

**Учебно-методический комплекс дисциплины**  
**Социально-экономические геоинформационные системы**

Направление подготовки: 080100.62 - Экономика.

Профиль «Региональная экономика»

Квалификация выпускника: бакалавр

**Конспект лекций**  
**Социально-экономические геоинформационные системы**

**ТЕМА 1. ВВЕДЕНИЕ В ГИС. ПРОЦЕССЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБЩЕСТВА.**

**Понятие географической информационной системы**

Появление географических информационных систем относят к началу 60-х годов XX в. Именно тогда появились предпосылки и условия для информатизации и компьютеризации сфер деятельности, связанных с моделированием географического пространства и решением пространственных задач. Их разработка связана с исследованиями, проведенными университетами, академическими учреждениями, оборонными ведомствами и картографическими службами.

Впервые термин «географическая информационная система» появился в англоязычной литературе и использовался в двух вариантах, таких, как *geographic information system* и *geographical information system*, очень скоро он также получил сокращенное наименование (аббревиатуру) *GIS*. Чуть позже этот термин проник в

русский научный лексикон, где существует в двух равнозначных формах: исходной полной в виде «географической информационной системы» и редуцированной в виде «геоинформационной системы». Первая из них очень скоро стала официально-парадной, а вполне разумное стремление к краткости в речи и текстах сократило последнюю из них до аббревиатуры «ГИС».

Очень кратко ГИС определялись как **информационные системы, обеспечивающие сбор, хранение, обработку, отображение и распространение данных, а также получение на их основе новой информации и знаний о пространственно-координированных явлениях**. Более полное определение ГИС будет приведено далее после введения основных понятий геоинформатики. Прежде всего обратимся к базовым категориям — данным, информации и знаниям, которые были использованы при определении ГИС.

Термины «данные», «информация» и «знания» стали общеупотребительными, постоянно встречаясь в газетах, теле- и радиопередачах, научных и научно-популярных публикациях. Смысл их кажется предельно ясным, и они легко заменяются не только в быту, но и науке такими словами, как «сообщения», «сведения», «сигнал», «материалы» и др. При этом не обращают внимания на то, что эти понятия, имея много общего, заметно разнятся по своей сути.

Под «**данными**» будем понимать совокупность фактов и сведений, представленных в каком-либо формализованном виде (в количественном или качественном выражении) для их использования в науке или других сферах человеческой деятельности. Применительно к характеризующей нас сфере «данные» можно рассматривать и определять в трех контекстах: вне автоматизированной среды использования, внутри ее и в среде ГИС. В первых двух контекстах под «данными» понимаются либо факты, некие известные вещи (из которых могут быть выведены заключения), либо сведения, подготовленные для компьютерной обработки. Под «данными» в среде ГИС понимаются «объекты о явлениях реального мира; результаты наблюдений и измерений этих объектов. Элемент данных содержит три главные компоненты: атрибутивные сведения, которые описывают сущность (семантику), характеристики, переменные, значения и тому подобные его квалификации; географические сведения, характеризующие его положение в пространстве относительно

других данных; временные сведения, описывающие момент или период времени, для которого предоставляются данные» [The 1990-GIS Sourcebook, 1990. — P. A10]. «Данные», по определению М. Конечного и К. Райса [М. Конечный, К. Райс, 1985], выступают как сырье, которое путем обработки можно превратить в информацию, т.е. данные — это как бы строительный элемент в процессе создания информации. Они рассматриваются как объект обработки и основа для получения информации.

В практическое понимание «*информации*» в настоящее время в основном включаются «процессы обмена разнообразными сведениями между людьми, человеком и автоматом — актуальная информация, процессы взаимодействия объектов неживой природы — потенциальная информация, степень сложности, организованности, упорядоченности той или иной системы» [Краткий словарь..., 1979. — С. 114—115].

Анализируя и обобщая многие определения информации, сделаем следующий вывод-определение: *информация* — все, что может быть сообщено. При этом основное различие внутри этого понятия состоит не в информации живой (и неживой) природы и человека, а в существующей (наличествующей) и передаваемой информации. Существующая информация — сведения, которые можно сообщить о каком-то объекте (явлении), некоторое подобие потенциальной энергии. Передаваемая информация — сообщаемые по каналу информации сведения, это в определенной степени аналог кинетической энергии (рис. 1). Хотя потенциальная энергия  $E_p$  может перейти полностью в кинетическую  $E_k$ , а существующая информация по-иному связана с передаваемой, все же некоторая аналогия между энергией и информацией просматривается. Передаваемая информация зависит от более или менее удачно подобранных знаковых систем и отдельных знаков, существующая же информация объективна и определяется только тем объектом или явлением, в котором заключена.

Перейдем теперь к понятию «*знание*». Определений «знания» также много, как и определений «информации». Так, Л. Бриллюен считает, что информация отлична от знания, «для которого у нас нет количественной меры» [Л. Бриллюен, 1960. — С. 30]. Д. И. Блюменау приводит 10 (!) определений понятия «знание» различных авторов, и сам определяет информацию как знание, включенное непосредственно в коммуникативный процесс [Д. И. Блюменау, 1989. — С. 28]. Последнее предложение необходимо дополнить: включенное субъективно в субъективный процесс, т.е. знания — это интерпретация информации. Однако интерпретация в известном смысле не ограничивается знанием и этот ряд полностью будет, вероятно, выглядеть следующим образом: информация — знание — мысль (гипотеза).

Возвращаясь непосредственно к геоинформационным системам, важно подчеркнуть их способность хранить и обрабатывать пространственные, или географические, данные, что и отличает ГИС от иных информационных систем. Распространено мнение, утверждающее тождественность понятий «географические информационные системы» и «пространственные \_\_\_\_\_ (пространственно-координированные, пространственно-распределенные) информационные системы», т.е. слово «географические» в данном контексте имеет смысл не обозначения науки, а характеристики пространственности.

При всем многообразии типов ГИС возможна их классификация по нескольким основаниям: пространственному охвату, объекту и предметной области информационного моделирования, проблемной ориентации, функциональным возможностям, уровню управления и некоторым другим критериям.

По **пространственному охвату** различают глобальные, или планетарные, ГИС, субконтинентальные, национальные (зачастую имеющие статус государственных), межнациональные, региональные, субрегиональные и локальные (местные), в том числе муниципальные, и ультралокальные ГИС.

ГИС способна моделировать объекты и процессы, локализованные или протекающие не только на суше (территории), но и на акваториях морей, океанов и внутренних водоемов. Средства ГИС давно и успешно используются в морской навигации.

Гораздо менее известны системы, распространяющие область своего влияния на воздушное пространство (аэроторию); это авианавигационные системы, системы планирования и выполнения аэросъемок и решения других задач, связанных с воздухоплаванием и др.

Наконец, для обеспечения деятельности в космическом пространстве ГИС способна решать задачи баллистики и управления полетами и другими передвижениями и действиями космических аппаратов, изучения внеземных объектов.

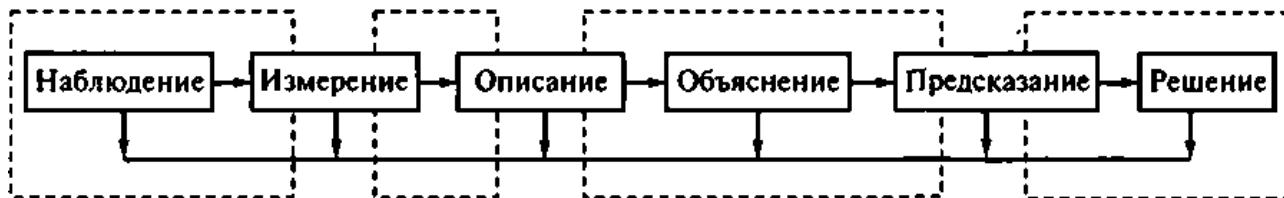
Состав (объектовый состав) и структура данных ГИС определяются **объектами** информационного моделирования, какими являются как собственно феномены реальности (лес, земля, вода, население, хозяйство), так и процессы (наводнения, загрязнение окружающей среды, миграционные процессы), а также нематериальные объекты, или идеи.

ГИС различаются **предметной областью** информационного моделирования; среди предметно-ориентированных, как правило, ведомственных ГИС бывают природоохранные ГИС, земельные информационные системы (ЗИС), городские, или муниципальные, ГИС (МГИС), ГИС для целей предотвращения и локализации последствий чрезвычайных ситуаций (ГИС для целей ЧС) и др.

**Проблемная ориентация** ГИС определяется решаемыми в ней научными и прикладными задачами. Они могут быть выстроены в ряд по мере усложнения и наращивания возможностей управления моделируемыми объектами и процессами: инвентаризация (кадастр, паспортизация) объектов и ресурсов, анализ, оценка, мониторинг, управление и планирование, поддержка принятия решений.

Классификация ГИС по их **функциональности** связана с программным обеспечением ГИС и будет подробно рассмотрена далее. Пока же уместно выделить самые общие функции ГИС, вынесенные в ее определение выше: это получение данных, их ввод в компьютерную (точнее цифровую среду), хранение (в том числе обновление, или **актуализация**), обработка, вывод (например, в форме карт), распространение и использование данных, включая принятие решений на их основе. Классическая схема функций ГИС, предложенная «патриархом» канадской и мировой геоинформатики Р.Томлинсоном и неоднократно воспроизведенная в отечественных и зарубежных монографиях и учебниках, приведена на рис. 2. Соответственно этим обобщенным функциям выделяются структурные единицы ГИС: ее подсистемы (блоки, модули), включая подсистему ввода и т.д.

Известна также классификация ГИС по **уровню управления**. Например, в зависимости от уровня органов государственного управления, использующих ресурсы геоинформационной системы, различают ГИС федерального, регионального и специального назначения, причем под последними понимаются системы, используемые для обслуживания информационных потребностей конкретных отраслей народного хозяйства.



ГИС как системы проектируются, создаются и эксплуатируются в комплексе составляющих их компонентов (блоков, подсистем, функциональных модулей), обеспечивающих функциональную полноту, адекватную решаемым задачам, возможность расширения функций и модификации системы.

Реализация ГИС — многоэтапный процесс, включающий исследование предметной области и требований пользователя к системе, ее технико-экономическое обоснование (анализ соотношения «затраты — прибыль»), системное проектирование, детальное проектирование на уровне научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тестирование и прототипирование, опытную и штатную эксплуатацию.

При рассмотрении объектов информационного (геоинформационного) моделирования в ГИС предполагалась достаточность их описания в терминах пространственных координат. Решение многих задач предусматривает необходимость координирования пространственных объектов во времени. Задание четвертой координаты объекта — времени — позволяет ввести понятие пространственно-временных данных. Ими оперируют пространственно-временные ГИС.

Резюмируя вышеизложенное, под *географической информационной системой* будем понимать аппаратно-программный человекo-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных, информации и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества. Иногда этап сбора данных, осуществляемый методами дистанционного зондирования, глобального позиционирования и другими, сводят к технологии их ввода в ГИС. Наконец, необходимо отметить **второе значение термина «ГИС»** как синонима программных средств, программного продукта, программного обеспечения ГИС, реализующего функциональные возможности ГИС в первом (основном) его значении.

## 1.2. Геоинформатика: наука, технология, индустрия

Русский термин «*геоинформатика*» произведен от термина «информатика» — иностранного заимствования, обозначающего научное направление, которое изучает теорию, методы и способы накопления, обработки и передачи данных, информации и знаний с помощью ЭВМ и других технических средств, или группу дисциплин, занимающихся различными аспектами применения и разработки вычислительных машин, куда обычно относят прикладную математику, программирование, программное обеспечение, искусственный интеллект, архитектуры ЭВМ и вычислительные сети. Специфические аспекты информатизации различных областей научной и производственной деятельности породили ряд частных «информатик».

Некоторое время наряду с термином «геоинформатика» использовался термин «географическая информатика». Не исключено, что этимологически термин «геоинформатика» образовался под влиянием двух параллельных процессов: редукции

«географической информатики» до краткой формы «геоинформатика» и прямой деривации от родового понятия «информатика», что корреспондировало с краткой формой термина «географические информационные системы», а именно «геоинформационные системы», о чем упоминалось ранее.

В геоинформатике принято различать три разные «ипостаси». Это наука, технология и производственная деятельность по научному обоснованию, проектированию, созданию, эксплуатации и использованию географических информационных систем, по разработке геоинформационных технологий, по приложению ГИС для практических или научных целей.

Предмет геоинформатики как науки обычно определяют как «природные, общественные и природно-общественные земные пространственные системы», ее метод — «компьютерное моделирование и тесно сопряженное с ним геоинформационное картографирование». Заменяв в сочетании «компьютерное моделирование» слово «компьютерное» на «цифровое», получим более точное определение метода, основанное на *цифровых моделях* (представлениях, описаниях) пространственных объектов.

В основе теории геоинформатики как учения о ГИС лежит несколько базовых понятий. К ним относятся *пространственные объекты, пространственные данные, модели пространственных данных, функции их обработки, включая базовые функции пространственного анализа и гео моделирования* как ядра ГИС.

Структурно в геоинформатике предлагается выделять общую геоинформатику, разделяя ее на теоретическую геоинформатику и прикладную геоинформатику.

Технологически, исторически и «генетически» геоинформатика формировалась и продолжает развиваться в окружении смежных наук и технологий, предметно и методически родственных ей. Среди ее ближайших партнеров выделяют дистанционное зондирование и картографию. Алгоритмы и методы геоинформатики близки *вычислительной геометрии и компьютерной (машинной) графике, системам автоматизированного проектирования (САПР)*. Непозиционная (атрибутивная) часть пространственных данных традиционно хранилась и управлялась средствами систем управления базами данных (СУБД), методология создания баз данных ГИС продолжает оставаться в числе важных задач при их проектировании. Единая цифровая среда существования объединяет ГИС с *глобальными системами позиционирования* и автоматизированными (цифровыми) технологиями съемок местности (например, с использованием электронных тахеометров или лазерных сканирующих устройств) и системами их обработки (например, методами *цифровой фотограмметрии*). Наконец, аппаратная среда реализации геоинформационных технологий — так называемая вычислительная техника, а именно компьютеры с *периферийными устройствами* ввода, хранения и вывода данных — вовлекает в орбиту интересов и условий существования геоинформатики новейшие информационные, в том числе телекоммуникационные, технологии, изучаемые общей информатикой.

По тесноте связи, уровню взаимодействия, методической и технологической близости и возможностям интеграции ближайшее окружение геоинформатики образует картография и дистанционное (аэрокосмическое) зондирование.

Важнейшая черта взаимодействия геоинформатики с ее окружением — интеграция. Одно из ее следствий — возникновение и развитие пограничных дисциплин. Интеграционные процессы затрагивают не только отношения классической триады «дистанционное зондирование — геоинформатика — картография» или их попарных

отношений. Современная практика дает немало примеров интегрированных решений, основанных на существовании единой технологической цифровой среды.

Ранее вполне независимая отрасль управления сетями инженерных коммуникаций (так примерно можно передать на русском языке труднопереводимый английский термин AM/FM — Automated Mapping / Facility Management) в 90-х годах XX в. Ассоциировалась с ГИС-технологиями, и аббревиатура AM/FM/GIS не сходит со страниц изданий, посвященных их тотальному внедрению в управление национальными и региональными сетями водо-, энерго-, газоснабжения, телефонной связи.

Интерактивная картографическая графика в Интернет, появление и развитие «Интернет-ГИС» могут служить примерами интеграции информационных и телекоммуникационных средств.

Интеграция ГИС и иных информационных геотехнологий — характерная черта и условие дальнейшего развития геоинформатики. Функциональность геоинформационных технологий, о которой будет сказано чуть ниже, приобрела полноту и логическую завершенность (инвариантность), и внутренние возможности их функционального развития в части базовых функций, во всяком случае на сегодняшний день, представляются почти исчерпанными.

Геоинформатика в настоящее время рассматривается как интегратор многих наук и технологий, оперирующих пространственно-координированными данными. На эту роль претендует еще одна дисциплина — *геоматика* (англ. Geomatics от GEO+InforMATICS, франко-канадский оригинал — *geomatique*). Под геоматикой обычно понимают область деятельности, связанную с использованием системного подхода к выбору средств сбора, интеграции, обработки и распространения пространственных данных в континууме потоков цифровой информации.

Одновременно геоинформатика — технология, отличная от иных информационных технологий, технологическая основа создания и эксплуатации ГИС.

В самом общем виде суть *геоинформационных технологий* составляют ввод, обработка и вывод пространственных данных.

В технологическую схему ГИС не всегда включается сбор первичных (измерительных) данных, поскольку получение, или сбор данных, — дело смежных индустрий и технологий (например, дистанционного зондирования), однако в определении ГИС до настоящего времени он чаще всего входит.

Общая технологическая схема ввода, обработки и вывода данных в ГИС, поддерживаемая соответствующими программными средствами, может быть представлена в виде набора обобщенных функций (функциональных групп), среди которых принято выделять следующие:

- 4. Ввод и редактирование данных.** Сюда входит аналого-цифровое преобразование данных, в том числе методы и технологии *цифрования* картографических источников с помощью цифрователей (*дигитайзеров*) с ручным обводом или путем *сканирования* аналоговых оригиналов с последующей *векторизацией*, а также импорт готовых цифровых данных, контроль ошибок цифрования, топологической и геометрической корректности и общая оценка качества получаемой цифровой модели.

- 2. Поддержка моделей пространственных данных.** Полученная цифровая модель может существовать, храниться и обрабатываться в рамках определенных моделей

(представлений); к ним относят *растровую, векторную, квадратомишескую* и иные двух- и трехмерные *модели данных*, которым соответствуют некоторые *форматы данных*.

**3. Хранение данных.** Проектирование и ведение *баз данных (БД)* атрибутивной информации ГИС, поддержка функций *систем управления базами данных (СУБД)*, включая ввод, хранение, манипулирование, обработку запросов (в том числе пространственных), поиск, выборку, сортировку, обновление, сохранение целостности, защиту данных и создание *базы метаданных* в рамках основных моделей организации данных БД: иерархической, сетевой и реляционной, реализация геореляционного и объектно-ориентированного подходов к БД ГИС.

**4. Преобразование систем координат и трансформация картографических проекций.** Наиболее распространенные задачи — переход от условных декартовых прямоугольных координат источника к географическим координатам, пересчет *координат* пространственных объектов из одной *картографической проекции* в другую, эластичные преобразования растровых изображений по сети опорных точек. Сюда же разумно включить все иные операции с пространственными объектами, выполняемые на *эллипсоиде* или шаре.

**5. Растрово-векторные операции.** Обслуживают возможности совместного использования двух наиболее употребительных моделей пространственных данных — растровой и векторной, экспорт и импорт в среду других программных продуктов, ввод или вывод данных. Автоматическое или полуавтоматическое преобразование (конвертирование) растрового представления пространственных объектов в векторное (*векторизация*), векторного — в растровое (*растеризация*) и графическое совмещение растровых и векторных слоев данных.

**6. Измерительные операции и операции аналитической (координатной) геометрии.** Вычисление длин отрезков прямых и кривых линий, площадей, периметров, объемов, характеристик форм объектов и т.п., автоматизация обработки данных геодезических измерений.

**7. Полигональные операции.** Включают определение принадлежности точки полигону, линии полигону, наложение полигонов (топологический оверлей), уничтожение границ и слияние полигонов, индикацию и удаление паразитных полигонов, генерацию *полигонов Тиссена* (диаграмм Вороного).

**8. Пространственно-аналитические операции** (операции пространственного анализа). Одна из базовых функциональных групп ГИС, включающая *анализ близости* (окрестности), расчет и *анализ зон видимости/невидимости*, *анализ сетей* (сетевой анализ), расчет и построение *буферных зон* (буферизация).

**9. Пространственное моделирование** (геомоделирование). Построение и использование моделей пространственных объектов, их взаимосвязей и динамики процессов (математико-статистический анализ пространственных размещений и временных рядов, меж-слойный корреляционный анализ взаимосвязей разнотипных объектов и т.п.) средствами встроенных функций пространственного моделирования или путем создания *интерфейса* с моделями вне среды ГИС.

**10. Цифровое моделирование рельефа и анализ поверхностей.** Создание и обработка *цифровых моделей рельефа*, расчет производных морфометрических характеристик (*углов наклона, экспозиции* и формы склонов), построение трехмерных изображений местности, профилей поперечного сечения, вычисление объемов, генерация линий сети тальвегов и водоразделов и иных особых точек и линий рельефа, *интерполяция* высот, построение



изолиний по множеству значений высот, автоматизация аналитической отмычки рельефа, цифровое *ортотрансформирование* изображений. Сюда же можно отнести моделирование трехмерных объектов *{тел}* в рамках моделей данных «истинных» трехмерных ГИС.

