ч. 1 ст. 3 Вводного закона к ГК РФ).

С 1.01.2010 г. прекращены предоставление государственных и муниципальных земель и выдача разрешений на любое строительство (кроме объектов регионального и федерального значения) при отсутствии Правил землепользования и застройки.

*Карта-схема территориального планирования Кемеровской области* была утверждена в конце декабря 2009 г. Разработкой проекта занимались специалисты РосНИПИ Урбанистики г. Санкт-Петербурга (руководители проекта А. Ю. Бельский и О. Е. Казакевич) с учетом положений «Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области до 2025 г». Был создан проектный план развития Кемеровской области, включающий (среди прочих) карту-схему функционального развития Кемеровской области, схему расселения и схему организации ту-

ристско-рекреационной деятельности (рис. 15). Некоторые положения карты-схемы территориального планирования реализуются в инвестиционных проектах и детализируются в генеральных планах городов области.



*Рис. 15. Литературные данные:  
Проектный план развития Кемеровской области (слева),  
схема организации туристско-рекреационной деятельности  
(справа)*

Качественным примером информационной системы, предназначенной для решения большого комплекса задач территориального управления, планирования и контроля, является *Триатерра* – продукт сотрудничества российских компаний «СканЭкс», «Арсинт» и «Маппл-груп». Триатерра включает СУБД, систему документооборота и автоматизированных рабочих мест сотрудников управления территорией (разработка ООО «Арсинт»), систему управления картографической информацией с большим набором ГИС-функций, связанную с БД («МАППЛ-Груп») и систему обеспечения пространственной информацией и, в первую очередь – материалами актуальной космической съемки (ИТЦ «СканЭкс»).

#### **4.4.6. Информационные системы обеспечения градостроительной деятельности**

В ситуации востребования государством решения задач градостроительного зонирования и территориального планирования и заинтересованности государства в учете и контроле состояния объектов недвижимости городской среды активно развиваются комплексные информационные системы управления территорией – *информационные системы обеспечения градостроительной деятельности* (ИСОГД), создание которых предусмотрено ГК РФ.

ИСОГД предназначены для решения следующих задач:

- учет, регистрация и мониторинг соблюдения градостроительных регламентов и градостроительной ценности территории;
- информационное обеспечение территориальной дифференциации налогообложения недвижимости;
- информационная поддержка правоотношений в процессах изменения состояния и использования территории;
- информационное обеспечение защиты прав граждан на установленный уровень качества среды обитания;
- техническое и информационное обеспечение проектирования и строительства объектов на муниципальной территории;
- архивное хранение документов и документооборот градостроительной деятельности;

ИСОГД создаются и функционируют на основе геоинформационных технологий с использованием АП города и содержат карты-схемы функционального, градостроительного зонирования и территориального планирования (в масштабах 1:500 – 1:25 000).

#### **4.4.7. Автоматизированная информационная система Государственного кадастра недвижимости и кадастровое деление территории**

После того, как была ликвидирована государственная монополия на землю и осуществлен переход к многообразию форм земельной собственности, были созданы объективные условия для оборота земли (земельных участков). Для обслуживания этого процесса возникли информационные *кадастровые системы*,

среди которых важнейшим в настоящее время является *Государственный кадастр недвижимости (ГКН)*.

*Земельный участок* определяется как часть поверхности земли (границы которой удостоверены уполномоченным государственным органом), а также все, что находится над и под поверхностью земельного участка, если иное не предусмотрено федеральными законами о недрах, об использовании воздушного пространства и иными федеральными законами. При *установлении границ земельных участков* соблюдаются следующие требования:

– границы участков устанавливаются, в основном, по *красным линиям*, проездам и границам смежных участков;

– размеры участков в границах застроенных территорий устанавливаются с учетом фактического землепользования и градостроительных нормативов и правил;

– размещение конкретного участка осуществляется в границах одной территориальной зоны.

Результаты учета и контроля состояния объектов недвижимости, включая земельные участки, должны фиксироваться в *Едином государственном реестре объектов недвижимости (ЕГРОН)*.