**11. Вывод данных.** Генерация отчетов, документирование результатов в текстовой, графической (в том числе картографической), табличной формах с использованием различных графических периферийных устройств (принтеров, графопостроителей и т.п.), экспорт данных.

Выделенные базовые функциональные группы не исчерпывают всего разнообразия операций, образующих технологическую основу ГИС. Конкретные универсальные и тем более специализированные программные средства ГИС могут содержать и поддерживать многие другие операции, в том числе выходящие далеко за пределы чисто геоинформационного функционалитета.

Для обозначения геоинформатики как производственной деятельности используют термин *геоинформационная индустрия* (ГИС- индустрия). Ядро отрасли составляют разработка, продажа и сопровождение программных средств ГИС и выполнение *геоинформационных проектов* (ГИС-проектов) на их основе. Сюда же относят разнообразный сервис, или геоинформационные услуги по внедрению (приложениям) геоинформационных технологий в целом или отдельных ее операций и этапов. Они включают цифрование и векторизацию бумажных картографических источников, конвертирование данных из одного формата в другой, системную интеграцию с иными информационными системами и технологиями (дистанционного зондирования, глобального позиционирования и т.п.).

С развитием и диверсификацией ГИС-индустрии как отрасли намечается четкая специализация в профессиональной сфере и в обучении ГИС-специальностям; формируются профессии «ГИС- аналитик», «ГИС-менеджер», «ГИС-специалист», «ГИС-техник», «ГИС-программист».

Геоинформационная индустрия порождает рынок, связанный с производством и потреблением (использованием) геоинформационных продуктов и услуг. К *геоинформационному рынку* (ГИС- рынку) относят геоинформационные технологии, программные продукты ГИС, пространственные данные, персонал, занятый выполнением геоинформационных проектов, компьютерную технику и специализированное оборудование, включая периферийные устройства, геодезические приборы, съемочную и иную аппаратуру. Глобальный геоинформационный рынок естественным образом распадается на национальные сегменты, или на национальные рынки, которые в свою очередь образованы региональными и местными сегментами, следуя территориальному принципу его организации. Более или менее сформировавшийся геоинформационный рынок разделяется на сегменты, соответствующие крупным группам потребителей продуктов и услуг (например, отраслям хозяйства или науки), предметным областям и технологиям.

### **1.3. Периодизация развития геоинформатики**

Что же привело к рождению геоинформатики? Круг причин и предпосылок огромен, но главными были следующие:

- широкое распространение компьютеров и совершенствование средств периферии;
- накопление обширных аэрокосмических, статистических и других материалов;
- потребность упорядочения сведений в базах данных для разнообразных целей;
- обеспечение сохранности и доступности этих материалов для широкого круга пользователей;

- необходимость оперативных принятий решений и др.

Произошло не просто суммирование знаний и технических возможностей и опыта из сфер вычислительной техники, информатики, географии и картографии, а их умножение, что и привело к «взрывообразному» развитию данного направления. Следует заметить, что в течение всей истории геоинформатики, укладывающейся в ничтожно малый отрезок времени в 40—45 лет, были и периоды ускорения, и относительного замедления, и даже некоторого застоя. Сам взгляд на историю существенно зависит от точки зрения (места в клубке идей и технологий, из которого тянется сегодняшняя нить геоинформатики в ее современном и вполне устоявшемся понимании).

Геоинформатика как наука относительно молода, но и она имеет свою историю, которая может быть разделена на четыре нечетко выраженных периода.

**I период. В 60-е годы XX в.** Совершенствовались техника и опыт под единой, пока не оформившейся «крышей». Наиболее ярким примером этого периода было создание в 1963—1971 гг. Канадской ГИС (CGIS) под руководством Р.Томлинсона. Ее методические основания обобщены в его докторской диссертации [Р. Tomlinson, 1974], а технологические и прикладные аспекты освещены в десятках, если не сотнях статей, в том числе серии избранных публикаций и другой периодике. Ставшая одним из примеров крупной универсальной региональной ГИС национального уровня, CGIS может считаться классикой, и «ни одна из систем не может сравниться с Канадской ГИС по числу статей, ссылающихся на нее» [G. Nagy, Sh. Wagle, 1979]. Данная система создавалась для анализа данных инвентаризации земель Канады в области рационализации землепользования. Одним из важнейших результатов ее использования было создание карт масштаба 1:50 000, причем применялось самое современное оборудование — специальный экспериментальный *сканер*. Выполнялось наложение и измерение площадей, ранее не использовавшиеся в геоинформатике. Применялась абсолютная система координат. Позднее была создана база данных на основе тематических слоев, налажен дистанционный доступ к ней, а еще позднее была предпринята попытка приспособить Канадскую ГИС к сетевым технологиям, однако появились более современные системы, с которыми ей было сложно конкурировать. К тому же, как и всякая пионерная разработка, проект оказался весьма дорогостоящим.

Работы шведской школы геоинформатики концентрировались вокруг ГИС земельно-учетной специализации, в частности Шведского земельного банка данных, предназначенного для автоматизации учета земельных участков (землевладений) и недвижимости. Методические основы этих работ хорошо известны отечественному читателю из фундаментальных статей О. Саломонссона [1976] и Т.Германсена [1976] во втором выпуске сборника «Новые идеи в географии» (отв. Ред. В. М. Гохман и Ю. В. Медведков) — одной из немногочисленных публикаций по проблематике ГИС, приуроченной к XXIII конгрессу Международного географического союза (МГС) в Москве и оказавшей значительное влияние на адаптацию идей геоинформатики в нашей стране. Основная цель конгресса — упорядочить собранный материал и облегчить доступ к нему, в частности для *автоматизированного картографирования*. Карты в основном строились в виде грубых алфавитно-цифровых распечаток — изображений, состоящих из букв и цифр, которые благодаря разной плотности создавали примитивный эффект полутоновых изображений (рис. 4).

Вторая половина 60-х годов XX в. Знаменательна также работами Гарвардской лаборатории машинной графики и пространственного анализа. Созданное здесь

программное обеспечение стало классическим в сфере автоматизированного картографирования. Так, первый и наиболее известный пакет SYMAP позволял создавать общегеографические карты на алфавитно-цифровых печатающих устройствах. Нельзя сказать, что в 60-е годы состоялось становление геоинформатики в России, но положительный результат, несмотря на существенные материальные затраты, был получен.

**II период.** В начале **70-х годов** XX в. Ситуация начала меняться. Стало очевидно, что у геоинформатики большое будущее, появились примеры эффективного применения ГИС, но стоимость техники, программного обеспечения и обслуживания были столь высоки, что для многих они просто недоступны. Поэтому первая половина 70-х годов — это период шлифовки и доводки методики в крупных организациях и энтузиазм отчаянных одиночек. Зазвучали также голоса пессимистов: геоинформатика, мол, это «овчинка, которая не стоит выделки», так как ее продукция получается просто «золотой». Это был период некоторого застоя. Однако, справедливости ради, отметим появление в это время нескольких крупных теоретических обобщений и прежде всего — по методике структурирования пространственных данных.

Состояние и история разработок ГИС в Швеции, отражающая срез на середину 70-х годов, представлена специальным монографическим изданием журнала «Картографика» [Comput. Cartogr. In Sweden, 1977]. По данным, сообщаемым во вводной статье этого издания О. Вастессоном, к середине 70-х годов в стране шла разработка и эксплуатация 12 информационных систем (ГИС или информационных систем, расширяемых до их уровня). В предисловии к книге Д.Тейлор анализирует также процесс их развития в Канаде, разделенный на пять стадий (рис. 5), иллюстрирующих «в неакадемических терминах и мерах» степень энтузиазма и надежд разработчиков ГИС: сверх-энтузиазм первых экспериментов, не подкрепленный реальными возможностями; разочарование от первых неудач; возросшая активность и новые надежды; второй кризис, связанный с трудностями решения некоторых проблем; движение к завершению после их решения.

Нужно отметить существенное взаимовлияние двух геоинформационных школ. Анализ ранней канадской и шведской литературы по ГИС показывает, что ГИС «первого поколения» (60-е — начало 70-х годов) значительно отличались от того, что понимается под ними в настоящее время. Они зачастую были ориентированы на чисто утилитарные задачи инвентаризации земельных ресурсов, земельного кадастра и учета в интересах совершенствования системы налогообложения, решаемые путем автоматизации земельно-учетного документооборота в виде банков данных соответствующей специализации. Основная функция ГИС состояла во вводе в машинную среду первичных учетных документов для хранения и регулярного обновления данных, достаточно незамысловатой (на сегодняшний взгляд) обработки, включающей агрегацию данных и генерацию итоговых отчетных статистических табличных документов, вполне аналогичных «Земельным балансам».

Инвентаризационные задачи, но на иной исходной основе — путем массового цифрования карт — решались первоначально и в Канадской ГИС. Однако участие в их разработках научно-исследовательских коллективов, в том числе профессиональных географов (в Швеции — это коллектив Университета Лунда), позволило заложить в их основу некоторые фундаментальные принципы, которые обеспечили их выход в сферы не только узко прагматических, но и более универсальных интересов и областей применения. Первый и главный шаг, который вывел ГИС из круга баз данных общего назначения, заключался во введении в число атрибутов операционных объектов (земельных участков,

строений, физических и юридических лиц, ареалов использования земель, бонитировки почв или лесотаксации) признака пространства, в какой бы форме местоуказания (в координатах, в иерархии административной принадлежности, в терминах принадлежности к ячейкам регулярных сетей членения территории) он ни выражался. Достаточно революционным являлось уже указание координат *центроидов* объектов — прием, активно использовавшийся в Швеции. Напомним, что в начале 60-х годов массовое *цифрование* карт и их представление в векторном формате было уделом отдельных экспериментов картографических служб оборонных ведомств.

В этот период сформировалось понятие пространственных объектов, описываемых их позиционными и непозиционными *атрибутами*. Оформились две альтернативные линии представления — растровые и векторные структуры, включая топологические линейно-узловые представления. Чуть позже была создана технология массового цифрования карт — основного источника данных в Канадской ГИС. Поставлены и решены задачи, образующие ядро геоинформационных технологий: наложение (оверлей) разноименных слоев, генерация буферных зон, полигонов Тиссена и иные операции манипулирования пространственными данными, включая определение принадлежности точки полигону, операции вычислительной геометрии вообще. Найдены эффективные решения других геометрических проблем, алгоритмы аналитических операций и графоаналитических построений.

Функциональная ограниченность ГИС «первого поколения» (например, отсутствие или примитивность средств графической и картографической документации) имела и чисто технические причины: неразвитость периферийных устройств, давно забытый пакетный режим обработки данных (*дисплей*, применение которого позволило реализовать интерактивное взаимодействие оператора и машины, становится обычным устройством отображения лишь в середине 70-х годов) на крупных и мощных, но безумно (по сегодняшним меркам) дорогих ЭВМ, непереносимость программного обеспечения, критичность вычислительных ресурсов по отношению к объемам данных и времени исполнения задач. Так или иначе, ядро геоинформационных технологий было сформировано до начала 70-х годов, определив облик ГИС первого поколения.

Для 70-х годов характерно достаточно тесное взаимодействие методов и средств геоинформатики с параллельной и ранее независимой линией развития цифровых методов картографирования и автоматизированной картографией. Начало было положено работами Ж. Бертена по печати компьютерных статистических карт на примитивных печатающих устройствах, ранее упоминавшимся экспериментам Лаборатории машинной графики и пространственного анализа Гарвардского университета, успехами в области автоматизированного картографирования государственных топографо-геодезических служб. Считается, что первая автоматизированная картографическая система была создана в Великобритании в Экспериментальной картографической части Королевского колледжа искусств Д.Бикмором в 1964 г. В России сформировалось новое направление — *математико-картографическое моделирование* [В.Т.Жуков, С.Н.Сербенюк, В.С.Тикунов, 1973, 1980].

Общность технической базы, структурно-функциональное единство или подобие автоматизированных картографических систем и ГИС создали в 70-х годах предпосылки к их будущей интеграции, породив, однако, «картоцентрический» взгляд на геоинформатику, ее сущность и историю [Р. А. Burrough, 1986]. Хотя действительно исторически ГИС в современном их понимании развивались в значительной степени на базе информацион-

но-поисковых систем, позднее они включили функции картографических банков данных с параллельным расширением возможностей математико-картографического моделирования и анализа данных. Рассматривая карту как инструмент для географического анализа и выделяя подсистему пользователя [М. Копеспу, К. Rais, 1985], ГИС стали охватывать и область использования карт. Большинство ГИС этого периода включают в свои задачи создание карт или используют картографические материалы как источник исходных данных.

К этому периоду относится быстрый прогресс геоинформационных и автоматизированных картографических технологий в США. Здесь следует сказать о Геологической службе США и Бюро переписей, в частности, в связи с созданием системы, ориентированной на детальную характеристику уличной сети городов и организацию транспортного движения. Создано также несколько компьютерных атласов по материалам переписей.

Большая организационная роль в становлении геоинформатики принадлежит Международному географическому союзу, в том числе ее комиссии по сбору и обработке географических данных под руководством Р. Томлинсона.

Новый взлет намечился в конце 70-х — начале 80-х годов XX в., когда широко распространились дешевые персональные компьютеры. Открылись принципиально новые возможности для массового потребителя. Эйфория проявляется во всем, вплоть до попыток обосновать целесообразность замены и поглощения традиционных наук, имеющих дело с пространственно распределенными данными, одним всеобъемлющим направлением. Картографическая продукция этого времени уже почти не отличается от карт, издаваемых по традиционным технологиям.

**III период.** «Эпоха зрелости», эпоха первых комплексных решений, наступает в *80-е годы*, когда отдельные компьютерные программные пакеты по обработке данных, по подготовке текстов или карт трансформируются в единую увязанную систему, способную помочь человеку в принятии ответственных решений. В это же время создаются компьютерные локальные и глобальные сети, революционно изменившие доступ к базам данных. Персональные компьютеры в ряде организаций уже начинают вытесняться рабочими станциями. Отмечается чрезвычайный динамизм развития ГИС — к середине 80-х годов их число приближается к 500 (К.С.Clarce, 1985], а по другим данным — к 2000. Расширяется «география» ГИС, устанавливается баланс между уровнем развития геоинформатики Старого и Нового света, заметно нарушенный в 70-х годах заатлантическими соседями. Разработка коммерческих программных средств ГИС, связанная в немалой степени с возможностями мини- и микроконфигураций вычислительных средств, а позже и персональных ЭВМ, существенно меняет всю *геоинформационную индустрию*, появление которой связывается именно с этим периодом. Создание ГИС стало основываться не на уникальных программных и аппаратных средствах собственной разработки, а на адаптации функциональных возможностей достаточно операционно универсальных программных продуктов применительно к анализируемым проблемам. Именно это время было периодом массового создания ГИС на платформе персональных компьютеров (причем практически исключительно на IBM PC).

Одним из ярких примеров этого периода может стать появление наиболее популярного в мире программного обеспечения ARC/INFO (ArcInfo в настоящее время) в Институте изучения систем окружающей среды (ESRI, Inc., США), к созданию которого привело соединение стандартной реляционной системы управления базами данных (INFO)

с программой (ARC). Важнейшей особенностью его стала независимость от платформ и операционных систем.

В 80-е годы существенно расширяется круг решаемых задач, геоинформационные технологии проникают во все новые сферы науки, производственной деятельности и образование. Осваиваются принципиально новые источники массовых данных для ГИС: данные дистанционного зондирования, включая материалы спутников серии Ландсат, а позднее СПОТ, данные глобальных систем позиционирования [в это время их также называли системами навигации, местоуказания и др.]. Цифровые методы обработки изображений интегрируются с системами автоматизированной картографии (в том числе с ее новой ветвью — электронной картографией) и ГИС, создавая предпосылки единой программной среды 90-х годов.

**IV период.** В *90-е годы* появились интеллектуальные системы и технологии мультимедиа — комплексного воздействия на различные органы чувств человека — зрение, слух, а в перспективе — обоняние и даже осязание. Можно обратиться и к более частным вопросам, например картографической визуализации в ГИС. Так, даже традиционные бумажные карты, естественно имеющие самое широкое распространение и применение, стали претерпевать определенные изменения — становиться «рельефными», пригодными для визуального и компьютерного считывания, переноситься на другие основы: материю, пластик, что позволяет, например, работать на пластиковых контурных картах в школе, используя их многократно и для разных целей и т.д. Подавляющее большинство карт преобразуется в цифровые модели, а их тематические наборы или слои начинают комплексироваться в электронные атласы, изготавливаемые по индивидуальному заказу. Обычными становятся голографические изображения и карты в области «виртуальной реальности».

В это время интенсивно велись работы в области моделирования — активно внедрялась теория фракталов, катастроф, хаоса в географии, начали применять нейронные сети для многомерных классификаций и прогнозирования — задач, традиционно важных для всех географических наук. Более подробно эти вопросы будут рассмотрены в 2.2. За рубежом оформилось направление, называемое *geoprocessing*. Бурно и стремительно стали вестись работы по *инфраструктурам пространственных данных* (см. 5.2). Очень многочисленными стали примеры интеграции ГИС и Интернет (см. 3.3), вплоть до того, что некоторые ученые стали называть этот период эпохой Интернет-ГИС.

Не обошли Россию и тенденции, прослеживаемые в области геоинформатики в наиболее развитых в этом отношении странах. В области теории — совершенствование фундаментальных понятий, «интеллектуализация» ГИС, обращение к объектно-ориентированным моделям в ГИС, развитие теории «нечетких знаний», совершенствование систем управления базами пространственных данных и знаний, разветвленных пользовательских систем и сетевых структур, а также интегрированных ГИС. Все большее внимание стало уделяться интеллектуальному анализу данных (*data mining*). Применение ГИС из стадии экспериментов начинает переходить в сферу практического использования, причем не в отдельных пунктах, а по всему фронту научных, практических и управленческих областей. Идет процесс существенного пересмотра учебных программ по геоинформатике, а также совершенствование подготовки кадров пользователей ГИС. Все больше проектов стало выполняться не на персональных компьютерах, а на рабочих станциях, с широким использованием компьютерных сетей. Очень важным представляется обращение к полномасштабным системам поддержки принятия решений.

Уже сейчас обозначился новый технологический виток в спирали развития геоинформатики, который готовит ее к новым достижениям в начавшемся столетии. Это, прежде всего, создание мобильных ГИС, интеллектуализация систем, включение новых модулей, например имитационных моделей, разработки сценариев развития в ГИС, а также интеграция самих информационных систем с новыми технологиями, использующими пространственные данные. Усиливается интерес к адаптации достижений психологии в геоинформатике.

## **ТЕМА 2. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**К основным компонентам ГИС относят:** техническое, программное, информационное обеспечение. Требования к компонентам ГИС определяются, в первую очередь, пользователем, перед которым стоит конкретная задача (учет природных ресурсов, либо управление инфраструктурой города), которая должна быть решена для определенной территории, отличающейся природными условиями и степенью ее освоения.

### **2.1. Техническое обеспечение гис.**

Техническое обеспечение – это комплекс аппаратных средств, применяемых при функционировании ГИС: рабочая станция или персональный компьютер (ПК), устройства ввода-вывода информации, устройства обработки и хранения данных, средства телекоммуникации.

*Рабочая станция* или ПК являются ядром любой информационной системы и предназначены для управления работой ГИС и выполнения процессов обработки данных, основанных на вычислительных или логических операциях. Современные ГИС способны оперативно обрабатывать огромные массивы информации и визуализировать результаты.

*Ввод данных* реализуется с помощью разных технических средств и методов: непосредственно с клавиатуры, с помощью дигитайзера или сканера, через внешние компьютерные системы. Пространственные данные могут быть получены электронными геодезическими приборами, непосредственно с помощью дигитайзера и сканера, либо по результатам обработки снимков на аналитических фотограмметрических приборах или цифровых фотограмметрических станциях.

*Устройства для обработки и хранения данных* сконцентрированы в системном блоке, включающем в себя центральный процессор, оперативную память, внешние запоминающие устройства и пользовательский интерфейс.

*Устройства вывода данных* должны обеспечивать наглядное представление результатов, прежде всего на мониторе, а также в виде графических оригиналов, получаемых на принтере или плоттере (графопостроителе), кроме того, обязательна реализация экспорта данных во внешние системы.

### **2.2. Программное обеспечение гис.**

*Программное обеспечение* – совокупность программных средств, реализующих функциональные возможности ГИС, и программных документов, необходимых при их эксплуатации.

Структурно программное обеспечение ГИС включает *базовые и прикладные программные средства*.

Базовые программные средства включают: операционные системы (ОС), программные среды, сетевое программное обеспечение и системы управления базами

данных. Операционные системы предназначены для управления ресурсами ЭВМ и процессами, использующими эти ресурсы. На настоящее время основные ОС: Windows и Unix.

Любая ГИС работает с данными двух типов данных – пространственными и атрибутивными. Для их ведения программное обеспечение должно включить систему управления базами тех и других данных (СУБД), а также модули управления средствами ввода и вывода данных, систему визуализации данных и модули для выполнения пространственного анализа.

Прикладные программные средства предназначены для решения специализированных задач в конкретной предметной области и реализуются в виде отдельных *приложений и утилит*.

### **2.3. Информационное обеспечение гис.**

*Информационное обеспечение* - совокупность массивов информации, систем кодирования и классификации информации. Информационное обеспечение составляют реализованные решения по видам, объемам, размещению и формам организации информации, включая поиск и оценку источников данных, набор методов ввода данных, проектирование баз данных, их ведение и метасопровождение. Особенность хранения пространственных данных в ГИС – их разделение на слои. Многослойная организация электронной карты, при наличии гибкого механизма управления слоями, позволяет объединить и отобразить гораздо большее количество информации, чем на обычной карте. Данные о пространственном положении (географические данные) и связанные с ними табличные могут подготавливаться самим пользователем либо приобретаться. Для такого обмена данными важна инфраструктура пространственных данных.

*Инфраструктура пространственных данных* определяется нормативно-правовыми документами, механизмами организации и интеграции пространственных данных, а также их доступность разным пользователям. Инфраструктура пространственных данных включает три необходимых компонента: базовую пространственную информацию, стандартизацию пространственных данных, базы метаданных и механизм обмена данными.

Инфраструктура пространственных данных (ИПД) – система базовых пространственных данных, метаданных, стандартов и регламентов, информационных узлов, геосервисов для доступа и обмена географическими информационными ресурсами.

Элементы ИПД можно условно разделить на несколько взаимосвязанных подсистем программных продуктов и информационных ресурсов, постоянно обновляемых в процессе актуализации пространственных данных:

- подсистема сбора и накопления пространственных данных;
- подсистема ведения банков пространственных данных;
- подсистема публикация пространственных данных.

Реализация элементов ИПД выполнена специалистами компании в ходе выполнения проектов различных по уровню сложности и объему пространственных данных. Например:

- Карта Мира;
  - Цифровой фонд материалов инженерных изысканий и картографических основ области N;
  - Атлас области N;
  - Геоинформационная системы органов местного самоуправления города N
- внешний геопортал мэрии – «Карта обращений граждан г. N»;



В общем случае подсистема сбора и накопления пространственных данных обеспечивает выполнение технологических операций по контролю качества цифровой информации о местности, преобразованию ее к формам хранения, формированию базы пространственных данных и базы метаданных пространственной информации. При построении банка пространственных данных учитываются охват территории и степень детализации данных. Например, для задач территориального управления на уровне Российской Федерации необходимы пространственные данные, соответствующие картам мелкого и среднего масштаба. Для анализа на уровне субъекта Российской Федерации необходимы пространственные данные, соответствующие картам среднего и крупного масштаба. Решение для задач муниципального уровня требует пространственных данных, соответствующих картам крупного масштаба и крупномасштабным планам. Размещение полученной информации в банке пространственных данных, компоновка пространственных объектов в наборы пространственных данных и подготовка каталогов метаданных обеспечивается средствами ведения банка пространственных данных.

С позиции инфраструктуры пространственных данных собственно структура банка пространственных данных не важна, это может файловое хранилище в формате ГИС, СУБД, поддерживающие пространственные связи или их комбинация. Важным является обеспечение функций поиска необходимых данных и их предоставление пользователю по единым согласованным протоколам. В рассматриваемой технологии данные функции реализуются программными средствами публикации пространственных данных. Существует несколько вариантов публикации:

- предоставление пользователю контактной информации о поставщике данных,
- размещение готовых наборов пространственных данных на геопорталах,
- предоставление в открытом доступе пространственных данных на основе геосервиса, в автоматизированном режиме передающего нужную информацию.

Инфраструктура пространственных данных предоставляет возможность поиска геоинформационных ресурсов – источников данных по каталогам метаданных, являющихся неотъемлемой частью пространственных данных и формирования выборок пространственных данных по их характеристикам. Для этой цели применяются WEB-порталы метаданных, содержащие интерфейс для взаимодействия с банками пространственных данных. Поскольку метаданные создаются параллельно с самими пространственными данными, и публикуются держателями информации на геопортале, пользователь получает инструмент поиска пространственных данных по их описаниям.

Для построения WEB-порталов и публикации подготовленных наборов пространственных данных используются программные средства, например, GIS WebServer. Приложение дает возможность выполнять просмотр, сортировку и фильтрацию таблиц баз данных, обеспечивает функции интерактивной работы с картой. Поддерживается техника авторизованного доступа к данным. Для извлечения пространственных данных, хранящихся в СУБД и представления их в наглядном графическом виде, также может применяться специальные приложения

Существенным преимуществом использования геосервиса является то, что конечному пользователю не нужно думать о данных, положенных на карту, их оформлении и обновлении. Вместо этого можно просто подключиться к сервису и использовать его в качестве, например, подложки для цифрования. Благодаря картографическим геосервисам появился новый тип приложений meshup – программные средства обеспечивающие комбинирование контентов с различных источников, эдакий гибрид WEB слоев

пространственных данных. Это могут быть не только WEB-сайты, но и настольное программное обеспечение ГИС. При нужной функциональности ГИС-пакета, любой пользователь может применить такой сервис в качестве одного из слоев электронной карты. Достаточно знать URL-ссылку и выбрать нужный слой среди доступных на информационном ресурсе. Поскольку картографические сервисы можно комбинировать, совмещать друг с другом и с локальными данными создается мощный инструмент обработки данных, без закидывания на компьютер пользователя значительных объемов информации. При этом обеспечивается корректность и сохранность пространственных данных.

### **Вопросы и задания для самопроверки и контроля**

- 1) Что такое Инфраструктура пространственных данных?
- 2) Поясните термин «Техническое обеспечение гис».

## **ТЕМА 3. ОСНОВЫ КАРТОГРАФИИ**

### **Понятие о карте.**

*В международном многоязычном словаре технических терминов картографии (1973) карта определяется как «уменьшенное, обобщенное изображение поверхности Земли, других небесных тел или небесной сферы, построенное по математическому закону на плоскости и показывающее посредством условных знаков размещение и свойства объектов, связанными с этими поверхностями».*

Энциклопедические издания, государственные стандарты, учебники по картографии дают различные определения карты, хотя в большинстве своем они отличаются лишь редакцией, выделяя те или иные свойства картографического изображения.

В большинстве изданий, в т.ч. и в учебниках К.А.Салищева, определение таково: *географическая карта есть уменьшенное, обобщенное, математически определенное, образно-знаковое изображение земной поверхности на плоскости, показывающее размещение, состояние и связи различных природных и общественных явлений, отображаемых и характеризующихся в соответствии с назначением каждой конкретной карты.* В данном определении нашли отражение практически все признаки карты: размещение (сопоставление в пространстве местоположения объектов и явлений и их свойств), уменьшенность изображения (масштаб), математическая определенность (определенные математические законы построения карты, которые обусловлены проектированием физической поверхности Земли на поверхность эллипсоида, а затем переходом от этой последней к плоскости), условный (образно-знаковый, посредством символов) способ отображения действительности и, наконец, генерализованный (обобщенный) способ изображения содержания. Географические карты являются образно- знаковыми моделями действительности, обладающими (по определению К.А.Салищева) функциями коммуникативности (передачи информации), оперативности (решения с их помощью различных практических задач), познавательности (приобретения знаний), прогностичности (выявление будущего развития изучаемых по ним явлений).

На карте изображаются объекты и явления природы и общества. Отдельные из них мы можем наблюдать на местности и провести топографическую съемку их контуров (например, гидрографию, рельеф, почвенно-растительный покров, различные сооружения и

т.д.). Другие объекты, такие как климатические явления, магнитные склонения и т.п. получаются в результате наблюдений при помощи специальных приборов. Определенные явления связаны с изучением жизни и деятельности людей и исторических событий. На карте могут показываться не только объекты и явления местности, но и различные явления, происходящие над земной поверхностью (ветры, температуры воздуха и др.) или внутри ее (эпицентры землетрясений). Карты могут показывать изменение явлений во времени (разливы рек и озер), перемещение явлений (маршруты путешествий, пассажиро- и грузопотоки, морские течения), реальные и прогнозные явления, давать оценку явлениям (оценочные карты) и т.д..

Одним из важнейших свойств географических карт является их обзорность и наглядность. Обзорность позволяет читателю охватить единым взглядом всю отображенную на ней земную поверхность или ее часть. Этот процесс облегчается тем, что на карте объекты и явления действительности отображены с отбором и обобщением их качественных характеристик, т.е. в результате чтения карты у читателя возникает обобщенный, но адекватный действительности «образ местности». Одновременно перечисленными свойствами не обладает никакое другое картографическое произведение (аэро- и космические снимки, рисунки, математические модели и др.). Если снимки дают копию местности, ее «портрет», то на картах посредством условных знаков можно передать количественные и качественные характеристики объектов, показать объекты не воспринимаемые органами чувств (магнитные склонения), недоступные взору человека объекты (строение земной коры на больших глубинах), представить научные понятия, обобщения, абстракции.

На карте может быть показано размещение явления, его состояние, связь различных явлений природы и общества. Особенностью географической карты является то, что все ее элементы изображаются в плане. Другой особенностью географической карты, как уже отмечалось, является применение специальных условных знаков для отображения содержания карты. Некоторые условные знаки по своему рисунку напоминают изображаемый объект. Применение различных условных знаков позволяет составлять карты, которые отображают несколько явлений (например, рельеф, почвенно-растительный покров, грунты и другие характеристики).

При изображении многих объектов дают их контуры, а внутри контуров помещают принятые обозначения. Так, поверхность морей, озер и рек окрашивают голубым цветом, почвенно-растительный покров отображают цветом, штриховкой или различными значками.

Если какой-либо объект не выражается в масштабе карты, то применяют условные знаки произвольного размера, но всегда необходимо стремиться к их правильной локализации. Например, знак автострады, вычерченный на карте, если его ширину измерить с учетом масштаба, значительно превышает ширину этой дороги на местности, но располагаться он должен так, чтобы его ось совпадала с действительным положением оси дороги. Для других объектов (указатель дорог, отдельно стоящее дерево, труба) условные знаки наносятся так, что их основание совпадает с действительным положением объекта.

Подписи на карте также могут играть роль особых условных знаков, указывая не только название того или иного объекта, но зачастую давая качественную, а порой и количественную его характеристику. Например, применяя разные шрифты, отображают тип поселений: города – прямой заглавный шрифт, городские поселки – наклонный заглавный,

сельские поселения – прямой строчный; судоходную часть реки подписывают прописными буквами, а несудоходную – строчными.

Условные знаки должны хорошо читаться, быть легкими для исполнения, удобными (компактными), быть удобными для печатания, не перегружать карту и т.д.

Значение карт огромно в жизни и деятельности человека. Карты позволяют знакомиться с местностью без непосредственного ее посещения, быть путеводителями в туристских походах, при движении транспорта и т.п. Карты широко используются в аэро- и космонавтике, кораблевождении, планировании, проектировании и строительстве различных сооружений; разработке полезных ископаемых; организации промышленного и сельскохозяйственного производства, мелиорации, в дорожном деле, для районных планировок и охраны окружающей среды и т.п. Трудно найти такую отрасль народного хозяйства, которая бы не использовала карту.

Велико значение карт в военном деле. Как для наступления, так и обороны необходимо иметь крупномасштабные карты.

Исключительно большое значение карт в научных исследованиях. Практически каждое географическое научное исследование начинается с изучения карт и кончается их пополнением и совершенствованием. Посредством карт изучаются процессы развития и прогнозирования различных явлений и процессов, их взаимосвязи. Выдающийся российский географ Д.Н.Анучин писал, что «степень географического познания страны определяется степенью совершенства имеющейся для нее карты». Разработка методов использования карт для целей исследования является одной из важнейших задач современной картографии.

Карты служат незаменимым пособием в учебных целях в школах, в средних и высших учебных заведениях, в культурно- просветительской деятельности.

### **3.2.Элементы географических карт.**

Общегеографические карты состоят из следующих элементов (*рис.3.1.*):

1. *Математическая основа*, куда входит картографическая проекция, выражающая аналитическую зависимость между координатами точек поверхности земного эллипсоида и его плоского изображения, масштаб, геодезическая основа (на крупномасштабных картах) и компоновка. С картографической проекцией связана координатная сетка, которая на некоторых картах отсутствует, если карта является схемой или изображает небольшую территорию и эта карта не предназначена для измерений. С математической основой связана и компоновка карты.

2. *Картографическое изображение*, т.е. содержание карты – основной элемент любой географической карты. Оно состоит из физико- географических элементов (гидрография, рельеф, растительность и грунты) и социально-экономических (населенные пункты, пути сообщения и средства связи, объекты экономики и культуры, политического и административного деления). На тематических и специальных картах комплекс элементов содержания иной. На них выделяется общегеографическая часть содержания, которая является географической основой, служащей для ориентирования по карте и привязки содержание (например, характеристика почв или геологического строения территории).

3. *Вспомогательное оснащение* – легенда (условные обозначения и текстовые пояснения к ним), картографические графики для измерений по картам, справочные данные (название карты, автор, редактор, использованные источники, издательство, место и год издания и др.).

4. *Дополнительные данные* – карты-врезки, профили, текстовые и цифровые данные, диаграммы, графики, фотографии, таблицы, которые поясняют, дополняют и обогащают картографическое изображение.

По содержанию карты подразделяются на общегеографические, тематические и специальные.

К *общегеографическим* картам относятся карты, которые передают внешний вид земной поверхности и некоторые особенности объектов, расположенных на местности. Они дают основные сведения о местности и широко используются в практике и научных исследованиях для ее изучения, установления закономерностей в распределении различных элементов Земли и связанных с ними природных и социально-экономических особенностей местности, для проведения картометрических работ различного характера, а также как основа для создания разнообразных тематических карт. Элементами содержания карт являются рельеф, гидрография, растительность и грунты, населенные пункты, пути сообщения и средства связи, а в ряде случаев и политико-административное деление. При этом ни один из перечисленных элементов не выделяется особо. Дополнительно на этих картах могут быть даны изображения полезных ископаемых.

Среди общегеографических карт выделяют топографические и обзорные общегеографические. К первым относятся карты масштаба от 1:5000 до 1:1000 000. Топокарты создаются в стандартных масштабах, с определенной номенклатурой и зарамочным оформлением. Для обзорных карт масштабы, компоновка и нарезка подбираются индивидуально для каждой карты в соответствии с назначением и характером ее использования. При создании общегеографических карт используются самые различные приемы генерализации.

Дополнительное содержание обзорных карт, как правило, связано с их специальным назначением. Например, общегеографические карты, используемые в качестве полетных, содержат изогоны и характеристику магнитного склонения. Среди обзорных общегеографических карт выделяется группа гипсометрических карт, на которых имеются все элементы общегеографических карт, но одному элементу – рельефу – уделяется особое внимание.

*Тематические* карты отражают размещение разнообразных природных и социально-экономических явлений с их качественными и количественными особенностями. На тематических картах один или несколько элементов, входящих в содержание общегеографических карт, показаны с большой подробностью и глубиной, с отображением их специфических свойств. Содержанием тематических карт может быть любое явление, имеющее распространение по территории, причем каждое явление может рассматриваться с многочисленных точек зрения. Внешне тематические карты отличаются от общегеографических тем, что в их названии указывается тема (Карта промышленности, Карта народов мира). В названии общегеографических карт указывается только изображаемая территория (Минская область, Кавказ). Среди карт, классифицируемых по содержанию, тематические карты составляют самую многочисленную группу.

Тематические карты подразделяются на физико-географические (карты природы), социально-экономические и карты природно-общественной сферы (гипосферы). Внутри каждого из этих классов выделяются разделы (блоки), а затем роды и виды карт. К физико-географическим относятся карты, характеризующие литосферу, гидросферу, атмосферу, педосферу и биосферу. Среди них выделяются следующие крупные блоки (по А.М.Берлянту): карты геологические (литолого-стратиграфические, тектонические и

неотектонические, четвертичных отложений, гидрологические, полезных ископаемых, сейсмичности и вулканизма, охраны геологической среды, структурно- геологического районирования), карты геофизические (гравиметрические, земного магнетизма, сейсмометрические, электрических полей, теплового потока, физических параметров), карты рельефа земной поверхности и дна морей и океанов (гипсометрические и батиметрические, морфометрические и морфографические, геоморфологические), карты метеорологические и климатические (климатообразующих факторов, термического режима, условий увлажнения, барического режима, ветрового режима, атмосферных явлений, атмосферных процессов и элементов погоды, климатического районирования), карты гидрологические – вид суши (гидрографические, водного режима, ледового режима и гидрологических явлений, физико-химических характеристик вод, загрязнения вод, гидрологического районирования), карты океанологические – вод морей и океанов (гидрографические, физических свойств (гидрофизические), динамики водных масс, гидрохимические, флоры и фауны морей и океанов, загрязнения океана, океанологического районирования), карты почвенные (генетических типов почв, физико-химических типов почв, почвенно-геохимические, почвенно- климатические, почвенно-мелиоративные, загрязнения почв, почвенного районирования), карты ботанические (современного растительного покрова, восстановленного растительного покрова, отдельных видов растений и растительных ассоциаций, фенологические, продуктивности растений, нарушенности растительного покрова, геоботанического районирования), карты зоогеографические (ареалов отдельных видов животных, комплексов животных, зоогеографического районирования), карты медико-географические (ареалов болезней, распространения болезней и эпидемий, медико-географического районирования, оздоровления территории), карты общие физико-географические (ландшафтные, нарушения природной среды и природного риска, охраны природы, физико-географического районирования).

Большое разнообразие тематики характерно для социально- экономических карт: население (размещение населения и расселение, национальный состав и этнография, половозрастной состав, религиозные конфессии, естественное движение населения, миграция, трудовые ресурсы, социальная структура); хозяйство (промышленность, сельское хозяйство, агропромышленные комплексы, лесное и рыбное хозяйства, промыслы, энергетика, транспорт и связь, торговля и финансы, экономико-географическое районирование); образование, наука и культура; обслуживание населения и здравоохранение, физкультура и спорт, отдых и туризм; карты политические и политико-административные (геополитические, административного деления, политических организаций, партий, движений), исторические карты (общественно – политических формаций, археологические, историко-экономические, историко-политические, военно-исторические, историко-культурные). Каждую из приведенных групп карт можно в значительной степени дополнить многими другими картами, не приведенными в данном классификационном перечне.

Особую группу составляют карты принадлежащие нескольким сферам и характеризующие взаимодействие природы и общества. К ним относятся прежде всего геоэкологические карты (состояние окружающей среды и ее компонентов, факторов воздействия на среду и их результаты воздействия, условия жизни населения, защиты среды и обеспечения экологической безопасности), а также карты природно- технические

(инженерно-геологические, инженерно-географические, агроклиматические, агропроизводственные).

Отдельно выделяется блок *специальных* карт, предназначенных главным образом для технических целей: карты навигационные (аэро- и космические навигационные, морские навигационные, лоцманские, дорожные), карты кадастровые (земельного, водного, городского, лесного кадастров и др.), карты технические (инженерно-строительные, подземных коммуникаций), карты проектные (мелиоративные, лесоустроительные, землеустроительные и др.). Выделяется также группа специальных тактильных (осязательных) карт для слепых и слабовидящих.

### **3.3.Язык карты. Картографические знаки**

Все многообразие содержания географических карт передается по- средствам *языка карт*, включающего картографические условные знаки, способы изображения, правила их построения, применение при составлении и использовании карт. Исследования в области языка карты привели к выделению в теории картографии картоязыковой концепции, рассматривающей картографию как науку о языке карт.

*Картографические условные знаки* – это применяемые на картах графические символы, обозначения различных объектов, их расположение, размеры, форму, качественные и количественные характеристики.

В настоящее время для передачи содержания на географических картах применяются следующие способы картографического изображения: значковый (локализованных значков), качественный и количественный фон, ареалы, знаки движения, точечный способ, изолинии (изолинии с послойной окраской), картодиаграммы, картограммы, локализованные диаграммы, линейные знаки.