Государственный кадастровый учет земельных участков и иных объектов недвижимости сопровождается присвоением каждому объекту уникального для территории РФ кадастрового номера и фиксацией его в ЕГРОН. *Кадастровый номер* сохраняется, пока объект недвижимости существует как единый *объект зарегистрированного земельного права*. По кадастровому номеру каждый участок можно однозначно выделить среди других участков и, с использованием прочих сведений об участке, осуществить, например, кадастровую оценку его стоимости. Кадастровый номер присваивается объекту недвижимости при его регистрации в отделе *Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестра)*.

Согласно ФЗ «О государственном земельном кадастре» в ЕГРОН кроме кадастрового номера, содержатся и иные сведения о каждом земельном участке, среди которых основные:

– местоположение (*адрес*);

– *площадь*;

– категория земли и

– вид разрешенного использования (ст. 14 указанного ФЗ).

Вид разрешенного использования участка определяют по его принадлежности к соответствующей *категории земель* и по результатам *территориального зонирования*.

К полномочиям Росреестра отнесены функции по организации системы государственного кадастрового учёта недвижимости РФ, государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, картографии и инфраструктуры ПД (РИПД) РФ.

Осуществляя кадастровую деятельность в рамках своих полномочий, Росреестр ведет Единый государственный реестр прав на недвижимое имущество и сделок с ним (ЕГРП), Единый государственный реестр саморегулируемых организаций (ГРСО), ГКН и, соответственно, ЕГРОН, Автоматизированный государственный каталог географических названий (АГКГН), Сводный государственный реестр арбитражных управляющих и Государственный фонд ПД, полученных в результате проведения землеустройства.

Постановка объектов недвижимости на кадастровый учет осуществляется на муниципальном уровне кадастровыми службами с помощью Автоматизированной информационной системы (АИС) ГКН, разработанной ФКЦ «Земля».

*Кадастровая деятельность* опирается на *кадастровое деление* территории, и анализ собираемых *кадастровых данных* происходит с учетом этого деления. Единицами *кадастрового деления территории РФ* в соответствии с ЗК РФ и ФЗ о ГКН являются *кадастровые округа, кадастровые районы и кадастровые кварталы*.

*Кадастровый квартал* – минимальная единица кадастрового деления территории – это обособленная часть территории, на которой осуществляется местное самоуправление. Границы кадастрового округа, как правило, совпадают с границами территории субъекта РФ. Границы кадастровых районов обычно совпадают с границами административно-территориального деления субъекта РФ.

*Земельный участок* есть минимальная единица кадастрового учета территории, на который распространяется право собст-

венности.

Для отображения земельных участков, иных объектов недвижимости и единиц кадастрового деления муниципальной территории на цифровом планово-картографическом материале и ведения текущего кадастрового учета используют *геоинформационные технологии*, с помощью которых создают *векторные кадастровые карты и планы* (часто на основе АП МО). Эти карты/планы отображают также результаты градостроительной и иной деятельности на территории города, проекты детальной планировки частей территории, процессы реализации генерального плана, программ капитального строительства и реконструкции.

В *векторной геоинформационной модели* (рис. 16) границы земельных участков и иных геообъектов задаются так называемыми *поворотными точками*, координаты которых измеряют наземными и спутниковыми *геодезическими* методами, либо «снимают» эти координаты с топографических планов и карт крупных масштабов (1:500 – 1:5000).