#### **Значковый способ**

Применяется для показа объектов, локализованных на местности, но не выражающихся в масштабе карты. Значки используются для изображения населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, культурно-бытовых учреждений, месторождений полезных ископаемых и т.д. Значковый способ наиболее применим на социально-экономических картах.

Используются три вида значков: геометрические, буквенные и наглядные (рис 5.4).

#### **Способ линейных знаков**

Этот способ применяется на всех географических картах, ни одна карта не может обойтись без него, так как любая карта имеет свою основу, которая в основном изображается линейными знаками.

Линейные знаки применяются для отображения объектов и явлений, локализованных по линиям, передавая при этом их местоположение и особенности (границы политико-административного деления, дорожную сеть, гидрографию, тектонические разломы, границы оледенений, нефтепроводы и т.д.) (рис.5.10). Способ линейных знаков выступает в двух вариантах: как категория линейных знаков на топокартах и как специальный способ на тематических картах, для отображения специальных объектов и явлений (обязательно в легенде должны быть пояснения этих объектов и явлений).

#### **Способ изолиний (изолиний с послойной окраской)**

Изолинии – это кривые линии, соединяющие точки с одинаковой заданной величиной какого-либо показателя. Способ изолиний применяется для изображения количественных явлений, имеющих непрерывное распространение и постепенно

изменяющихся в пространстве, таких как рельеф, температура, осадки, давление воздуха, даты наступления явления (рис. 5.11).

В зависимости от отображаемого явления изолинии носят название: изогипсы (горизонтالي) – линии равных абсолютных высот, изотермы – линии равных температур, изогеты – линии равных количеств выпадающих осадков, изобары – линии равных давлений воздуха, изобаты – линии равных глубин, изогоны – линии равных магнитных склонений, изоколы – линии равных искажений на картах, изохроны – линии одной даты наступления явления, изодемы – линии одинаковой плотности населения и т.д.

Характеристика явлений при этом способе передается совокупностью изолиний. При этом очень важным является правильность выбора интервала между изолиниями. Изолинии иногда используют для показа явлений, величина которых изменяется не постепенно и сами явления не имеют сплошного распространения, например плотность населения, лесистость и т.д. Такие изолинии называют *псевдоизолиниями*, так как они соединяют числа, характеризующие явления не в точке, а на площади (пусть небольшой).

Способом изолиний можно показать не только статистические, неподвижные явления, но и картографировать динамические процессы, отображать сроки наступления явлений, скорости перемещения процессов и т.п. На динамических электронных картах изолинии могут смещаться сами, отображая перемещение явления (например, холодных и теплых воздушных масс).

#### Способ качественного фона

Способ качественного фона используется для передачи явлений, имеющих сплошное или массовое распространение, и показывает качественное подразделение территории (районирование) на однородные участки по тем или иным природным или социально-экономическим признакам (рис.5.12).

#### Способ количественного фона

Этот способ, как и способ качественного фона, отображает подразделение территории на однородные районы, но по количественному показателю (или показателям). Для этого по имеющимся источникам выделяют согласно разработанной ступенчатой шкале однородные районы, которые затем раскрашивают цветом разной насыщенности или покрывают соответствующими штриховками (рис.5.14). При применении количественного фона линии на карте разграничивают выделенные однородные районы, причем смежные районы могут передавать величину явления, соответствующую противоположным ступеням шкалы.

#### Способ ареалов

Способ ареалов (от латинского слова «agea» - площадь, пространство) применяется на выделении на карте районов сплошного (напри – мер, оледенение) или рассеянного размещения (например, ареал выращивания риса). В большинстве случаев этим способом показывают распространение растений, животных, полезных ископаемых, сельскохозяйственных угодий и т.п. В легенде условный знак ареала обычно поясняется словами «район (область) распространения ....» (рис.5.15a). Круг явлений, которые могут отображаться методом ареалов, весьма велик. Единственное условие, предъявляемое к каждому из этих объектов, *неповсеместность* его распространения для всей отображаемой на карте территории, так как в последнем случае ареал совпадает со всей площадью карты и данный метод картографирования теряет свой смысл.

#### Точечный способ



*Точечный способ* применяется для передачи количественных показателей явлений как распространенных на всей картографируемой территории карты, так и наблюдающихся только в ее определенных участках. Метод применяется для передачи исключительно абсолютных количественных показателей, поэтому его иначе называют *количественным методом*. Сущность точечного способа заключается в том, что в местах расположения картографируемого явления на карте расставляются значки - «точки» - кружки, квадраты, черточки и др. (см. Большой Советский атлас мира, 1937, стр.153), число которых находится в прямом соответствии с величиной (интенсивностью) картографируемого явления. Чаще всего применяются точки-кружки, поскольку они наиболее просты для вычерчивания, отчетливы. Общее впечатление об интенсивности картографируемого явления можно получить по степени затемнения территории карты точками (по густоте точек), а точнее количественные данные – путем подсчета точек на избранном участке территории.

#### Способ знаков движения

Знаки движения используются для показа передвижения в пространстве природных и социально-экономических объектов и явлений точечного (передвижение корабля), линейного (перемещение военных фронтов), площадного (экономические связи страны), сплошного (воздушные массы) и рассеянного (перемещение птиц и животных) распространения. С помощью знаков движения можно отображать путь, скорость, направление, количество, мощность и структуру перемещаемых объектов и явлений (рис.5.17,5.18)

океанографических, путешествий и др.

#### Картодиаграммы

*Способом картодиаграммы* отображаются суммарные величины явлений в пределах территориальных единиц посредством диаграмм, расположенных внутри ячеек территориального деления одного ранга. Чаще всего используются административные единицы (рис.5.21).

#### Картограммы

*Картограмма* отображает среднюю интенсивность явления в пределах территориальных единиц одного ранга, чаще всего административных. Иногда картограмму строят по сетке квадратов (трапеций) карты. В отличие от картодиаграммы, для составления которых используют в основном абсолютные величины, в картограммах применяют относительные показатели (например, лесистость территории), получаемые в результате деления двух рядов абсолютных величин, исчисленных для одних и тех же территориальных единиц (площадь лесов деленная на площадь всей территории ячейки). Но это не значит, что картографируемыми величинами должны быть только проценты (удельный вес лесов), могут быть и абсолютные величины (плотность населения, чел/км<sup>2</sup>), но они должны выражать относительную характеристику. Выделенные территориальные единицы согласно разработанным ступенчатым шкалам раскрашивают в тона одного-двух и более цветов или штрихуют, передавая насыщенностью интенсивность явления.

#### Способ локализованных диаграмм

Способ локализованных диаграмм применяют для сплошного или линейного распространения явления в виде диаграмм, графиков, относящихся к отдельным пунктам. Локализованные диаграммы характеризуют не только эти пункты, но и прилегающую территорию. Хотя пункты с диаграммами даются выборочно (в местах наблюдений, измерений), но в совокупности позволяют получить представление о явлении, охватывающем определенную территорию.

#### Сравнительная характеристика способов изображения географических явлений

Для передачи разносторонней характеристики явления на карте одновременно могут использоваться несколько способов картографического изображения и в том же время для нескольких разных явлений может применяться один способ. Например, на экономической карте способом значков могут быть показаны центры промышленности, энергетики, месторождения полезных ископаемых, речные порты и т.п.

Способы картографического изображения по своему внешнему графическому оформлению и своей сущности часто очень схожи. Некоторые способы довольно близки по существу и особенностям изображаемых явлений, другие же только внешне похожи, а по существу сильно отличаются.

Чтобы различить способы картографического изображения, надо внимательно ознакомиться с легендой карты и ее содержанием, определить характер распространения явления. Ранее указывалось внешнее графическое сходство способа качественного фона и ареалов, картодиаграммы и способа значков, хотя по существу явления, изображаемые этим способами, сильно отличаются.

Способ значков в отдельных случаях внешне похож на способ ареалов, когда отображаемые явления графически показываются значками. Различия между этими способами можно установить, определив характер размещения явлений. Если, например, рисунком рыбы показан район морских рыбных промыслов, то на карте применен способ ареалов. Таким же по внешнему виду значками могут быть показаны рыбные порты или рыбоперерабатывающие заводы. В этом случае применен способ значков, ибо он отображает объекты, локализованные по пунктам на местности.

Сходны между собой способы значков и локализованных диаграмм. Различие между ними в характере размещения явления: у локализованных диаграмм оно площадное, а у значков – локализованное по пунктам.

Внешнее сходство имеют картограмма, количественный фон и способ изолиний, промежутки между которыми закрашены. Но для явлений, изображаемых способом изолиний, характерно плавное изменение их величины, что передается системой изолиний. На картограмме линии, разграничивающие разную интенсивность, являются административными или природными границами и количественного значения не имеют. При использовании количественного фона линии на карте разграничивают выделенные однородные районы, причем смежные районы могут передавать величину явления, соответствующую противоположным ступеням шкалы, что невозможно для способа изолиний.

Подобно тому, как и отдельные стандартные условные знаки с течением времени изменяются: исключаются устаревшие (например, почтовые дороги), появляются новые (например, космические трассы, атомные электростанции), так и способы изображения явлений не завершены в своем развитии. В связи с более детальным изучением многообразных явлений и расширением тематических географических карт появляются новые модификации уже устаревших способов изображения. Так, статистические графические переменные в связи с применением компьютерных технологий приобрели еще и вид *динамических графических переменных*, когда посредством анимаций можно изменять положение знака на карте, форму и размер, цвет и его насыщенность, внутреннюю структуру объекта.

### **3.4. Надписи на географических картах**

Надписи – важный элемент содержания, присущий всем географическим картам, за исключением немых. Они поясняют изображаемые объекты, обозначают их

количественные и качественные характеристики, дают справочные сведения. Все надписи подразделяются на три группы: *топонимы, термины и пояснительные надписи*. Топонимы – собственные географические названия (имена) объектов: оронимы – названия элементов рельефа, гидронимы – названия водных объектов, зоонимы – названия животного мира и т. П. Термины – понятия, определяющие роль географического объекта (например, возвышенность, залив, полуостров, область и т. П.).

К пояснительным надписям относятся: качественные характеристики («береза», «ель», «деревянный»), количественные характеристики (абсолютные и относительные высоты, глубины, средняя высота и толщина деревьев и средние расстояния между ними в лесу); хронометрические надписи (даты географических открытий, основание города, наступление каких-либо явлений, например ранних заморозков); пояснения к знакам движения («Путь Кука», «Бразильское течение»); оцифровка меридианов и параллелей и пояснения к линиям координатной сетки («Южный полярный круг», «Северный тропик»).

Надписи обогащают карту, но могут при большом их количестве и ухудшать ее читаемость. Определение оптимального количества надписей, правильное их размещение и написание – важная задача составителя карты. Отбор надписей определяется назначением, тематикой, масштабом карты и характером картографируемой территории. Надписи на картах могут различаться характером шрифта, набора, размером букв (кегли), цветом, выделением заглавных букв. Обычно размером шрифта определяют величину или относительное значение объектов (например крупный промышленный пункт), формой и цветом шрифта отображают качественные различия объектов. Так, например, на топографических картах шрифтами выделяют типы населенных пунктов. Цвет надписи указывает на принадлежность объекта к определенной группе содержания карты. Так, на общегеографических картах надписи гидрографии печатаются синим цветом, населенных пунктов – черным, рельефа – коричневым, политико-административного деления – красным и т. Д. Иногда надписи даются разными красками, чтобы показать государственную принадлежность объектов (например, островов).

Надписи следует правильно размещать: они не должны закрывать условные знаки и по возможности не пересекать контуры, не быть перевернутыми и хорошо читаться на цветном фоне и, главное, чтобы принадлежность надписи к определенному объекту не вызывала сомнения. Более того, надписи должны указывать на характер размещения объекта. Например, надписи названий крупных государств, островов, водных бассейнов, занимающих большие площади, располагают внутри контуров по линии их наибольшей протяженности. Если объект имеет изогнутое очертание, то соответственно изгибается и надпись (рис. 5.30). Мелкие площадные объекты, например малые водохранилища, в пределах которых надпись не помещается, подписываются рядом. Названия населенных пунктов (и других объектов, локализованных в пунктах) следует располагать справа от условного знака (если нет справа помех) параллельно горизонтальным линиям рамки карты или вдоль параллели. При этом следует размещать надписи населенного пункта на территории той страны, в которой он находится.

При большой густоте условных знаков и надписей допускается их расположение слева или сверху от пункта или даже с плавным изгибом. Надписи линейных объектов (путей сообщения, рек, маршрутов путешествий) размещаются вдоль линий, плавно повторяя их изгиб.

На многих тематических картах помещаются только родовые надписи и собственные географические названия. Имеются тематические карты, вовсе лишенные надписей, на них все содержание передается графическими условными знаками.

### **Вопросы и задания для самопроверки и контроля**

- 1) Какие способы картографического изображения чаще всего применяются в социально-экономическом картографировании?
- 2) Как следует надписывать водные объекты?
- 3) Можно ли использовать способ изолиний для отображения расселения населения? Аргументируйте свой ответ.

## **ТЕМА 4. ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ ГИС**

### **4.1. Источники данных**

*Источники пространственных данных для ГИС — основа их информационного обеспечения.* Затраты на информационное обеспечение геоинформационных проектов достигают 90 % от их общей стоимости. В литературе постоянно упоминается еще одна достойная внимания цифра — до 70 % всех данных, составляющих информационные ресурсы наций, регионов и ведомств, имеют пространственную привязку или могут быть более или менее легко координированы, получив статус пространственных. Тем не менее информационное обеспечение ГИС остается крайне трудоемким делом. Это связано с тем, что цифровая среда существования ГИС предполагает цифровую форму обрабатываемых ею данных, а основную массу источников составляют аналоговые данные («бумажные» карты, статистические табличные отчеты, тексты). При анализе и оценке различных типов источников как основы информационного обеспечения ГИС следует иметь в виду их общие свойства, а именно пространственный охват, масштабы, разрешение, качество, форму существования (аналоговая — цифровая), периодичность поступления, актуальность и обновляемость, условия и стоимость получения, приобретения и перевода в цифровую форму (цифрования), доступность, форматы представления, соответствие стандартам и иные характеристики, которые объединяются обобщающим термином «*метаданные*» («данные о данных»).

ГИС, как правило, оперируют различными упорядоченными наборами данных.

Среди них традиционно различают

- картографические,
- аэрокосмические материалы,
- статистические,
- данные специально проводимых полевых исследований и съемок,
- текстовые источники

1. Картографические источники данных для гис-карт. Использование географических карт как источников исходных данных для формирования баз данных удобно и эффективно по ряду причин. Во-первых, атрибутивные характеристики, полученные с картографических источников, имеют территориальную привязку, во-вторых, в них нет пропусков, «белых пятен» в пределах изображаемого пространства (территории,

акватории и др.) и, в-третьих, уже имеется множество технологий перевода этих материалов в цифровую форму. Картографические источники отличаются большим разнообразием — кроме общегеографических и топографических карт насчитываются десятки и даже сотни типов различных тематических карт, один только перечень которых занял бы не одну страницу текста.

## 2. Аэрокосмические материалы.

Одним из основных источников данных для ГИС являются материалы **дистанционного зондирования**. Они объединяют все типы данных, получаемых с носителей космического (пилотируемые орбитальные станции, корабли многоразового использования типа «Шаттл», автономные спутниковые съемочные системы и т.п.) и авиационного (самолеты, вертолеты и микроавиационные радиоуправляемые аппараты) базирования и составляют значительную часть дистанционных данных (*remotely sensed data*) как антонима контактных (прежде всего наземных) видов съемок, способов получения данных измерительными системами в условиях физического контакта с объектом съемки. К неконтактным (дистанционным) методам съемки помимо аэрокосмических относятся разнообразные методы морского (наводного) и наземного базирования, включая, например, фототеодолитную съемку, сейсмо-, электро-, магниторазведку и иные методы геофизического зондирования недр, гидроакустические съемки рельефа морского дна с помощью гидролокаторов бокового обзора, иные способы, основанные на регистрации собственного или отраженного сигнала волновой природы.

Аэрофотосъемку в нашей стране начали осуществлять с 30-х годов XX в. И к настоящему времени накоплен фонд снимков, полностью покрывающих страну, а для многих районов с многократным перекрытием, что особенно важно при изучении динамики объектов. Материалы аэрофотосъемки используются в основном для топографического картографирования страны, также широко применяются в геологии, в лесном и сельском хозяйстве.

Космические снимки начали поступать с 60-х годов XX в. И к настоящему времени их фонд исчисляется десятками миллионов.

## 3. Статистические материалы.

Теперь обратимся к **статистическим материалам**, имеющим цифровую форму и удобным для непосредственного использования в ГИС, среди которых особо выделим государственную статистику. Основное ее предназначение — дать представление об изменениях в хозяйстве, составе населения, уровне его жизни, развитии культуры, наличии материальных резервов и их использовании, соотношении в развитии различных отраслей хозяйства и др.

Для получения государственной статистики на территории страны обычно используется единая методика ее сбора. В России кроме Госкомстата страны эту работу проводят также некоторые отраслевые министерства. Статистическая отчетность различается по периодичности, она может быть суточной, недельной, полумесячной, квартальной, полугодовой и годовой. Кроме того, отчетность может быть и единовременной.

Для упорядочения всей совокупности данных государственной службой определены группы показателей по отраслям статистики. В качестве таких групп в нашей стране использовались отрасли статистики: промышленности; природных ресурсов и окружающей среды; технического прогресса; сельского хозяйства и заготовок; капитального строительства; транспорта и связи; торговли; труда и заработной платы; населения,

здравоохранения и социального обеспечения; народного образования, науки и культуры; бюджетов населения; жилищно-коммунального хозяйства и бытового обслуживания населения; материально-технического снабжения и переписей; финансов. Каждая из отраслей характеризуется набором показателей.

Очень важны материалы переписей, последняя из которых проведена в России в октябре 2010 г.

#### 4. Данные специально проводимых полевых исследований и съемок.

Широки возможности использования стационарных измерительно-наблюдательных сетей для получения, прежде всего, *гидрологических и метеорологических данных*, регулярный сбор и обработка которых имеет определенную историю. Так, метеорологические наблюдения включают синоптические характеристики у поверхности земли, показатели термобарического поля в свободной атмосфере (средние месячные значения давления, геопотенциала и температуры воздуха для уровня моря и основных изобарических поверхностей); данные актинометрических наблюдений (суммарная и отраженная радиация, радиационный баланс и т.д.); характеристики ветра в свободной атмосфере; нормы и аномалии средней месячной температуры воздуха; нормы месячных сумм осадков; месячные суммы осадков в процентах от нормы и еще многие другие показатели, исчисляемые несколькими десятками.

Гидрологические материалы содержат сведения о прошлом, настоящем и для некоторых элементов будущем состоянии рек, озер и водохранилищ.

Многообразны работы, проводимые для нужд океанологии. Сбор осуществляется в глобальном масштабе с использованием судов погоды, научно-исследовательских судов, плавмаек, океанографических буйковых станций и др. Обширные материалы могут быть получены из государственных кадастров, которые ведут Росземкадастр и Министерство природных ресурсов РФ.

#### 5. Текстовые материалы.

Отличительная особенность *текстовых материалов* — отчетов экспедиций, статей, книг — состоит в том, что, имея большой фактический материал, они не всегда представлены в специально классифицированном виде и не обеспечивают точную пространственную локализацию данных. Это позволяет разделить их по пригодности для информационного обеспечения географических исследований. Во-первых, это книги и статьи обычного типа, содержащие разнообразные сведения, рассредоточенные как в региональном, так и в тематическом плане. Упорядоченному использованию подобного типа данных помогает их библиографическая каталогизация, в частности региональные каталоги географических библиотек.

Вторую группу составляют обобщающие тематические монографии по отдельным компонентам природы и хозяйства для крупных регионов (например, «Рельеф Земли», «Почвы мира» и др.) или комплексные географические работы.

В заключение необходимо отметить, что в ГИС редко используется только один вид данных. Чаще всего это сочетание разнообразных данных на какую-либо территорию.

## ТЕМА 5. ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В ГИС. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АТЛАСЫ

### 5.1. Тематическое картографирование

Картографические источники для создания геоинформационных карт играют особую важную роль. Остановимся на них подробнее.

Организация системы картографических источников может основываться на имеющейся системе классификации карт.

**Общегеографические карты.** Топографические (масштаб 1:200000 и крупнее), обзорно-топографические (от 1:200000 до 1:1 000 000 включительно) и обзорные (мельче 1:1 000 000) карты содержат разнообразные сведения о рельефе, гидрографии, почвенно-растительном покрове, населенных пунктах, хозяйственных объектах, путях сообщения, линиях коммуникаций, границах. В геоинформатике эти карты служат для двух целей — получения информации о перечисленных объектах местности и пространственной привязки тематических сведений. К этой же группе источников можно отнести фотокарты и космофотокарты, полученные с использованием фотопланов, составленных по результатам аэро- или космической съемки, с нанесенными на них горизонталями и другой картографической нагрузкой, обычной для общегеографических карт.

#### **Тематические карты.**

Среди **тематических карт** выделяют карты природы, населения, экономики и др.

**Карты природы.** Это наиболее разнообразная по тематике группа карт, включающая карты геологического строения и ресурсов недр, геофизические, рельефа земной поверхности и дна океанов, метеорологические и климатические, гидрологические и океанографические, почвенные, геоботанические, зоогеографические, медико-географические, ландшафтные и общие физико-географические, охраны природы.

**Карты народонаселения.** Среди карт народонаселения выделяют следующие основные сюжеты: размещение населения по территории и расселение; этнографическая и антропологическая характеристика народонаселения; демографическая характеристика; социально-экономическая характеристика.

**Карты экономики.** Данный класс карт наиболее обширен и разнообразен среди карт социально-экономической тематики. Здесь, прежде всего, выделяют карты промышленности с подразделением на добывающую и обрабатывающую или более детально по каждой отрасли промышленности. Еще более многочисленны карты сельского хозяйства. Широко используется характеристика природных ресурсов, зачастую с их хозяйственной оценкой и прежде всего земельных фондов, трудовых ресурсов, материально-технической базы сельского хозяйства и др. Отраслевые карты сельскохозяйственного производства подразделяют на карты земледелия и животноводства. Карты лесного хозяйства характеризуют распространение и использование лесных ресурсов. Карты транспорта отображают разнообразные проявления деятельности всех видов транспорта, а также дают их общую комплексную характеристику. На картах изображаются средства связи. Среди карт строительства принято выделять карты капитального строительства, строительных и монтажных организаций, материально-технической базы и территориальных комплексов строительства. Реже встречаются специальные карты торговли и финансов. Логическим завершением блока экономики являются общеэкономические карты.

**Карты науки, подготовки кадров, обслуживания населения** связаны как с картами народонаселения, так и экономики. Поэтому некоторые виды карт иногда характеризуются в двух предыдущих разделах (карты торговли, связи и т.д.), а иногда их выделяют в качестве самостоятельных групп в пределах карт науки, подготовки кадров и обслуживания населения. Однозначной классификации карт в данном случае нет.

Отдельно выделяются **политические, административные и исторические карты**. Что касается классификации экологических карт, то можно согласиться с тем, что они «...не имеют четких различий по содержанию ни с картами природы, ни с социально-экономическими картами».

Следует отметить особую роль **серий карт и комплексных атласов**, где сведения приводятся в единообразной, систематизированной, взаимно согласованной форме: по проекции, масштабу, степени генерализации, современности, достоверности и другим параметрам. Такие наборы карт особенно удобны для создания тематических баз данных. В последние годы более часто стали создаваться не серии карт, а атласы самой различной тематики. Причем заметим, что упорядочение тематических слоев в них может быть самым разнообразным и определяется целевой установкой атласа. Так, например, следуя логике упорядочения материала для обоснования моделей устойчивого развития территорий предлагается следующая последовательность: духовно-нравственные и исторические основы, социально-демографическая, политическая и экономическая компоненты, природно-ресурсный потенциал и сохранение природы [В. С.Тикунов, 2002].

Рассмотрим подробнее группу тематических карт. Содержание тематических карт многообразно. Для нужд народного хозяйства, научных исследований, учебных целей используют различные тематические карты. Методы создания тематических карт различны: одни карты (главным образом геологические, почвенные, лесные) составляются по материалам полевых съемок (крупномасштабные карты), камеральной обработке и генерализации (обычно мелкомасштабные производные карты), другие карты создаются в результате обработки стационарных наблюдений (гидрологические, климатические карты), данных переписей и материалов текущего учета (карты населения), данных народно-хозяйственной статистики и экономических обследований (экономические карты), по картам смежной тематики и аэроснимкам (карты использования земель и т.д.).

Отдельные виды тематического картографирования (геологическое, почвенное, лесное, сельскохозяйственное) ведутся в государственном масштабе специальными службами.

**Геологическое картографирование.** Геологические карты дают всестороннюю картографическую характеристику геологического строения территории: возраста, петрографического состава, условий залегания горных пород, строения и движения земной коры. Основной вид этих карт - геолого-стратиграфические, на которых показывается строение земной коры у ее поверхности посредством изображения комплексов горных пород, объединенных по возрастному принципу. Для отображения горных пород, образовавшихся в разные геологические периоды, применяется способ качественного фона в принятой для этих карт расцветки. В дополнение к цветовому обозначению, породы различных геологических периодов или их подразделений (эпох) обозначаются буквенными и цифровыми индексами. На этих картах зачастую показывают выходы изверженных (магматических) горных пород. На картах крупного с среднего масштаба для отображения осадочных и метаморфических пород применяется штриховка. Тектонические нарушения (разломы, сбросы, надвиги и т.п.) изображаются линейными знаками. Среди



геологических карт распространенными являются тектонические карты, показывающие деление земной коры на платформы и складчатые зоны разного возраста. Масштабы геологических карт варьируют от 1:50 до 1:5 000 000. Основные государственные карты издаются в масштабах 1:200 000, 1:500 000 и 1:1 000 000.

Рельеф земной поверхности изображают на гипсометрических и геоморфологических картах.

*Гипсометрические карты* отображают рельеф суши с помощью изогипс, отметок высот и послойной окраски высотных ступеней. Основное внимание на этих картах уделяется правильной передаче типов и форм рельефа, его высотных уровней, расчленению рельефа, а также рисунку гидрографической сети, тесно связанной с рельефом. Для большей выразительности изображение рельефа на гипсометрических картах дополняются отмывкой.

*Геоморфологические карты* характеризуют рельеф земной поверхности с точки зрения его внешнего вида (морфологии и морфометрии), происхождения, возраста, истории развития и современных рельефообразующих процессов. На геоморфологических картах часто применяется перспективный способ изображения форм рельефа. Общие геоморфологические карты изображают совокупность основных показателей рельефа, частные - отдельные его размеры (например: густоту, глубину расчленения, оползневые процессы). На палеогеоморфологических картах отображают прошлые этапы развития рельефа.

*Климатические карты* характеризуют многолетний режим погоды какой-либо территории. Они показывают распределение элементов климата за определенный период (месяц, сезон, год): температуры воздуха, осадков, солнечной радиации, ветрового режима, атмосферных явлений и др. На климатических картах по многолетним наблюдениям показывают средние, экстремальные, преобладающие, суммарные значения метеорологических элементов, их амплитуды, повторяемость, сроки наступления, продолжительность и т.п. Распространены карты климатического районирования территории, синоптические карты. Для отображения количественной характеристики метеорологических явлений чаще всего применяется способ изолиний (изотермы, изогигеты, изобары и т.д.). Климатические карты составляются по климатическим справочникам, содержащим результаты метеорологических наблюдений на сети станций и постов. Для прогноза погоды составляются синоптические карты, на которых знаками и цифрами показываются результаты наблюдений на сети метеостанций, а линейными знаками - атмосферные фронты или границы различных воздушных масс.

*Почвенные карты* показывают размещение почв, их генезис, условия почвообразования и физико-химические свойства. Выделяются общие почвенные карты, отображающие генетические типы, подтипы и виды почв и частные почвенные карты, посвященные характеристике отдельных свойств почв (механическому составу, кислотности, засоленности, концентрации и миграции химических элементов и др.). Участки, занятые различными типами, подтипами и видами почв, показывают на карте фоновой окраской того или иного цвета и буквенными индексами; механический состав почв обычно обозначают штриховкой разного вида. Широко распространены прикладные почвенные карты (в первую очередь используемые в сельскохозяйственных предприятиях): агропроизводственных групп почв, почвенно-мелиоративные, почвенно-эрозионные. Почвенные карты используют для бонитировки, кадастрового учета земель, экономической и экологической оценки, проведения агрономических, природоохранных мероприятий и

мелиораций, планирования сельско-хозяйственного освоения земель и решения других хозяйственных задач. Крупномасштабные почвенные карты создаются на основе полевых съемок с использованием дешифрирования аэро- и космических снимков, анализа растительности и ландшафта. Средне- и мелкомасштабные почвенные карты составляются камеральным путем на основе крупномасштабных почвенных карт, материалов дистанционного зондирования, а также данных лабораторных анализов.

*Геоботанические карты* отображают размещение растительного покрова, его типологических подразделений (ассоциаций, групп ассоциаций, формаций), экологического состояния, а также взаимодействия с окружающей средой. Обычно на этих картах используется способ качественного фона. Широко распространены карты растительности более узкого содержания, например лесов, болот, а также карты размещения отдельных видов растений - *флористические*, на которых районы расположения отдельных видов показываются способом ареалов. Выделяются геоботанические карты современной и восстановленной растительности, эколого-геоботанические, ресурсные, карты геоботанического районирования.

*Зоогеографические карты*, отражающие размещение животных, их численность, миграции. Различают общие зоогеографические карты, на которых показывают типы и группы животных (млекопитающие, птицы, рыбы, насекомые и др.), типы биоценозов, фаунистические комплексы. На частных зоогеографических картах отображают ареалы отдельных видов животных, их миграции, обитание особо охраняемых животных и др.. Особую группу составляют синтетические зоогеографические карты районирования, ресурсов животного мира, охраны и воспроизводства животных и др.

*Ландшафтные карты* показывают размещение и структуру природных и антропогенных комплексов. Обычно на картах с небольшим охватом территории (районные карты) показываются ландшафты, местности и урочища; на картах областей - географические подзоны, ландшафтные районы и комплексы урочищ. Ландшафтные карты подразделяются на общие, оценочные и прогнозные. На общих ландшафтных картах отображаются виды и состояния ландшафтов (ландшафтные районы, типы, районы, урочища, фации). Оценочные ландшафтные карты дают оценку и классификацию ландшафта применительно к условиям жизни людей или решения конкретных задач (проведения мелиорации, строительства дорог и др.). Прогнозные ландшафтные карты отображают предполагаемые изменения ландшафтов под воздействием природных или техногенных факторов. Основное содержание ландшафтных карт обычно отображается способом качественного фона. Чаще всего единицы низших рангов обозначаются расцветкой, а единицы высших рангов - штриховкой или одними границами с цифровыми и буквенными индексами.

*Геоэкологические карты* отражают взаимодействие живых организмов (в том числе и людей) со средой, иначе - взаимодействие социально- экономических и природных геосистем. Общие геоэкологические карты дают характеристику экологической ситуации (районирование территории по степени радиационного риска), частные - отображают отдельные явления или факторы (загрязнение почв радионуклидами). Выделяется несколько видов геоэкологических карт: инвентаризационные - характеризуют наличие и состояние экологических объектов и ситуаций; оценочные - отражают степень воздействия экологических явлений или факторов на жизнь организмов; прогнозные - показывают ожидаемые результаты воздействия экологических факторов на организмы или среду; рекомендательные - предлагают мероприятия по предотвращению негативных

экологических ситуаций, проведению мелиораций, охране окружающей среды и здоровья людей. Геоэкологические карты по назначению бывают: научно-справочные, учебно-краеведческие, рекламные, пропагандистские и др..

*Карты охраны окружающей среды* показывают систему мероприятий по сохранению и обеспечению устойчивости природных, природно- техногенных и техногенных объектов и процессов. Они могут характеризовать охрану среды в целом или отдельных ее компонентов: недр, вод, атмосферного воздуха, земель, почв, флоры и фауны, экосистем, природных ресурсов, природных и антропогенных ландшафтов и др. На этих картах изображают заповедные территории (заповедники, заказники и т.п.), охраняемые природные объекты (редкие виды растений и животных), районы намечаемых природоохранных мероприятий (борьба с эрозией, осушение, орошение, озеленение, лесоразведение).

*Рассмотрим основные социально-экономические карты.*

*Карты населения* дают географическую и социально-экономическую характеристику населения, его расселение и взаимодействие с окружающей средой. Среди важнейших карт населения выделяются: карты расселения, численности, плотности и динамики населения, полового и возрастного состава, демографических процессов (рождаемость, смертность, браки, естественный прирост и др.), миграции населения, трудовых ресурсов, профессионального состава, занятости в различных отраслях народного хозяйства, образования населения, культуры, обслуживания населения и др. Отдельно выделяются этнографические карты населения, отображающие национальный, расовый, конфессиональный состав, особенности материальной и духовной культуры, антропологические характеристики населения. Для создания этих карт применяются различные способы: значковый - для показа людности населенных пунктов; точечный - размещения населения по территории, густота расселения; картограмма и способ изолиний с послышной окраской - плотность населения.

*Экономические карты* отображают размещение, структуру, состояние и особенности хозяйства какой-либо страны (области, района и т.п.), его территориальную организацию, историю и тенденции развития, внутренние и внешние хозяйственные связи. Среди экономических карт выделяют карты общеэкономические, которые характеризуют народные хозяйства в целом, и отраслевые (промышленности, строительства, сельского хозяйства, лесного хозяйства, транспорта, торговли, финансов, сферы обслуживания). Каждая из перечисленных групп карт может делиться на более мелкие части. Так, карты промышленности могут быть общепромышленными, отображающими в целом состояние промышленности, и карты основных отраслей промышленности: энергетики, металлургии, машиностроения, легкой, пищевой и т.д. Каждая отрасль может быть показана на картах еще более узких отраслей. Иногда к экономическим картам относят карты трудовых ресурсов, рационального природопользования, производительности труда, историко-экономические. Большое место среди экономических карт принадлежит синтетическим и комплексным картам районирования и оценочным.

*Карты культуры* отображают размещение культурных и просветительных учреждений (театров, кино, музеев, клубных учреждений, библиотек и др.), а также обеспеченность ими населения (например число клубных учреждений на 1000 жителей по районам).

*Карты науки и образования* показывают размещение научно- исследовательских учреждений (институтов, центров, лабораторий и т.п.) или учебных заведений (школ,

техникумов, гимназий, колледжей, институтов, университетов и др.), а также отображают направления научных исследований, обеспеченность населения учебными заведениями (например: число школ на 10 тыс. человек или число преподавателей на 1 000 учащихся), поступление в вузы студентов и т.п.

*Карты здравоохранения* характеризуют размещение медицинских и лечебно-оздоровительных учреждений (больниц, поликлиник, медпунктов, санаториев, профилакториев, домов отдыха и т.п.), а также состояние материально-технической базы здравоохранения и обеспеченность населения медицинским обслуживанием (количество врачей или число больничных мест на 1 000 жителей по районам).

*Карты исторические* отображают исторические события и явления: размещение древних культур и государств, историю классовой борьбы, национально-освободительные и революционные движения, военные события, географические открытия в прошлом и т.д.

*Политические карты* показывают государственную принадлежность территории, политическое устройство государств, их владения, зависимые территории, административное деление, столицы и крупные города, политические и военно-политические блоки, государственные объединения и т.д.

Особое место занимают *морские карты*. Среди них выделяется Генеральная батиметрическая карта океанов масштаба 1:10 000 000 в проекции Меркатора на 24 листах, изданная по инициативе VII Международного географического конгресса 1899 года. Карта обобщила знания о рельефе дна Мирового океана. Собрание навигационно-географических карт с Мирового океана, его отдельных частей (проливов, портов, архипелагов и т.д.) содержится в советских атласах океанов (Тихий океан, 1974; Атлантический и Индийский океаны, 1977; Северный Ледовитый океан, 1980). Имеется большое количество различных морских навигационных карт крупных и средних масштабов, составленных в проекции Меркатора, изображающих навигационно- гидрографические элементы с особой полнотой и подробностью. В зависимости от назначения и масштаба они подразделяются на: планы в масштабах 1:25 000 и крупнее (предназначаются для входа в порты, гавани и др.), частные карты в масштабах от 1:25 000 до 1:75 000 (применяются для прохода судов через проливы и в общем для плавания в непосредственной близости от берега), путевые карты в масштабах от 1:100 000 до 1:500 000 (используются для плавания вдоль побережий) и генеральные карты в масштабах 1:500 000 и меньше (используются для плавания в открытом море). Наиболее важное значение имеют путевые и генеральные карты, которые полностью покрывают отдельные бассейны, тогда как планы и частные карты обычно составляются для отдельных участков побережий. На многих навигационных картах наряду с сеткой параллелей и меридианов дополнительно наносят специальные гиперболические картографические сетки, служащие для определения положения судов радионавигационными средствами, и выделяются объекты, отражаемые на экранах локаторов. Навигационные карты регулярно обновляются с целью приведения их в соответствие с современным состоянием местности.

## **5.2. Комплексное картографирование**

*Комплексное картографирование* - многостороннее отображение на географических картах природных и социально-экономических карт явлений с учетом их взаимосвязи. Оно предназначено для глубокого, разностороннего и взаимосвязанного изучения природных условий и ресурсов, населения, хозяйства. На основе комплексного картографирования можно проводить научные обобщения, делать новые выводы и прогнозы. Для комплексного картографирования используют три основных пути: изготовление серий

различных тематических карт по согласованным программам, что обеспечивает взаимное дополнение карт, возможность их составления и совместного использования (например, государственные геологические карты - стратиграфические, тектонические, геоморфологические, полезных ископаемых, часто дополняемые картами четвертичных отложений, гидрогеологическими, геофизическими и др.); создания комплекса (целостного набора) различных по содержанию, но взаимосвязанных географических карт, дающих в совокупности цельную характеристику территории и (или) групп и явлений (к этой группе картографических произведений относятся комплексные атласы); составление комплексных карт, показывающих совместно несколько взаимосвязанных явлений, каждое в своих показателях (например, экономические карты, включающие характеристику промышленности, сельского хозяйства, транспорта; или синоптические карты, с отображением температуры, давления, влажности и т.д.). Комплексное картографирование по территориальному охвату может проводиться от малых ключевых участков до обзора планеты в целом: по содержанию - от небольшого круга явлений (например, качественной оценки пашни) до широкого и разностороннего картографирования в целом по физической, экономической и социальной географии. Изготовление комплекса взаимосвязанных карт часто является одной из главных задач географических исследований, организуемых для всестороннего изучения территории для решения различных народнохозяйственных задач. Больших успехов комплексное картографирование достигло в разработке и создании географических атласов.

### **5.3. Определение и особенности географических атласов**

Географический атлас - системное собрание географических карт, выполненное по общей программе как целостное произведение. Он состоит из системы карт, органически связанных между собой и друг друга дополняющих, объединенных общим назначением. Атласы представляют собой своеобразную энциклопедию, где отображаются последние достижения науки и народного хозяйства, содержатся научные сведения в компактной, сопоставимой и удобной для использования форме. По атласам проводятся комплексные изучения территории, углубленные научные исследования, составляются планы рационального природопользования, изучается экологическая ситуация и разрабатываются природоохранные мероприятия. В создании географических атласов обычно принимает участие большой коллектив специалистов разных направлений.

Как правило, географический атлас имеет вид книги, где карты размещаются в определенном порядке. Имеются «разборные» атласы, в которых карты, изданные отдельными листами, собраны в общую папку. Листы карт таких атласов удобно использовать в практической работе для взаимного согласования, сравнения, обновления и переиздания. Обычно карты в атласах группируют по региональному признаку, образуя разделы карт мировых, по материкам или частям света, по странам и их регионам. Могут быть выделены разделы по тематическому принципу - разделы природы, населения, хозяйства и т. п. Атлас отличается внутренним единством, определенной полнотой и целостностью содержания, единством математической основы, единообразием оформления карт, что обеспечивает взаимосвязь, взаимодополняемость и сравнимость карт. Для атласов необходимо: взаимное согласование легенды разных карт, шкала и градации и в целом согласование карт разной тематики; единство принципов генерализации и одинаковая подробность изображения содержания;

минимальное число разных картографических проекций, что облегчает сравнение карт; кратность масштабов, что упростит взаимное сопоставление карт; применение единых базовых географических основ; наличие определенного соотношения аналитических, синтетических и комплексных карт; приуроченность всех данных к определенной дате (периоду времени). Многие атласы содержат пояснительные тексты, справочные данные, аэрофотоснимки, таблицы, диаграммы, подробные указатели географических названий.