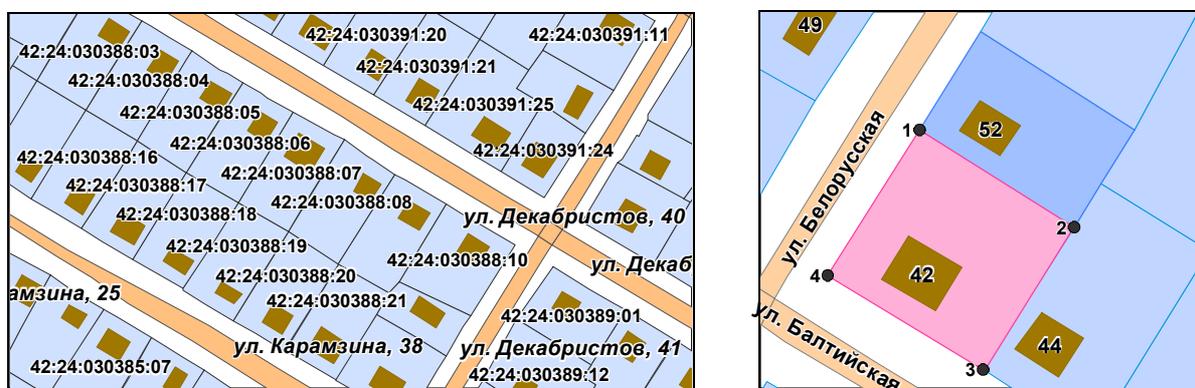


Рис. 16. Фрагменты кадастрового плана земельных участков Заводского муниципального района г. Кемерово

Однако, основную часть информационного наполнения ГКН составляют пространственные данные, наработанные для муниципальных территорий в течение многих лет в МГИС.

#### 4.4.8. Муниципальные геоинформационные системы

*ГИС* определяется как *информационная система* для сбора, хранения, обработки, отображения, распространения и анализа пространственных данных, называемых *геоданными*. МГИС – многоуровневая ГИС, которая представляет и анализирует геоданные для муниципальной территории.

В МГИС решается множество прикладных муниципальных задач. Так, МГИС обеспечивает создание единой информационной базы и контроль прохождения денежных потоков на рынке недвижимости и ведение реестров предприятий и имущества, находящегося на балансе муниципальных организаций. В муниципальном землеустройстве МГИС обеспечивает контроль за использованием земли; подготовку информации по земельным спорам; оценку ожидаемой суммы земельного налога; анализ использования земель; планирование размещения предприятий с учетом наличия сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов, экологических факторов, транспортных магистралей и условий сбыта продукции; мониторинг экологической обстановки на территории города и др. Уже созданы МГИС г. Тольятти, г. Санкт-Петербурга, г. Перми и др. В целом работы по созданию МГИС составляют не менее 40 % от всех работ в области геоинформационных технологий.

В МГИС разработаны и опробованы методы *цифрового картографирования* и *зонирования территорий*.

На рис. 17 представлена возможная информационная структура системы управления территорией, в которой осуществляется взаимодействие информационных технологий и данных МГИС, ИСОГД и ГКН.

В качестве программной платформы МГИС в большинстве проектов в РФ используется американское ПО – MapInfo Professional, ориентированное на широкий класс пространственных задач. Функциональные возможности MapInfo в обработке тематических данных и в осуществлении картографических преобразований превосходны. MapInfo имеет встроенную поддержку адресной схемы. Несколько устаревший пользовательский интерфейс MapInfo удобен и интуитивно понятен, поскольку ориентирован на базовые пространственные представления человека. Он

позволяет быстро корректировать и анализировать огромные массивы данных, в частности, с помощью SQL-запросов.

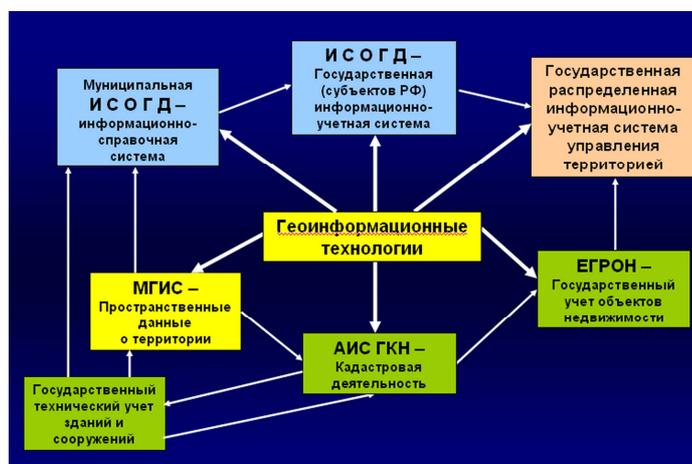


Рис. 17. Информационная структура управления территорией

По мнению многих специалистов в области геоинформационных технологий, несмотря на более чем скромные требования к техническим ресурсам компьютера, MapInfo обеспечивает решение всех задач, связанных с зонированием территории.