#### **5.4. Истоки атласной картографии.**

Родоначальником географических атласов является атлас Клавдия Птолемея (II в. н. э.). В то время такого рода картографические произведения называли Птолемеями. В XV в. с изобретением книгопечатания атлас Птолемея многократно переиздавался с дополнениями новых карт.

В средние века получили распространения портоланские атласы, содержащие морские навигационные карты (портоланы) с компасными сетками. Во второй половине XVI в. центром картографии становятся Нидерланды. В 1570 г. в Амстердаме Авраам Ортелиус издал собрание карт под названием «Зрелище шара земного». В 1585 г. выдающийся фламандский картограф Герард Меркатор опубликовал первую часть своего атласа, 1589 г. - вторую. В 1595 г., уже после смерти великого картографа, его сын Ромуальд завершил работу над этим произведением и издал его под названием «Атлас». С этого времени в картографии впервые появилось название «атлас» - по имени мавританского царя Атласа - мудрого философа, математика и астронома, изготовившего впервые небесный глобус. Избранный Меркатором символ вполне соответствовал характеру его произведения: краткость названия, благозвучность и символичность, что вытеснило другие названия этих произведений.

В России карты называли чертежами, а атласы «чертежными книгами». Считается, что «Большой чертеж всему Московскому государству» и был первым российским атласом (1600 г.). К сожалению, к нашему времени чертеж не сохранился, имеется лишь его описание - «Книга Большому чертежу». В 1701 г. тобольский картограф Семен Ремезов составил атлас под названием «Чертежная книга Сибири». В XVIII в. в России были составлены атласы Азовского и Черного, Балтийского, Каспийского морей. Большим достижением российской картографии является Атлас Всероссийской империи Кирилова - географа, картографа, видного государственного деятеля.

#### **5.5. Классификация географических атласов**

Классификация географических атласов строится соответственно классификации географических карт. Атласы отличаются друг от друга по охвату территории, способу использования, тематике, назначению, времени и месту создания и другим признакам.

*По территории*, отображаемой на картах, различают атласы планет, мира, континентов и частей света, океанов, государств, групп государств, отдельных районов государств - областей, провинций, городов и т. д. Отнесение конкретного атласа к определенной группе атласов по территории еще не в полной мере определяет его территориальный охват. Например, Атлас мира может содержать как карты мира, так и карты отдельных государств и их частей, атласы отдельных государств могут включать отдельные карты мира определенного содержания, карты регионального характера и т. д.

*По способу пользования* различают настольные (большие), атласы книжного формата (средние), карманные (малые) и миниатюрные атласы. В настоящее время, наряду с традиционными бумажными, внедряются компьютерные атласы, атласы на компакт-дисках и атласы помещенные в телекоммуникационных сетях (виртуальные атласы).

По тематике (содержанию) выделяют две большие группы атласов - общегеографические и тематические. Нередко общегеографические атласы пополняются небольшим количеством тематических карт, что в целом не изменяет типа атласа (например, Атлас мира. М., 1954, 1967, 1999; Атлас офицера. М., 1947, 1974, 1984).

*Общегеографические атласы* - набор общегеографических карт, которые различаются между собой охватом территории, масштабом и их детальностью. Содержания карт общегеографического атласа однотипно. Для карт атласа применяется единая математическая основа: ограниченное число проекций с определенным характером искажений в зависимости от охвата и размещения изображаемой территории; использование ограниченного числа масштабов, в большинстве случаев кратных по своему значению, проведение меридианов и параллелей через определенное число градусов на всех картах и т. д. Все подчиняется обязательности сравнения, сопоставления и совместного использования карт. При одинаковом назначении карты атласа отличаются от стенных общегеографических карт значительно большим объемом сведений. Отличительной особенностью общегеографических атласов служит единая система условных обозначений для всех карт атласа. В основе размещения карт в атласе лежит размещение от общего к частному (карты мира - карты материков или частей света - карты государств и их частей). Используются единые нормы генерализации (например, изображаются все реки длиной более 1 см в масштабе карты).

*Тематические атласы* наиболее разнообразны по содержанию. Они делятся на следующие группы: физико-географические, социально-экономические, эколого-географические, исторические и атласы общего комплексного содержания.

Физико-географические атласы посвящаются природным явлениям, включают карты геологические, геофизические, климатические, океанологические, гидрографические, почвенные, геоботанические, зоогеографические, медико-географические. Они подразделяются в зависимости от полноты отображения природных явлений на отраслевые, комплексные отраслевые и комплексные. Физико-географические отраслевые атласы характеризуют какой-либо один компонент природы (например, Атлас лесов. М., 1973); физико-географические комплексно-отраслевые атласы посвящаются ряду элементов какого-либо природного явления (например, Климатический атлас СССР. М., 1960 характеризует отдельные метеорологические элементы); физико-географический комплексный атлас отображает природу в целом или ряд взаимосвязанных явлений.

Социально-экономические атласы характеризуют общественно-экономические явления и включают карты населения, промышленности, сельского и лесного хозяйства, культуры, политико-административного деления и др. Они подразделяются на отраслевые, комплексно-отраслевые и комплексные.

Атласы эколого-географические содержат карты факторов воздействия на среду и отдельные ее компоненты, последствий воздействия и загрязнения среды, экологических ситуаций, условий жизни населения, экологической безопасности.

Атласы исторические: древнего мира, средних веков, новейшей истории, военно-исторические.

Общие комплексные атласы дают всестороннюю характеристику территории - природы, населения, экономики, культуры и др. (например, Большой советский атлас мира. М., 1937; комплексные региональные атласы отдельных стран, республик, краев, областей, например, Атлас Республики Татарстан, 2000).

Для карт тематических атласов, как и для общегеографических, характерна единая математическая основа. Однако масштабный ряд карт тематических атласов несколько шире, так как объем отображаемой информации на картах может сильно варьировать, в то время как содержание общегеографических карт идентично, и на выбор их масштаба влияет главным образом величина территории и формат атласа. Главное отличие тематических атласов состоит в том, что они включают большее разнообразие карт как по содержанию, так и по полноте характеристики изображаемых явлений, часто взаимосвязанных между собой. Отсюда вытекает, что путем сравнения карт тематического атласа можно выявить взаимосвязи между явлениями единого природного комплекса, между явлениями социально-экономического характера и, наконец, между природными и социально-экономическими явлениями. Важной отличительной чертой является и то, что каждая карта тематического атласа имеет свою легенду, без которой чтение ее затрудняется или практически невозможно. Условные знаки общегеографических карт имеют унифицированный характер.

Карты и разделы карт в комплексных тематических атласах размещаются в определенной общепринятой последовательности: геологические, карты рельефа, климата, вод, почв, растительности, животного мира, ландшафтов и физико-географического районирования. Затем следуют социально-экономические карты (население, промышленность, сельское и лесное хозяйство, транспорт, образование и наука, культура и др.)

Показателем полноты отображения того или иного раздела является количество страниц и количество карт, характеризующих данную тематику. Карта в атласе может занимать одну или две страницы (на развороте), или даже на одной странице может размещаться несколько карт. Это позволяет на картах более крупного масштаба детально отобразить картографируемое явление (например, почвы или растительность), а для показа отдельных характеристик явлений (например, температуры, поверхностного стока) достаточно карты более мелкого масштаба.

Все комплексные тематические атласы содержат аналитические карты - явление характеризуется одним показателем (например, осадки); комплексные карты, показывающие несколько взаимосвязанных явлений или элементов (например, отображение климата показано на одной карте температур, осадков, ветра и др.), и синтетические карты, где явление характеризуется на основе логического соединения различных показателей (например, климатическое районирование, специализация сельскохозяйственного производства, оценочные карты и т. п.).

Комплексный атлас представляет собой модель географической системы (геосистемы), в котором информация представлена в систематизированном и единообразном виде. Поэтому комплексный атлас можно рассматривать как геоинформационную систему, прообраз современной компьютерной ГИС.

*По назначению* атласы бывают справочные, научно-справочные, учебные, популярные, дорожные, военные, туристские и т. п. Для некоторых атласов назначение входит в его название (например, «Географический атлас для 7 класса»).

Справочные атласы - это преимущественно общегеографические и политико-административные атласы, максимально подробно изображающие общегеографические элементы: рельеф, гидрографию, населенные пункты, дорожную сеть, границы. Обычно они имеют большие указатели географических названий (иногда в виде



отдельной книги). Примером этого типа атласа является двухтомный Атлас мира, вышедший 3-м изданием в 1999г. на русском и английском языках.

Атласы научно-справочные - капитальные, часто многотомные атласы, дающие наиболее полную научно-системную характеристику территории. Эти атласы отображают степень географической изученности Земли и отдельных ее частей. Они предназначены главным образом для научных сотрудников, руководящих работников и т. п.

Учебные атласы предназначены для средней и высшей школы. Содержание их определяется соответствующими учебными программами.

Особую группу составляют популярные атласы, ориентированные на широких круг читателей (школьников, краеведов, туристов, охотников, рыболовов). В этих атласах, помимо карт природы и экономики, значительное место занимают карты туристских маршрутов, достопримечательных мест и памятников и др.

Туристские и дорожные атласы включают карты туристских маршрутов, дорожной сети и ее инфраструктуры. Они предназначены в основном для туристов и автолюбителей.

Выделяется группа военных и военно-исторических атласов, предназначенных для военных специалистов. Они содержат карты по природе и экономике стран мира, по военной географии и истории и др.

## ТЕМА 6. МОДЕЛИ ДАННЫХ ГИС

### *Модели пространственных данных*

Информационную основу ГИС образуют цифровые представления (модели) реальности. С появлением компьютера все множество данных разделилось на два типа: цифровые и аналоговые данные. Последними стали именовать данные на традиционных «бумажных» носителях, используя этот термин как антоним цифровым данным. В отличие от аналоговой, цифровая форма представления, хранения и передачи данных реализуется в виде цифровых кодов или цифровых сигналов.

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.

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*. Некоторое множество цифровых данных о пространственных объектах образует *пространственные данные*. Они состоят из двух взаимосвязанных частей: позиционной (тополого-геометрической) и непозиционной (атрибутивной) составляющих, которые образуют описание пространственного положения и тематического содержания данных соответственно.

Пространственные объекты как абстрактные представления реальных объектов и предмет информационного моделирования (цифрового описания) в ГИС разнообразны и традиционно классифицируются сообразно характеру пространственной локализации отображаемых ими объектов реальности, мерности пространства, которое они образуют, модели данных, используемой для их описания, и по другим основаниям. В рамках объектно-ориентированных моделей данные могут конструироваться в новые классы объектов, отличные от базовых или созданных ранее. Базовыми (элементарными) типами

пространственных объектов, которыми оперируют современные ГИС, обычно считаются (в скобках приведены их синонимы) следующие:

- *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 замкнутой последовательностью линий (*дуг в векторных топологических моделях (данных)* или *сегментов в модели «спагетти»*) и идентифицируемая внутренней точкой (*меткой*);
- *пиксел* (пиксель) — 2-мерный объект, элемент цифрового изображения, наименьшая из его составляющих, получаемая в результате дискретизации изображения (разбиения на далее неделимые элементы *растра*); элемент дискретизации координатной плоскости в *растровой модели (данных)* ГИС;
- *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*;
- *тело* — 3-мерный (объемный) объект, описываемый тройкой (триплетом) координат, включающей аппликацию *Z*, и ограниченный *поверхностями*.

Общее цифровое описание пространственного объекта включает:

- наименование;
- указание местоположения (местонахождения, локализации);
- набор свойств;
- отношения с иными объектами;
- пространственное «поведение».

Два последних элемента описания пространственного объекта факультативны.

Наименованием объекта служит его географическое наименование (имя собственное, если оно есть), его условный код и/или *идентификатор*, присваиваемый пользователем или назначаемый системой.

В зависимости от типа объекта его местоположение определяется парой (триплетом) координат (для точечного объекта) или набором координат, организованным определенным образом в рамках некоторой модели данных. Это геометрическая часть описания данных, *геометрия* (метрика) рассматриваемых пространственных объектов, отличная от их семантики (непозиционных свойств).

Перечень свойств соответствует *атрибутам* объекта, качественным и количественным его характеристикам, которые приписываются ему в цифровом виде пользователем, могут быть получены в ходе обработки данных или генерируются системой автоматически (к последнему типу атрибутов принадлежат, например, значения площадей и периметров полигональных объектов). Существует расширенное толкование понятия атрибута объекта; последнему могут быть поставлены в соответствие любые типы данных: текст, цифровое изображение, видео- или аудиозапись, графика (включая карту), что, по существу, реализуется на практике в мультимедийных *электронных атласах*. Под

атрибутами понимаются именно содержательные, тематические (непозиционные, непрос-  
транственные) свойства объектов.

Под отношениями понимают прежде всего топологические свойства (*топологию*). К топологическим свойствам пространственного объекта принято относить его размерность (мерность, пространственную размерность), сообразно которой выше были выделены 0, 1, 2 и 3-мерные объекты; замкнутость, если речь идет о линейных объектах в широком смысле слова; связность; простота (отсутствие самопересечения линейных объектов и «островов» в полигоне); нахождение на границе, внутри или вне полигона; признак точечного объекта, указывающий, является ли он конечным для некоторой линии. Примерами топологических отношений объектов являются их свойства «пересекаться» (или «не пересекаться»), «касаться», «быть внутри», «содержать», «совпадать».

Топология вместе с геометрией образует тополого-геометрическую часть описания данных, его позиционную часть.

Таким образом, в самом общем виде в пространственных данных следует различать и выделять три составные части: топологическую, геометрическую и атрибутивную — «геометрию», «топологию» и «атрибутику» цифровой модели пространственного объекта.

На концептуальном уровне все множество моделей пространственных данных можно разделить на три типа:

- модели дискретных объектов,
- модели непрерывных полей
- модели сетей.

Типами (классами) моделей именуют также модели, различающиеся по своему внутреннему устройству. В литературе существует множество классификаций моделей и наименований конкретных моделей. В практике геоинформатики уже достаточно давно определился набор базовых моделей (представлений) пространственных данных, используемых для описания объектов размерности не более двух (планиметрических объектов):

- растровая модель;
- регулярно-ячеистая (матричная) модель;
- квадратоминая модель (квадродерево, дерево квадратов, квадрантное дерево, Q-дерево, 4-дерево);
- векторная модель:

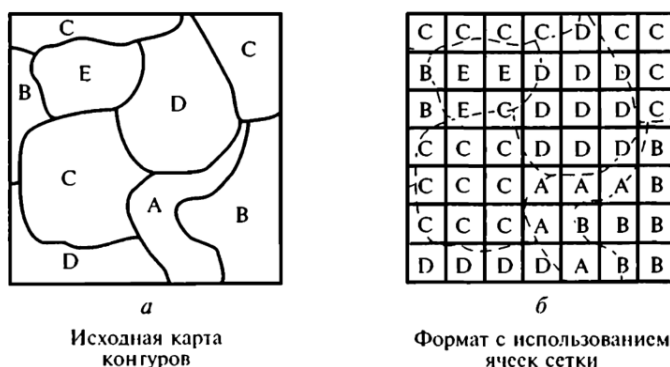
векторная топологическая (линейно-узловая) модель;

векторная нетопологическая модель (модель «спагетти»).

Рассмотрим перечисленные модели более подробно.

**6.1. Растровая модель данных.** Модель данных, именуемая растровой взамен устаревшего наименования матричной модели данных, имеет аналогии в компьютерной графике, где *растр* — прямоугольная решетка — разбивает изображение на составные однородные (гомогенные) далее неделимые части, называемые *пикселями* (от английского pixel, сокращение от «picture element» — элемент изображения), каждому из которых поставлен в соответствие некоторый код, обычно идентифицирующий цвет в той или иной системе цветов (цветовой модели). Из множества значений логических пикселей складывается цифровое изображение. Растровая модель данных в ГИС предполагает разбиение пространства (координатной плоскости) с вмещающими ее пространственными объектами на аналогичные пикселям дискретные элементы, упорядоченные в виде прямоугольной матрицы. Для цифрового описания (позиционирования) точечного объекта

при этом будет достаточно указать его принадлежность к тому или иному элементу дискретизации, учитывая, что его положение однозначно определено номерами столбца и строки матрицы (при необходимости координаты пиксела, либо его центроида или любого угла могут быть вычислены). Пикселу присваивается цифровое значение, определяющее имя или семантику (атрибут) объекта. Аналогичным образом описываются линейные и полигональные объекты: каждый элемент матрицы получает значение, соответствующее принадлежности или непринадлежности к нему того или иного объекта (рис. Ниже).



Растровая модель данных. Исходные полигональные объекты (а) с атрибутами (классами) А, В, С, D и Е и матрица размером 7 × 7 растровой модели (б), каждому элементу которой присвоено значение атрибута объекта

Представление исходных полигональных объектов на рисунке в виде растра может показаться весьма грубым приближением их истинной формы. Однако, выбрав подходящий размер пиксела растровой модели, можно добиться пространственного разрешения (точности представления объектов), удовлетворяющего целям их цифрового описания и последующей обработки, если этому не препятствуют соображения экономии машинной памяти: двукратное увеличение разрешения ведет к четырехкратному росту объемов хранимых данных и т.д. Полученная матрица образует растровый *слой* с однотипными объектами; множество разнотипных объектов образует набор слоев, составляющих полное цифровое описание моделируемой предметной области. С каждым семантическим значением или кодом пиксела, кроме того, может быть связан неограниченный по длине набор (таблица) атрибутов, каждый из которых можно развернуть в производный слой, соответствующий размеру исходной матрицы. Таким образом, становится не столь обязательным разделение данных на позиционную и семантическую составляющие, отпадает необходимость в особых средствах хранения и манипулирования метрикой и семантикой пространственных данных, как это принято в векторных системах, существенно упрощаются аналитические операции, многие из которых (включая обработку запросов с логическими условиями) сводятся к попиксельным операциям с набором растровых слоев, которые могут быть легко «распараллелены».

В ГИС растрового типа (с возможностями поддержки растровой модели данных) достаточно просто могут быть реализованы функции их обработки, включая пространственный анализ. Зачастую они содержат также аппарат, получивший название «*картографической алгебры*», аналогичный по языковым средствам матричным операциям в некоторых языках программирования. Поддержка растровой модели данных — хорошая предпосылка (и условие) интеграции программных продуктов ГИС со средствами цифровой обработки данных дистанционного зондирования и обработки изображений в целом.

**6.2.Регулярно-ячеистая модель данных.** Описанная выше растровая модель данных пригодна для цифрового представления не только пространственных объектов в ГИС, но и изображений. Примерами могут служить цифровые фотоизображения, снятые непосредственно цифровой фотокамерой или полученные путем цифрования аналоговых негативов или фотоотпечатков на *сканере* хорошего разрешения и далее превращенные (возвращенные) в графику на страницах иллюстрированных журналов или в семейном фотоальбоме. Данные дистанционного зондирования Земли — аэроснимки и космические снимки, получаемые с борта космических платформ и других летательных аппаратов и представляющие собой, как отмечалось ранее, один из основных источников данных для ГИС, в настоящее время в существенной своей части по форме тоже цифровые, образуют класс растровых цифровых изображений, обрабатываемых программными средствами цифровой обработки изображений. Растровой цифровой копией можно назвать оцифрованную на том же сканере бумажную карту, используемую в качестве графической подложки (растровой *цифровой карты-основы*) в малозатратных геоинформационных проектах.

Во всех перечисленных выше случаях речь идет о цифровых растровых изображениях, образованных множеством его элементов — пикселей, каждому из которых ставится в соответствие значение (код) цвета или спектрального коэффициента яркости объекта съемки. На эти далее неделимые элементы раstra «разбивается» и координатная плоскость с пространственными объектами в их растровом представлении. Если атомарной единицей данных при их описании служит элемент «разбиения» территории — регулярная пространственная *ячейка* (территориальная ячейка) правильной геометрической формы — речь идет о другой, отличной от растровой, хотя и формально с нею схожей, *регулярно-ячеистой модели данных*. Формальное сходство абсолютно в случае квадратной (прямоугольной) формы ячеек, хотя известны примеры *регулярных* (или квазирегулярных) *сетей* (решеток) с ячейками правильной треугольной, гексагональной или трапециевидной формы, равновеликих или квазиравновеликих. При этом сеть может строиться (разумеется мысленно) на плоскости в условных прямоугольных координатах некоторой картографической проекции или на поверхности шара или эллипсоида; в последнем случае регулярными ячейками обычно являются сферические трапеции фиксированного или переменного углового размера. По ряду технологических и технических причин ГИС первых поколений (60—70-е годы XX в.) использовали регулярно-ячеистую модель данных.