Большинство практических заданий, предлагаемых в данном учебно-методическом пособии, выполняются в программной оболочке MapInfo.

#### 4.5. Прикладные модули

Для решения прикладных задач производится разработка приложений на базе MapInfo, для этого приходится использовать среду разработки приложений MapBasic. Язык MapBasic позволяет каждому пользователю построить свою ГИС, ориентированную на решение конкретных прикладных задач. Например, задач ввода данных, требующих большого количества окон диалогов, или оптимизации выполнения какого-либо перечня команд, объединяемых в специальные инструментальные панели.

Среда разработки приложений MapBasic содержит текстовый редактор, компилятор и компоновщик. Создание элементов интерфейса (диалогов, меню, панелей инструментов) требует от программиста больших затрат времени работы по описанию их

отдельными командами MapBasic. Еще больших затрат приносят операции изменения, добавления и удаления отдельных компонентов разрабатываемого интерфейса.

Необходимо вести разработки интегрированной среды создания приложений на MapBasic. Windows – ориентированные системы разработки давно уже используют визуальные методы создания интерфейса программ с автоматической генерацией соответствующего программного кода. Создаются интегрированные среды разработки, предоставляющие возможность написания создания, настройки и использования визуальных компонентов интерфейса в разрабатываемом проекте, написанных на MapBasic программ. Например, интегрированная среда быстрой разработки приложений – 4-TUNE M-AppSmith 1.0.

**Приложение M-AppSmith** для MapInfo и MapBasic версий 4.0 и выше большую часть вопросов по организации и ведению проектов берет на себя.

Центром управления процессом разработки приложений является главное меню. Оно управляет файлами, включаемыми в приложение, и выполняет всю работу по сопровождению проекта, его компиляции и запуску.

Составляющие главного окна:

- *главное меню* – позволяет получить доступ ко всем функциям среды разработки и располагается непосредственно под строкой заголовка главного окна;

- *панель инструментов* – предоставляет быстрый доступ к большинству команд главного меню и расположена в левой части главного окна, под главным меню;

- *палитра компонентов* – это просто ресурсное средство, положенное в основу быстрой разработки приложений. Оно предоставляет возможность доступа к хранилищу для таких компонентов, как строки ввода и метки, кнопки и списки и т. д. M-AppSmith позволяет легко и просто управлять всеми файлами, входящими в проект. Для этого в интегрированную среду разработки входит *Менеджер проекта*.

Редактор диалогов и Редактор файлов тесно взаимосвязаны и входят в набор средств, которые чаще всего используются для создания приложений. Вы можете создать несколько диалогов во время разработки, но только один из них может быть активным и

редактироваться одновременно. В тесном содружестве с Инспектором объектов Редактор диалогов позволяет выполнить следующие действия:

- добавить компоненты в диалог;
- модифицировать диалог и его компоненты;
- связать обработчики событий компонента с процедурами на MapBasic, содержащимися в редакторе файлов.

В отличие от старой технологии разработки интерфейса на MapBasic, визуальная среда программирования M-AppSmith позволяет сократить время, затраченное на проектирование и тестирование интерфейса приложений под MapInfo, до считанных минут.

*Редактор файлов* является именно тем инструментом программиста, используя который он связывает воедино все элементы интерфейса и задает идеологию работы приложения. Программирование логических и расчетных процедур, процедур инициализации и настройки приложения и любых других выполняется также как и в обычном текстовом редакторе MapBasic, но с более удобным интерфейсом. Кроме того, *Редактор файлов* имеет много новых возможностей. Можно вставить в текст целую конструкцию языка нажатием одной клавиши, выбрав пункт меню, связать вызов диалога с кнопкой или пунктом меню или вызвать контекстную помощь по MapBasic. *Редактор файлов* можно настраивать с помощью диалогового окна *Параметры настройки среды*.

M-AppSmith позволяет с помощью Редактора меню визуально создавать и редактировать дерево меню. Редактор меню автоматически вставляет необходимый программный код в разрабатываемое приложение.

Таким образом, среда быстрой разработки приложений 4-TUNE M-AppSmith 1.0 предоставляет возможность перейти от традиционного программирования элементов интерфейса командами MapBasic к их визуальному проектированию. Ведение проекта приложения, написание и повторное использование компонентов, быстрое получение контекстной подсказки MapBasic в интегрированной оболочке M-AppSmith упрощает процесс создания и резко сокращает этап отладки приложений. Это открывает новые возможности для быстрой разработки высоко эффектив-

ных приложений для MapInfo.

**Приложение Vertical Mapper** открывает следующие новые возможности перед пользователем MapInfo:

- реализует новое измерение в показе пространственно распределенных данных;
- обеспечивает механизм более сложного анализа данных из различных слоев карты.

Для представления пространственного распределения данных текущая версия MapInfo использует 3 основных типа объектов: области, линии, точки. Однако в тех случаях, когда необходимо отобразить непрерывно распределенные в пространстве данные (признаки), ни один из этих типов объектов не подходит вполне. В каждом случае необходим механизм представления данных, дающий возможность получать значение признака в любой точке пространства. В программе Vertical Mapper такой механизм реализован путем создания растровых подложек для MapInfo, где каждый фрагмент растра соотносится с определенным значением признака, что открывает совершенно новые возможности показа и анализа данных.

### **В MapInfo есть прикладные модули**

**1. GeodesyTools** — набор программ для вычисления координат и привязки точек по результатам геодезических измерений:

**2. GeodesyMap** — программа для камеральной обработки геодезических измерений:

- автоматический импорт файлов данных, записанных на жесткий диск компьютера с некоторых электронных регистраторов и тахеометров;
- ввод, редактирование и удаление пунктов в каталоге пунктов ПВО, а также измерений в ведомости измерений вручную в удобном табличном редакторе;
- автоматическое слежение за целостностью данных в каталоге пунктов и ведомости измерений;
- уравнивание линейно-угловых геодезических сетей рекуррентным способом;
- поиск и учет в процессе уравнивания грубых ошибок линейных, угловых и высотных измерений;

– сохранение результатов уравнивания и сопутствующей текстовой информации о проекте в таблицу MapInfo для последующего использования в ГИС.

**3. GeoUtils** – программа предназначена для создания объектов на карте с использованием геодезических методов привязки. Утилита позволяет строить объекты карты при помощи следующих геодезических:

- линейная засечка;
- метод перпендикуляров и створов;
- метод перпендикуляров по створу (линии измеряются от начальной точки);
- метод перпендикуляров с сохранением начального направления;
- угловая засечка;
- построение по окружности;
- метод полярных координат;
- прямая геодезическая задача;
- обратная угловая засечка.

**4. Тео** – программа, предназначенная для вычисления прямоугольных координат точек теодолитного хода. Вычисления производятся для четырех типов теодолитных ходов: разомкнутого, замкнутого, висячего и свободного.

**Программа MapInfo Mapper** предназначена для оформления карт заданного масштаба в соответствии с классификатором условных знаков.

Основными возможностями программы являются:

- создание и редактирование классификатора условных знаков;
- создание и редактирование самих условных знаков;
- подготовка существующих карт к оформлению;
- оформление подготовленных карт в соответствии с выбранным масштабом и классификатором.

**CAD модуль** – инструменты для работы с графическими объектами MapInfo.

**Панель “Пенал +”** – инструменты для создания объектов путем указания координат узлов:

- инструменты для создания линий, полилиний и полигонов путем явного указания координат узлов или посредством указания длин и углов, редактирование списка координат;
- создание точечного объекта;
- создание текстовых объектов (ввод координат точки привязки, настройка стиля текста, настройка параметров выравнивания и смещения относительно точки привязки);
- создание сглаженной полилинии или полигона с использованием сплайн интерполяции;
- построение перпендикулярной линии;
- построение параллельных объектов;