Заметим в заключение, что зачастую в понятии растровой модели данных объединяются как собственно растровые, так и регулярно-ячеистые модели данных, а разница между пикселем (элементом изображения) и регулярной ячейкой (территориальным элементом), четко различаемых, как упоминалось выше, стандартом SDTS, игнорируется.

Ранние реализации ГИС (конца 60-х — начала 70-х годов XX в.) ориентировались преимущественно на растровые и регулярно-ячеистые модели данных, что объясняется техническими и технологическими причинами: неразработанностью и непопулярностью векторных моделей в условиях отсутствия или недоступности средств векторного цифрования картографических источников и средств компьютерной графики, используемых в то время в основном в экспериментах по автоматизированному картографированию.

**6.3. Квадротомическая модель данных.** Обычно описание этой своеобразной модели начинают с того, что главный мотив ее использования и поддержки программными средствами ГИС — компактность по сравнению с растровой моделью, расточительной по объемам машинной памяти, требуемой для хранения растровых данных. Рассматривая растровые данные, мы упоминали о возможностях их значительного сжатия. Не меньшей эффективностью при сохранении быстрого доступа к элементам описания пространственных объектов обладает *квадротомическая модель данных*, основанная на подходе, известном как *квадротомическое дерево* (квадро-дерево). В его основе лежит разбиение территории или изображения на вложенные друг в друга пиксели или регулярные ячейки с образованием иерархической древовидной структуры — декомпозиции пространства на квадратные участки (квадраты, квадратные блоки, квадранты), каждый из которых делится рекурсивно на четыре вложенных до достижения некоторого уровня пространственного разрешения.

Линейная квадротомическая модель данных практически реализована в немногих из известных программных средств ГИС. Ее не следует путать с так называемыми пирамидальными моделями, также рекурсивно организуемыми и используемыми при обработке цифровых изображений, включая данные дистанционного зондирования. В отличие от квадродерева, они представляют собой набор растровых слоев изображений с механически двукратно уменьшаемым разрешением, а потому более компактных, искусственно «загрубленных» в целях их быстрого воспроизведения.

Известны трехмерные расширения линейной квадротомической модели — это так называемая октотомическая модель (модель октарного дерева) как результат рекурсивного деления трехмерного пространства на восемь октантов, используемая для цифрового описания тел.

Предлагалась также модель трихотомического дерева с аналогичным квадротомическому делению треугольных элементов.

**6.4. Векторные модели данных.** Обобщенный класс векторных моделей включает два их типа: векторные топологические и векторные нетопологические модели. Они используются для цифрового представления точечных, линейных и площадных (полигональных) объектов, имея аналогии в картографии, где различаются объекты с точечным, линейным и площадным характером пространственной локализации, что определяет выбор графических средств их картографического отображения, и исторически связаны с технологиями цифрования карт, планов и другой графической документации с помощью устройств ввода векторного типа — *дигитайзеров* (цифрователей) с ручным обводом, генерирующих поток пар плановых координат (*векторов*) вслед за движением курсора (обводной головки) по планшету дигитайзера при отслеживании и записи графических объектов помещенного на него оригинала.

Множество точечных объектов, образующее слой однородных данных (например множество объектов, соответствующих населенным пунктам), может быть представлено в векторном формате в виде неупорядоченной (необязательно упорядоченной) последовательности записей (строк таблицы), каждая из которых содержит три числа: уникальный идентификационный номер объекта (*идентификатор*), значение координаты  $X$  и значение координаты  $Y$  в системе условных плановых прямоугольных декартовых координат.

Линейный объект (в общем случае кривая) или граница полигонального объекта могут быть представлены в виде последовательности образующих их точек

(промежуточных точек), т.е набором линейных отрезков прямых (*сегментов*), образующих полилинию.

**6.4.1. Векторная топологическая модель** обязана своим происхождением задаче описания полигональных объектов. Ее называют еще линейно-узловой моделью. С ней связаны и особые термины, отражающие ее структуру; главные ее элементы (примитивы):

- промежуточная точка;
- *сегмент* (линейный сегмент, отрезок (прямой));
- узел;
- дуга;
- *полигон* (область, полигональный объект, многоугольник, контур, контурный объект), в том числе:

- простой полигон;
- внутренний полигон («остров», анклав);
- составной полигон;
- универсальный полигон (внешняя область).

Описание полигона в векторной топологической модели — это множество трех элементов: *узлов*, *дуг* и собственно *полигонов*. Между этими объектами устанавливаются некоторые топологические отношения, необходимым элементом которых должна быть связь дуг и узлов, полигонов и дуг. Последним приписываются указатели разграничиваемых ею правого и левого полигонов, конвенциализируя направление обхода контуров.

Программные средства ГИС обычно поддерживают одну, редко две модели пространственных данных. Поддержка тех или иных моделей данных — один из главных критериев выбора программного средства ГИС, адекватного моделируемой ею предметной области, требованиям пользователя и существу решаемых задач.

Многомодельность программного средства, необходимость обмена данными между системами, другие мотивы побуждают к разработке алгоритмов и средств преобразования данных из одной модели в другую. Некоторые из этих преобразований просты и могут быть выполнены автоматически, например векторно-растровое преобразование (растеризация). Обратный процесс — векторизация растровых данных (растрово-векторное преобразование), широко используемая при цифровании графических материалов, намного сложнее. Он обслуживается или входит в состав специализированных программных средств типа векторизаторов.

Межмодельные преобразования — часть более общей проблемы преобразования (конвертирования, конвертации) форматов пространственных данных — конкретных реализаций их моделей в программных средствах ГИС. На практике проблема еще шире: часть форматов, поддерживаемых конвертерами программных средств ГИС, не является собственно «геоинформационными», обслуживая связь с внешними графическими средами типа векторных систем автоматизированного проектирования (формат DXF программного средства типа САПР AutoCAD) или растровых графических редакторов (PCX, GIF, JPEG, TIFF и др.) и систем представления и обработки цифровых изображений, в том числе записи, обмена и передачи данных дистанционного зондирования (BIL, BIB, VIP, BSQ).

Общая проблема межформатной совместимости программных средств ГИС имеет эффективное решение в виде стандартов обмена пространственными данными.

## ТЕМА 7. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ В ГИС

Визуализация осуществляется двумя основными способами: в электронном виде на экране монитора и на бумаге, пластике или ином материале с помощью принтеров, плоттеров и других устройств вывода.

Вывод изображения на видеоэкран основывается на растровой дискретизации. В качестве базового дискретного элемента принимается пиксел, который обеспечивает отображение на экране определенного диапазона цветов. Их количество зависит от возможностей технического устройства.

Число пикселей (точек) на экране называется разрешающей способностью монитора. Стандартные режимы: 640 x 480, 800 x 600, 1024 x 768, 1600 x 1200 и др. Монитор может работать в нескольких видеорежимах. Чем больше разрешение, тем лучше качество изображения.

Графический вывод пространственных данных или цифровых карт на экране дисплея в ГИС производится в отдельном рабочем окне (окно Вид (View) в ГИС ArcView, окно Карта (Map) в ГИС MapInfo и т. д.), которое создается внутри главного окна приложения. В режиме рабочих окон в ГИС обычно доступны все стандартные функции операционной системы Windows.

В БД ГИС пространственные данные чаще всего заданы в географических или плоских прямоугольных координатах какой-либо проекции. Программные средства, соотносясь с размерами рабочего окна, пересчитывают заданные координаты в экранные. В отдельной строке в рабочем окне отображается информация о текущем масштабе картографического изображения и координатах указателя в установленных единицах измерения. Доступными часто являются сведения об экстенде — размере исходного изображения (например, в километрах). Программное обеспечение ГИС позволяет содержимое окна передвигать и масштабировать: увеличивать, уменьшать, показывать отдельные или все слои полностью. Пользователь может ввести необходимый численный масштаб карты с помощью клавиатуры.

Любая пространственная БД состоит из цифровых представлений дискретных объектов (точек, линий, полигонов или ячеек раstra). При помощи средств компьютерной графики и показа объектов некоторым знаком (символом, линейным или площадным знаком, цветом ячейки) на экране можно создать их картографическое изображение в установленной проекции. Посредством различных знаков на основе одной и той же информации несложно построить разные варианты карт.

Картографическое изображение, визуализированное на экране дисплея на основе данных цифровых карт и БД ГИС с использованием программных средств, называется электронной картой. Табличная информация может быть представлена на экране в специальном окне в соответствующей ей форме (окно Таблица (Table) в ГИС ArcView, окно Список (Brower) в ГИС MapInfo и т. д.) или наглядно в виде различных графиков и диаграмм. Программные средства большинства ГИС включают традиционные способы компьютерного построения и редактирования диаграмм в специально созданном окне (окно Chart (диаграмма) в ГИС ArcView, окно График (Graph) в ГИС MapInfo и т. д.). Представление данных в виде графиков и диаграмм осуществляется в целях отображения или выявления структуры, динамики и взаимосвязей характеристик явлений.



Данные БД ГИС в зависимости от их характера можно также отображать на экране в виде текстовой информации, рисунков, трехмерных изображений, анаморфоз, анимаций, виртуально-реальностных изображений и т. п.

Содержимое различных окон в ГИС часто можно вывести на печатающее устройство, в том числе получить копию созданного электронного картографического изображения. Такую карту, созданную на компьютере и представленную на бумаге или ином материале, принято называть компьютерной.

Программные средства большинства векторных ГИС позволяют подготовить макет карты для печати в специальном окне Компонировка, Отчет (Layout). Размещение элементов карты в пределах заданного листа осуществляется в отдельных программно-управляемых прямоугольных рамках (Frames), содержимое которых соответствует изображению в одном каком-либо рабочем окне ГИС. Это может быть или картографическое изображение, или легенда, или диаграмма, или таблица. Изменения, выполненные в рабочем окне, одновременно производятся и в связанной с ним рамке на макете листа печати. Расположение и размеры рамок на макете листа можно модифицировать.

Следует отметить, что рамка с картографическим изображением, как правило, обладает ценным свойством, позволяющим изменять масштаб карты непосредственно на макете листа.

Программное обеспечение ряда ГИС позволяет автоматически выводить линейный масштаб и стрелку, указывающую направление на север. Название карты, численный масштаб и другая текстовая информация вводятся с клавиатуры. Непосредственно на листе можно создать новые графические объекты, пользуясь встроенными инструментами рисования, или использовать уже готовые цифровые данные, например изображения в растровом формате. При редактировании компоновки часто можно выполнять выравнивание рамок и объектов, привязку их к вспомогательной сетке и другие операции.

При автоматическом выводе компоновка карты может иметь «машинную», схематичную технику исполнения. В этом случае оказывается полезной функция (имеющаяся, например, в ГИС Arc View), позволяющая разделить единые графические блоки (содержимое рамок), например легенду, на отдельные объекты, которые затем можно редактировать по отдельности.

## **ТЕМА 8. СОЗДАНИЕ СЛОЕВ ГИС**

Планы и карты в большинстве случаев создают двумя методами: по результатам наземных геодезических съемок и с использованием материалов дистанционного зондирования местности. К таким материалам относят полутоновые как цветные, так и черно-белые космические или аэрофотоснимки, полученные с помощью различных аэрофотосъемочных систем, устанавливаемых на борту искусственных спутников Земли, космических станций, самолетов, вертолетов, дельтапланов и пр.

Комплекс работ по созданию земельно-ресурсных (в том числе и земельно-кадастровых) карт осуществляют по определенной технологической схеме, обобщенная блок-схема которой показана на рисунке 4.4. Основные крупные блоки:

фотограмметрическая подсистема, при помощи которой осуществляются ввод и преобразование полутоновых цветных или черно-белых снимков, обработка или выдача

конечной продукции в виде ортофотопланов (полутонные изображения участка местности в ортогональной проекции) или штриховых кадастровых планов;

подсистема цифрования ортофотопланов и карт, при помощи которой преобразуются в цифровой вид имеющиеся планы и карты;

подсистема цифровой обработки, хранения и отображения картографической информации, которая служит для создания цифровой модели местности (ЦММ) путем преобразования растровых изображений в векторную форму, формирования тематических слоев, создания специальных хранилищ информации (баз данных) и электронных карт, выдачи готовой продукции в виде цветных земельно-кадастровых и других тематических карт.

Центральным ядром технологической схемы является подсистема цифровой обработки, хранения и отображения графической информации.

Цифровая карта - это цифровое выражение векторного или растрового представления общегеографической или тематической карты, записанное в определенном формате, обеспечивающем ее хранение, редактирование и воспроизведение.

Электронная карта (англ. electronic map) - это картографическое изображение, визуализированное на дисплее (мониторе) компьютера на основе данных цифровых карт или баз данных ГИС, или картографическое произведение в электронной (безбумажной) форме, представляющее собой цифровые данные вместе с программными средствами их визуализации.

Полная цифровая модель объекта цифровой карты, отображающая в определенной системе координат пространственное положение и геометрическое описание объектов карты, включает: геометрическую (метрическую) информацию; атрибуты-признаки, связанные с объектом и характеризующие его; неметрические (топологические) характеристики, которые объясняют связи между объектами (ориентация одного объекта по отношению к другому, наличие общей границы и точек, сложность контуров, наложение одного объекта на другой).

Информация об объекте, содержащаяся в базе данных ГИС, должна состоять из обязательных и необязательных компонентов (табл. 8.1)

#### 8.1. Компоненты информации об объекте

Обязательные	Необязательные				
Информация идентификации	Информация интерпретации	Информация положения	Характеристика объекта	Информация о пространственно-логических связях объектов	Графическая информация
Позволяет выделить данный конкретный объект из множества	Позволяет однозначно интерпретировать (трактовать) сущность	Информация, содержащая описание положения	Сущность и значение свойств объекта. Могут быть качественными	Характерные отношения между объектами, определяющие их взаимное пространственное	Правила графического отображения объекта и его характеристики на

прочих объектов	объекта	я объекта, его формы, размеры	ми и количественными	положение	картографическом изображении
Уникальный идентификатор (номер или имя)	Код объекта по классификатору	Метрическая информация. Синтаксис	Семантическая информация (атрибуты). Код и значение характеристики	Топологические отношения. Логические связи	Цвет. Стиль линий. Условные знаки. Шрифты

Не обязательно хранить все атрибутивные данные слоя в одной таблице - информацию из разных источников можно держать в разных таблицах и связывать их логически в одну большую таблицу. Для этого можно использовать одинаковое во всех таблицах и в то же время уникальное в пределах отдельно взятой таблицы поле (номер объекта или его идентификатор), т. е. каждая таблица должна иметь так называемый первичный ключ (индекс) - поле или набор полей, содержимое которых однозначно определяет запись в таблице и отличает ее от других. Связь между таблицами обычно образуется при добавлении в первую таблицу поля, содержащего значения индекса второй таблицы. Благодаря этому становится возможным объединять какие угодно большие объемы данных и при помощи специальных программных средств осуществлять отбор записей, производить группировки, объединения и сортировки, а также поиск в базе данных по запросу пользователя, что не только актуально, но и создает большие удобства пользователю, поскольку не требует перестройки всей БД, достаточно лишь обновить только одну из исходных таблиц.

Логическая связь будет действовать следующим образом: при выделении атрибутивной информации объекта в одной таблице, что отобразится во всех других. Таким методом можно связать несколько таблиц не только логически, но и физически "сшить" их в одну большую.

Чтобы система могла свободно оперировать с огромным числом таким образом организованной пространственной информации, ее наборы необходимо определенным образом соотнести с элементами изображения карты. Для этого в большинстве случаев используют метод квантования информации - разделение ее на ряд уровней (слоев). В цифровой картографии данный подход получил название послойного принципа (первый принцип) организации элементов изображения.

Второй принцип организации элементов изображения - объектно-ориентированный, когда объекты группируют в соответствии с логическими связями между ними, с построением различных иерархий и зависимостей.

В наиболее общем виде ГИС-технология создания цифровых карт следующая.

1. Подготовка исходных материалов и ввод данных со следующих источников информации:

- с накопителей электронных тахеометров;
- приемников GPS;

систем обработки изображений;

на основе дигитализации (цифрования) материалов обследований, авторских или составительских оригиналов, а также имеющихся планово-картографических материалов;

на основе сканирования исходных материалов и трансформирования полученного растрового изображения.

2. Формирование и редактирование слоев создаваемой карты и таблиц к ним, а также формирование базы данных.

3. Ввод табличных и текстовых данных с характеристиками объектов (атрибутов).

4. Разработка знаковой системы (легенды карты).

5. Совмещение слоев, формирование картографического изображения тематической карты и его редактирование.

6. Компонировка карты и формирование макета печати.

7. Вывод карты на печать.

В картографии насчитывается 11 способов изображения тематического содержания: значковый; линейных знаков; качественного фонда; количественного фонда; изолиний; локализованных диаграмм; знаков движения; ареалов; точечный; картограммы; картодиаграммы.

Такое разнообразие способов вызвано тем, что различные объекты и явления могут изменяться во времени и пространстве, иметь разный характер распространения, а именно - сплошной повсеместный (воздушные массы, почвы), ограниченный по площади (месторождения полезных ископаемых), рассредоточенный (посевы сельскохозяйственных культур), локализованный по пунктам (промышленные предприятия), линейный или полосной (транспортные пути). Для их отображения на тематических картах используют следующие способы изображения объектов и явлений.

Способ значков применяют для изображения объектов, локализованных в пунктах и не выражающихся в масштабе карты (населенные пункты, промышленные предприятия и т. п.). Различают три вида значков: геометрические (простые и структурные), буквенные и наглядные, которые показывают месторасположение объекта, его качественные и количественные характеристики посредством формы, внутреннего рисунка, цвета и размера. Размеры значков не соответствуют площади, занимаемой объектами, они позволяют только определить месторасположение, свойства, динамику объекта.

Способ линейных знаков применяют для изображения на картах различных линейных объектов, ширина которых не выражается в масштабе карты. К таким объектам относятся границы, реки, дороги и др. Для передачи качественных и количественных характеристик объектов используют рисунок, цвет, структуру линейных знаков.

Способ качественного фона (рис. 4.7) применяют на картах для подразделения территории на однородные в качественном отношении участки, выделяемые по тем или иным природным, экономическим или политико-административным признакам.

Его используют для характеристики явлений, сплошных на земной поверхности (климат, растительность), занимающих на ней значительные площади (почвенный покров) или имеющих массовое распространение (население). Площади раскрашивают разными цветами или различными видами штриховки. Этот способ применяют как основной для оформления почвенных, геоботанических, геологических и других карт.

Способ количественного фона применяют на картах для подразделения территории по одному или нескольким количественным показателям. При этом изображенную на карте

территорию разделяют на отдельные участки в соответствии со значениями показателя. Для каждого участка указывают количественную характеристику показателя согласно установленной ступенчатой шкале. Так же, как и для способа качественного фона, на карте используют окраску (или штриховку) участков территории различными цветовыми тонами. В отличие от способа качественного фона окраску выполняют разными по насыщенности тонами одной цветовой гаммы. С увеличением количественного значения показателя увеличивается насыщенность тона.

Способ количественного фона применяют, например, на агрохимических картах (содержание в почвах подвижного фосфора, обменного калия).

Способ изолиний применяют для изображения на картах явлений, имеющих сплошное, непрерывное и при этом более или менее плавное распределение на значительной территории. Изолинии - это линии равных значений какого-либо количественного показателя (изогипсы, изотермы, изобаты и т. п.). Это очень удобный, гибкий и высокоинформативный способ изображения. Он позволяет передать не только количественные характеристики явлений, но и их динамику, перемещение, связь одних

явлений с другими. Изолинии применяют для реальных непрерывных (рельеф суши и морского дна, температура, количество осадков) и условно-непрерывных (плотность населения, густота овражно-балочной сети) явлений. В этом случае их называют псевдоизолиниями, т. е. изолиниями условно-абстрактных расчетных показателей.

Способ локализованных диаграмм (рис. 4.9) - способ изображения, при котором диаграммы привязаны к определенным пунктам. Но при этом характеризуют не только эти пункты, но и прилегающую к ним территорию.

Например, локализованные диаграммы, показывающие динамику метеорологических явлений. Они относятся к пунктам расположения метеостанций и дают представление о климате данного района.

Способ знаков на картах пространственных перемещений (морских течений, перевозок). Этим способом можно изображать различные объекты, например точечные (движение отдельного корабля), линейные (перемещение атмосферных фронтов), площадные (перемещение ледников), а также направления, количество, скорость перемещения, структуру перевозимого груза и другие данные. Для отображения применяют стрелки (векторы) и полосы (эпюры) разного цвета, рисунка, ширины.