**Панель “Изменение объектов”** – дополнительные возможности редактирования объектов:

- редактирование полилиний;
- редактирование полигонов;
- создание узлов в точках пресечения объектов;
- перемещение общих узлов путем задания новых координат точки пересечения;
- продолжение линии или полилинии до пересечения с другим объектом;
- ортогонализация полигонов;
- изменение обхода полилинии;
- изменение обхода области;

**Панель “Выбор +”** – инструменты для выбора объектов в окне Карты

- выбор всех объектов, полностью (частично) попавших в рамку;
- выбор всех объектов, полностью (частично) находящихся вне рамки;
- выбор всех объектов, полностью (частично) попавших в область;
- выбор всех объектов, полностью (частично) находящихся вне области;
- выбор всех объектов определенного типа и стиля.

**Панель “MiCadUtils настройки”** – настройки CAD-инструментов:

- выбор таблиц для закрытия;

- обновление списка открытых таблиц (заккрытие временных таблиц);
- настройки параметров сглаживания полилиний/полигонов;
- настройка создания узлов в точках пересечения объектов;
- настройки продолжения/усечения линейных объектов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В учебном пособии «Геоинформационные системы в горном деле» показано, что задачи *зонирования* территории профессионально решаются функциональными средствами *геоинформационной среды* при условии доступности актуальных, полных и достоверных пространственных данных.

Приведены состав и структура геоинформационных систем, их классификация и порядок функционирования, уровни стандартизации программного обеспечения. Рассмотрены основные команды и инструменты при работе с ГИС-пакетом MapInfo, функциональные возможности программы по построению цифровых карт, созданию баз данных, тематических векторных слоев для геоданных. Показано, что геоинформационное моделирование является основным методом создания цифровых моделей пространственных объектов и явлений. Рассмотрены элементы геоанализа так называемых «географических полей», для которых независимыми переменными являются пространственные координаты, а зависимыми служат исследуемые количественные показатели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянт, А. М. Картография и геоинформатика в системе наук и учебных дисциплин / А. М. Берлянт. – М. : Геодезия и картография, 2007, № 1. – С. 38–45 с.
2. Берлянт, А. М. Картографический словарь / А. М. Берлянт. – М. : Научный мир, 2005. – 424 с.
3. Бондарчук, Е. А. Социально-экономическая информация в ГИС // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации – № 2(29) – 3(30). – 2001. – С. 36-38.
4. Геоинформатика: учеб. для студ. вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов; под ред. В. С. Тикунова. – М. : Издат. центр «Академия», 2005. – 480 с.
5. Геоинформационные системы (назначение, функции, классификация): монография / В. А. Середович, В. Н. Ключниченко, Н. В. Тимофеева. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 192 с.
6. ГОСТ Р 52438-2005. Географические информационные системы. Термины и определения. – М. : Госстандарт России, 2005. – 6 с.
7. ГОСТ 28441-99 Картография цифровая. Термины и определения. – Введ. – М. : Госстандарт России, 1999. – 14 с.
8. ГОСТ Р 52155-2003. Географические информационные системы федеральные, региональные, муниципальные. Общие технические требования. – М. : Госстандарт России, 2003. – 5 с.
9. ГОСТ Р 51605-2000. Карты цифровые топографические. Общие требования. – Введ. – М. : Госстандарт России, 2000. – 4 с.
10. ГОСТ Р 52439-2005. Модели местности цифровые. Каталог объектов местности. Требования к составу. – Введ. 01.07.2006. – М. : Стандартинформ, 2006. – 103 с.
11. ГОСТ Р 51606-2000. Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. Общие требования. – Введ. 17.05.2000. – М. : Госстандарт России, 2000. – 7 с.
12. ГОСТ Р 51607-2000. Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Общие требования. – Введ. 01.01.2001. – М. : Госстандарт России, 2001. – 8 с.
13. ГОСТ 3 50828-95. Геоинформационное картографирова-

ние. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования. – Введ. 18.10.1995. – М. : Госстандарт России, 1995. – 4 с.

14. ГОСТ 52055-2003. Пространственные модели местности. Общие требования. – Введ. – М. : Госстандарт России, 2003. – 41 с.

15. ГОСТ Р ИСО 19105-2003. Географическая информация. Соответствие и тестирование. – М. : Госстандарт России, 2003. – 45 с.

16. ГОСТ Р ИСО 19113-2003. Географическая информация. Принципы оценки качества. – М. : Госстандарт России, 2003. – 4 с.

17. ГОСТ Р 52440-2005 Модели местности цифровые. Общие требования. – Введ. – М. : Госстандарт России, 2005. – 54 с.

18. ГОСТ Р 52571-2006, ГОСТ Р 52572-2006. Географические информационные системы. Координатная основа. Совместимость пространственных данных. Общие требования. – Введ. – М. : Госстандарт России, 2006. – 34 с.

19. ГОСТ Р 52573-2006 Географическая информация. Метаданные. – Введ. М. : Госстандарт России, 2006. – 54 с.

20. ГОСТ Р 51606-2000. Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. Общие требования. – Введ. 17.05.2000. – М. : Госстандарт России, 2000. – 7 с.

21. Зейлер, М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по проектированию базы геоданных / М. Зейлер. – ESRI Press, 2001. – 253 с.

22. Инструкция по составлению проектно-сметной документации. – ГКИНП (ГНТА)-16-2000. Утв. 08.09.2000. – М. : ЦНИИ-ГАиК. – 59 с.

23. Игнатов, Ю. М. Компьютерный прогноз геологического строения и геомеханических свойств с помощью анализа цифровых моделей массива горных пород / Ю. М. Игнатов, И. В. Махраков, М. Ю. Игнатов // Вестник КузГТУ. – № 5. – 2006. – С. 72-75.

24. Игнатов, Ю. М. Разработка метода создания цифровой модели свойств горного массива / Ю. М. Игнатов, М. Ю. Игнатов, Ю. А. Масаев // Природные и интеллектуальные ресурсы

Сибири. Материалы 11-й Междунар. науч.-практич. конф. – Кемерово, 2006. – С. 122-124.

25. Игнатов, Ю. М. Метод построения моделей свойств горного массива / Ю. М. Игнатов, Ю. А. Масаев, М. Ю. Игнатов // Строительство и эксплуатация угольных шахт и городских подземных сооружений. Материалы 4 Российско-Китайского симпозиума. – Кемерово, 2006. – С. 43-45.

26. Игнатов, Ю. М. Метод поиска зон активных по газодинамическим проявлениям / Ю. М. Игнатов, С. А. Цыганков // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири/ Материалы 12-й Междунар. науч.-практич. конф. – Кемерово, 2008. – С. 304-306.

27. Игнатов, Ю. М. Разработка компьютерных приложений для создания информационного обеспечения принятия решений / Ю. М. Игнатов, Т. В. Гришина // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири/ Материалы 12-й Междунар. науч.-практич. конф. – Кемерово, 2008. – С. 167-169.

28. Игнатов, Ю. М. Метод построения цифровой горно-геометрической модели строения горного массива для анализа его структуры с использованием ГИС-технологии / Ю. М. Игнатов, С. А. Цыганков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 4. ГОРНАЯ КНИГА, 2010 – С. 91-96.

29. Игнатов, Ю. М. Анализ тематической информации в ГИС MapInfo: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 090100 «Маркшейдерское дело» / Ю. М. Игнатов, Н. А. Кирильцева. – Кемерово, ГУ КузГТУ. – 2005. – 34 с.

30. Игнатов, Ю. М. Правила цифрового описания пространственной информации: метод. указания по выполнению лабораторных для студентов специальности 130402 «Маркшейдерское дело» / Ю. М. Игнатов, Н. А. Кирильцева. – Кемерово, ГУ КузГТУ. – 2007. – 32 с.

31. Игнатов, Ю. М. Создание электронной карты по графическим материалам и по файлам данных: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 311100 «Городской кадастр» / Ю. М. Игнатов, О. А. Тимофеева, В. А. Горбунова. – Кемерово, ГУ КузГТУ. – 2004. – 38 с.

32. Игнатов, Ю. М. Создание цифровой модели местности

(ЦММ) в программах GEOTERRAIN и SURFER: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 311100 «Городской кадастр» / Ю. М. Игнатов, О. А. Тимофеева, В. А. Горбунова. – Кемерово, ГУ КузГТУ. – 2005. – 42 с.

33. Игнатов, Ю. М. Решение задач в системе управления базами данных (СУБД): метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 311100 «Городской кадастр» / Ю. М. Игнатов, А. В. Шахов, В. А. Горбунова. – Кемерово, ГУ КузГТУ, 2003. – 44 с.

34. Игнатов, Ю. М. Работа на станции СД-2000 по созданию цифрового плана и решение информационно-вычислительных задач в программе MICROSTATION: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 311100 «Городской кадастр» / Ю. М. Игнатов, О. А. Тимофеева, В. А. Горбунова. – Кемерово, ГУ КузГТУ, 2005. – 45 с.

35. Игнатов, Ю. М. Создание цифровой модели местности (ЦММ) в программах GEOTERRAIN и SURFER: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 311100 «Городской кадастр» / Ю. М. Игнатов, О. А. Тимофеева, В. А. Горбунова. – Кемерово, ГУ КузГТУ, 2005. – 32 с.

36. Игнатов, Ю. М. Решение в программе Excel задач обработки и анализа цифровых данных, имеющих пространственную привязку: метод. указания и индивидуальные задания к лабораторным работам для студентов специальности 090100 «Маркшейдерское дело» / Ю. М. Игнатов, М. В. Пимаренко, А. В. Шахов. – Кемерово. – ГУ КузГТУ, 2005. – 30 с.

37. Игнатов, Ю. М. Задачи по анализу точности геодезических измерений: метод. указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Геодезии» для студентов специальности 130402 «Маркшейдерское дело» / Ю. М. Игнатов, Г. А. Корецкая. – Кемерово, ГУ КузГТУ, 2008. – 31 с.

38. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: Недра, 1982.

39. Капралов, Е. Г. Геоинформатика: учеб. для студ. вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов, под ред. В. С. Тикунова. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 480 С.

40. Карпик, А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: монография

/ А. П. Карпик. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 С.

41. Классификатор топографической информации (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1 000, 1:2 000, 1:5 000, 1:10 000). – М. : ГУГК СССР, 1986.

42. Кошкарев, А. В. Понятия и термины геоинформатики и ее окружения: учеб-справ. пособие / А. В. Кошкарев. – М. : ИГЕМРАН, 2000. – 76 с.

43. Лурье, И. К. Основы геоинформатики и создание ГИС / Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Ч. 1. Под ред. А. М. Берлянта. – М. : Научный мир, 2002. – 224 с.

44. Основы геоинформатики. Кн. 1/ Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов. – М. : Академия, 2004. – 352 с.

45. ОСТ 68-3.3-98. Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Общие требования. – М. : Госгисцентр, 1988.

46. Середович, В. А. Геоинформационные системы (назначение, функции, классификация): монография / В. А. Середович, В. Н. Ключниченко, Н. В. Тимофеева. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 192 С.

47. Требования к электронным картам и планам и правила их приемки в территориальный фонд материалов топографо-геодезических работ и инженерных изысканий. – Утв. Распоряжением председателя Комитета по градостроительству и архитектуре от 9.01.1998. – № 45.

48. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10 000. – М.: Недра, 1977.

49. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500. – М.: Недра, 1989.

50. Федеральный закон «О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации» от 28.09.2001 г. № 137-ФЗ.

51. Федеральный закон «О введении в действие Градостроительного кодекса Российской Федерации» от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ.

52. ([www.gisa.gubkin.ru](http://www.gisa.gubkin.ru)) ГИС-Ассоциация.

53. ([geocnt.geonet.ru](http://geocnt.geonet.ru)) Центр геоинформационных исследований института географии РАН.

54. ([www.ihst.ru/project\\_link/glossary](http://www.ihst.ru/project_link/glossary)) Словарь ГИС-

терминологии.

55. ([www.gisworld.com](http://www.gisworld.com)). Электронное англоязычное издание, освещает проблемы ГИС.

56. [http:// www. library.kuzstu.ru](http://www.library.kuzstu.ru).