Способ ареалов применяют в тех случаях, когда необходимо обозначить район, в пределах которого распространены те или иные однородные объекты (полезные ископаемые, сельскохозяйственные культуры, животные и т. д.). Для передачи ареала на карте используют различные приемы: ограничение ареалов сплошной или пунктирной линией, окраску ареала, штриховку, надписи в пределах ареала, отдельный рисунок или иные графические приемы для указания пределов распространения явления.

Точечный способ - способ изображения на картах явлений рассеянного распространения, неравномерно размещенных на обширных площадях. Для реализации этого способа на карте используют большое число точек. Каждая из них имеет определенный "вес". Например, одна точка соответствует 500 га посевов пшеницы или 1000 голов крупного рогатого скота. С применением точечных обозначений разного размера или цвета на карте достаточно подробно в качественном и количественном аспектах отображают разные явления, их структуру и размещение на территории.

Способ картограммы применяют для отображения относительных показателей по ячейкам территориального, чаще всего административного деления. Относительными

показателями могут быть: густота (поселений, речной сети), плотность (населения), доля (земель, посевных площадей) в общей площади района или сельскохозяйственного предприятия.

Показатели изображают на карте окраской или штриховкой в пределах административно-территориальных единиц. С увеличением значения показателя увеличивается насыщенность цветового тона.

Способ картодиаграмм применяют для изображения абсолютных показателей в пределах административно-территориальных единиц. Такими показателями могут быть число жителей по районам, сельскохозяйственным предприятиям или площади под сельскохозяйственными угодьями, культурами и т. д. Для графического оформления на карте используют диаграммные знаки в виде окружностей, квадратов или других геометрических фигур, размеры которых зависят от значения показателя.

Картодиаграммы могут быть линейными (столбчатыми), когда длина столбца пропорциональна значению показателя; площадными, когда площади пропорциональны сравниваемым величинам, и объемными. Среди вышеперечисленных различают структурные картодиаграммы, изображающие составные части показателя, а также совмещенные.

Наиболее важным является этап формирования тематических слоев, разработку которых рассмотрим на примере популярной геоинформационной системы MapInfo.

Особенность ГИС MapInfo - ее универсальность, так как система позволяет:

просматривать и обрабатывать графические изображения;

осуществлять поиск по запросу и редактирование карт;

производить построения картографических символов, диаграмм, работать с базами данных;

производить подготовку к печати и печать карт.

Система имеет три возможных типа окна для просмотра данных: текстовое, картографическое и графическое. На экране монитора одновременно могут присутствовать окна различного типа. Например, пользователь может наблюдать картографическое окно, показывающее изображение улиц города, и одновременно просматривать табличные данные, относящиеся к ним, в текстовом окне. Окно, имеющееся на экране, является активным. Если окон больше одного, то они объявляются связанными, так называемыми "горячими окнами". Это означает, что графический объект, соответствующая табличная запись которого выбрана в текстовом окне, будет показан в картографическом, и наоборот.

Текстовое окно имеет вид таблицы, подобной электронной, со строками и столбцами. Каждая строка представляет собой запись, и каждая колонка определяет поле записи. Система позволяет добавлять, редактировать и уничтожать записи. Пользователь может отбирать нужные столбцы для просмотра в окне и менять их размер. Картографическое окно при показе использует послойное изображение, как это принято во многих других ГИС.

Характеристики каждого слоя могут быть показаны выборочно, отредактированы, показаны в порядке, устраивающем пользователя. Внешне картографическое окно оформляется так же, как и текстовое, оно снабжено возможностями горизонтальной и вертикальной прокрутки для показа соседних областей.

Графическое окно используется для работы с объектами типа точка, линия, полигон и т.п.

MapInfo имеет развитые средства генерации отчетов, построения графиков и диаграмм, составления статистических карт. Система позволяет создавать иллюстративные тематические карты, имеет библиотеку условных знаков, шрифтов и заливок, допускает использование шкал для отображения качественных и количественных зависимостей, описанных в полях базы данных (значение ступени шкалы задается пользователем), а также позволяет формировать легенду карты, снабжать ее подписями, редактировать изображение.

MapInfo - векторная система, использующая для ввода наиболее распространенные типы интерфейсов, что позволяет применять множество современных устройств ввода (дигитайзеров и сканеров). В системе предусмотрена корректировка графических данных в интерактивном режиме, условные знаки выбираются из соответствующей библиотеки. Имеется библиотека шрифтов и заливок.

До начала составления карты необходимо определить конечный вид получаемой продукции (определить назначение карты, ее масштаб, характеристики картируемой территории, перечень элементов содержания с одновременной их классификацией по степени важности и подробности отображения, определить источники информации).

Подготовка исходных материалов при составлении карты с помощью ГИС-технологий осуществляется с помощью цифрования картографических материалов.

Цифрование может осуществляться двумя способами: дигитализацией картографических материалов при помощи специальных устройств с получением изображения в векторном виде или путем сканирования материалов с дальнейшей векторизацией растровых данных.

Цифрование слоев содержит некоторые особенности. Так, цифруя исходные картографические материалы по элементам содержания, необходимо различать внутри каждого элемента следующие подуровни: полигон (объекты, представляющие собой полигон); дуга (объекты, представляющие собой дуги); точка (точечные объекты).

Например, полигон - озера, водохранилища; дуга - реки; точка - источники минеральных вод и т. д.

В MapInfo реализованы только некоторые из способов картографического изображения, описанных выше: способу качественного фона соответствует способ "Отдельные значения"; способу картограммы - "Диапазоны значений"; точечному способу - "Плотность точек"; значковому - "Размерные символы"; способу изолиний - "Поверхность"; способу картодиаграммы - "Столбчатые и круговые диаграммы".

При разработке карты способом "Отдельные значения" MapInfo позволяет тематически выделять точки, линейные и площадные объекты по отдельным значениям из заданного поля таблицы.

Программа присваивает каждому значению свой цвет, который при желании можно поменять вручную. Выделение можно производить по числовым или нечисловым значениям. Способ применяют при составлении карт растительности, почвенных, землеустройства, административных и др.

Административные округа г. Москвы, изображенные на приведенном слое карты, показаны цветом (на рисунке - оттенки серого). Данный слой был создан путем автоматического присвоения цветового тона каждому значению (названию округа) в атрибутивной таблице слоя "Автономные округа" (рис. 4.15).

Слой карты "Диапазоны значений", показанный на рисунке 4.16, отображает ставки земельного налога по территориально-экономическим зонам г. Москвы. При использовании

способа "Диапазоны значений" MapInfo группирует записи с близкими значениями тематической переменной и присваивает созданным группам единые цвета, типы символов или линий. Способ используют при изображении на картах относительных картографических показателей по административным или территориально-хозяйственным единицам, т. е. при составлении карт плотности населения, доли земель в общей площади района или области, а также агрохимических карт по хозяйственным или территориальным единицам и др.

При разработке слоя способом "Поверхность" MapInfo отображает тематические данные в виде растровой поверхности с непрерывной цветовой раскраской карты.

Тематические карты поверхности используются во многих геоинформационных системах и других программах, где точечные данные имеют какое-либо числовое значение, относящееся к месту дислокации этих точек. Например, можно использовать тематическую растровую поверхность для иллюстрации изменений температуры, толщины снежного покрова или изображения рельефа топографической поверхности. Приведенный ниже пример показывает участок рельефа, изображенный изолиниями с послойной окраской.

Слой "Размерные символы" можно использовать для любых типов графических объектов на карте. Наилучшим образом этот тип подходит для отображения числовых данных. При создании карты способом "Размерные символы" можно настраивать три следующих атрибута: цвет, тип и предельные допустимые размеры символов. Чтобы изменить любой из этих атрибутов, надо нажать на кнопку символа в диалоге "Настройка размерных символов". Появится диалог "Стиль символа". Стандартный вид размерных символов - красные кружочки. При настройке допустимых размеров символов появляются окошки, содержащие значения данных и соответствующие им размеры символов. При построении карты используются все размеры символов - от нуля до указанного максимального размера. Чтобы малым значениям соответствовали более крупные символы, следует увеличить их допустимый максимальный размер. Можно отображать символами даже отрицательные значения. В отдельном окошке можно выбрать символы, которые бы отличались по виду от символов, сопоставляемых с записями с положительными значениями. При этом появляется новый диалог "Стиль символа", в котором можно выбрать тип символа, изменить его цвет и/или допустимый размер. Стандартный вид размерных символов, изображающих отрицательные значения, - синий кружок. Способ используют при составлении карт численности населения по городам или округам и др.

Тип "Плотность точек" используют, чтобы отобразить на карте данные, сопоставленные с некоторой областью или территорией. Общее число точек внутри каждой из областей обозначает значение, которое соответствует этой области. Карта со слоем "Плотность точек", приведенная ниже, показывает сумму поступивших платежей за аренду земельных участков по административным округам Москвы.

В этом слое объекты, представленные точками, показывают расположение и характеризуют размер поступивших платежей в каждом округе. Способ также используют для создания карт посевов сельскохозяйственных культур, карт плотности населения, животноводства и др.

При создании тематической карты методом "Плотность точек" можно регулировать значение, изображаемое одной точкой, вводя понятие "веса" точки. Точки внутри областей расставляются случайным образом.

Тип "Круговые диаграммы" позволяет анализировать значения нескольких тематических переменных одновременно. На такой карте значения переменных определяют



размер соответствующего сегмента диаграммы, его можно сравнивать с другими сегментами в той же диаграмме или с аналогичными сегментами в других диаграммах.

На слое с типом "Круговые диаграммы" отображено целевое назначение земель по административным округам Москвы. Размер кружка показывает общую площадь земель в округе. Секторы в диаграмме обозначают различные категории земель, а площади секторов - относительную площадь этих земель в общей структуре землепользования.

Далее необходимо осуществить процесс настройки тематического слоя. Под термином "настройки" в MapInfo понимается процедура разработки числовых и графических шкал, а также определение стилей оформления объектов, принадлежащих каждому диапазону.

В зависимости от метода создания карты и выбранного способа изображения тематического содержания полуавтоматическая разработка числовых шкал легенды в MapInfo возможна следующими пятью методами: "Равное количество записей", "Равный разброс значений", "Естественные группы", "На основе дисперсии" и "Квантование". Диапазоны можно также задать вручную.

Метод "Равное количество записей" создает диапазоны с одинаковым числом записей в каждом из них в зависимости от установленного порядка округления, т. е. в каждый диапазон будет включено примерно равное число картографируемых показателей.

Метод "Равный разброс значений" разбивает записи на диапазоны, исходя из разброса значений данных.

Методы "Естественные группы" и "Квантование" позволяют анализировать неравномерно распределенные данные.

В режиме "Естественные группы" диапазоны создаются с помощью алгоритма, использующего среднее значение в каждом диапазоне для того, чтобы добиться наиболее равномерного распределения данных в пределах каждого диапазона. Значения распределяются таким образом, чтобы среднее значение в каждом диапазоне было как можно ближе к каждому из значений в данном диапазоне.

Метод "Квантование" позволяет строить диапазоны, определяющие распределение тематической переменной по некоторому сегменту данных. Например, можно применить режим "Квантование" к населению области по отношению к численности городского населения, чтобы показать, как распределено городское население на территории России.

При использовании метода "На основе дисперсии" два средних диапазона разделяет среднее значение, а размер этих диапазонов равен стандартному отклонению (дисперсии).

На окончательном этапе осуществляются компоновка карты и формирование макета печати.

## **ТЕМА 9. ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ**

Одной из основных задач ГИС, которую ставят перед собой исследователи, является получение новых знаний, представлений о природе пространственных данных. В то же время пользователи иногда недооценивают возможности ГИС в области поддержки принятия решений, которые эти системы могут обеспечивать, уделяя основное внимание главным образом представлению, в частности визуализации 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» [Математический..., 1988].

Идея создания искусственного подобия человеческого разума для решения сложных задач и моделирования мыслительной способности витала в воздухе с древнейших времен. Впервые ее выразил Р.Луллий (ок. 1235 — ок. 1315), который еще в XIV в. пытался создать машину для решения различных задач на основе всеобщей классификации понятий.

В XVII в. Г.Лейбниц (1646-1716) и Р.Декарт (1596-1650) независимо друг от друга развили эту идею, предложив универсальные языки классификации всех наук. Эти идеи легли в основу теоретических разработок в области создания ИИ.

Развитие ИИ как научного направления стало возможным только после создания ЭВМ. Это произошло в 40-х годах XX в. В это же время Н.Винер (1894—1964) создал основополагающие работы по новой науке — кибернетике.

Термин «искусственный интеллект» был предложен в 1956 г. на семинаре с аналогичным названием в Стенфордском университете (США). Семинар был посвящен разработке логических, а не вычислительных задач.

В книге [S.J.Russell, P.Norvig, 1995] история ИИ разделена на периоды: 1943—1956 гг. — период созревания ИИ; 1952—1963 гг. — этап раннего энтузиазма и великих ожиданий; 1966—1974 гг. — период первых разочарований, основной причиной которых явился типичный «комбинаторный взрыв» в задачах ИИ. Провал «кавалерийских атак» в форме программ типа GPS (общий решатель задач — General Problem Solver) заставил исследователей строить системы более специализированные и основанные на достаточном объеме экспертных знаний, т.е. для того, чтобы создаваемая система ИИ смогла решать трудные задачи, разработчик примерно должен знать, на какой базе знаний это реализуемо. Соответственно, период с 1969 г. явился временем нового энтузиазма, а именно периодом создания *экспертных систем* (ЭС).

Экспертные системы были первыми коммерчески значимыми продуктами в области ИИ. Важность таких средств ИИ, как экспертные системы и нейронные сети, речь о которых пойдет далее, 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 многочисленных 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 (автономное и адаптивное поведение компьютерных приложений и робототехнических устройств), нечеткой логики, самоорганизующихся СУБД, обработки изображений, экспертных систем и ряда других технологий ИИ связано сегодня с расширением функциональных возможностей в части поддержки принятия решений (см. 4.3). Есть все основания полагать, что в следующее поколение программного обеспечения ГИС будут встроены элементы ИИ.

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 следующего 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.

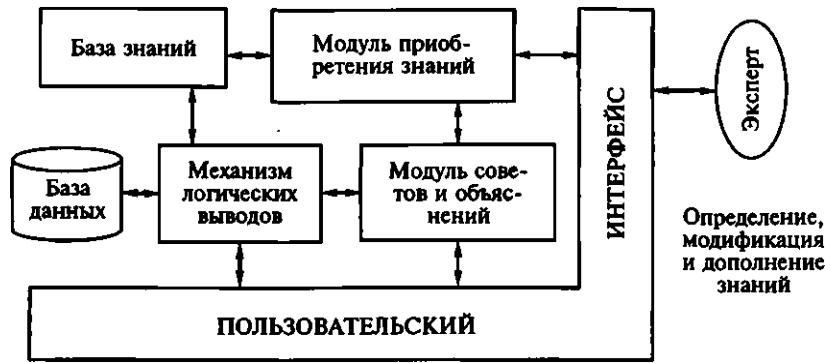
Первое направление характерно для ГИС практически с момента их появления, второе и третье связаны с фундаментальными исследованиями на стыке математики, информатики и нейрофизиологии. За последние 10 лет исследователи разработали целый класс статистических и адаптивных методов анализа многомерных данных, получивших название *нейросетевых методов* (см. 4.2). 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.

Экспертные системы. В последние годы в геоинформатику стали широко внедряться экспертные системы. Экспертную систему можно определить как «систему искусственного интеллекта, использующую знания из сравнительно узкой предметной области для решения возникающих в ней задач, причем так, как это делал бы эксперт-человек, т. е. в процессе диалога с заинтересованным лицом, поставляющим необходимые сведения по конкретному вопросу» [Экспертные..., 1987. — С. 5].

Экспертные системы используются для решения так называемых неформализованных задач, общим для которых является следующее:

- задачи не могут быть выражены в числовой форме;
- цели нельзя выразить в терминах точно определенной целевой функции;
- не существует алгоритмического решения задач;
- если алгоритмическое решение есть, то его нельзя использовать из-за ограниченности ресурсов (времени, памяти).

Кроме того, неформализованные задачи обладают ошибочностью, неполнотой, неоднозначностью и противоречивостью как исходных данных, так и



знаний о решаемой задаче.

Схема 1.. Базовая структура экспертной системы

Упрощенная базовая структура ЭС представлена на схеме 1.

Основу ЭС составляет *база знаний* (БЗ) о предметной области, которая накапливается в процессе построения и эксплуатации ЭС. Накопление и организация знаний — важнейшее свойство всех экспертных систем.

Знания в работах по ИИ принято разделять на предметные, или общедоступные, и индивидуальные, или эмпирические [Построение..., 1987; Дж.Элти, М.Кумбс, 1987]. К общедоступным знаниям относятся наборы сведений, например в учебниках и другой литературе, а вот индивидуальные знания зачастую носят эмпирический характер, основанный на правилах и подходах, которые эксперт иногда даже не может четко или однозначно сформулировать — их называют эвристиками.

Если при традиционном процедурном программировании вычислительной системе необходимо указать, что и как она должна сделать, то специфика ЭС состоит в том, что используются механизмы автоматического рассуждения (вывода) и «слабые методы», такие как поиск и эвристика.

В ЭС, способных самообучаться на основе накопленного опыта, анализа, контроля и принятия решений, в процессе исследования явлений реального мира появляются как бы знания второго уровня, или метазнания.

Существует несколько способов описания знаний.

В так называемых *фреймовых моделях* фиксируется жесткая структура информационных единиц, которая называется *протофреймом*. В общем виде она выглядит следующим образом:

(Имя фрейма:

Имя слота 1 (значение слота 1), Имя слота 2 (значение слота 2),

Имя слота К (значение слота К)).

Значением *слота* может быть практически что угодно (числа или математические соотношения, тексты на естественном языке или программы, правила вывода или ссылки на другие слоты данного фрейма или других фреймов). В качестве значения слота может выступать набор слотов более низкого уровня, что позволяет во фреймовых представлениях реализовать «принцип матрешки».

При конкретизации фрейма ему и слотам присваиваются конкретные имена и происходит заполнение слотов. Таким образом, из протофреймов получаются *фреймы-экземпляры*. Переход от исходного протофрейма к фрейму-экземпляру может быть многошаговым, за счет постепенного уточнения значений слотов.

Поясним суть фреймового представления знаний на примере оценки состояния природной среды с точки зрения ее антропогенной трансформации и прежде всего загрязнения [В.С.Тикунов, 1989]. Образует протофрейм:

(Состояние природной среды: выбросы вредных веществ в атмосферу (значение слота 1), загрязнение подземных и поверхностных вод (значение слота 2), состояние геологической среды (значение слота 3), состояние почвенного покрова (значение слота 4), состояние растительного и животного мира (значение слота 5) .)

Каждый слот кроме имени может иметь одно или несколько значений (качественных или количественных), например, «выбросы вредных веществ предприятием в атмосферу» «изобути- лен», «200», «600», «400», «600»; «этиленгликоль», «40», «70», «60», «80» и т.д. При характеристике выбросов изобутилена, этиленгли- коля и других загрязняющих веществ первое числовое значение может определять фоновые, второе — максимальные, третье — реальные концентрации, а четвертое — предельно допустимую концентрацию. В качестве слота могут использоваться сложные структуры, включающие иерархию слотов более низкого порядка.

Так, в слот «выбросы вредных веществ в атмосферу» можно включить слот «состояние атмосферы», который, в свою очередь, будет характеризоваться слотами: «скорость ветра», «распределение температур», «стратификация атмосферы» и т.д. Изменяя содержание слотов, преобразуется вся семантическая структура в зависимости от конкретных целей, например связанных с выработкой рекомендаций по охране природной среды.

Другим важным элементом экспертной системы является *механизм логических выводов (машина вывода)*. «Машина логического вывода является универсальной думающей машиной, а база знаний — это то, над чем ей предстоит думать» [Экспертные..., 1987. — С. 65]. Иными словами, в ответ на запрос система способна строить логические выводы и на их основе приходить к заключениям. Здесь проверяется выполнимость условий конкретной ситуации по отношению к имеющимся правилам и подбирается путь их удовлетворения. Причем в отличие от традиционных алгоритмов, осуществляющих механический перебор всех правил, в экспертной системе пространство поиска сужается за счет того, что, как и человек, ЭВМ должна ожидать, что же ей встретится. Например, анализируя видовой состав смешанных и широколиственных лесов средней полосы европейской части России, географ ожидает встретить ель, березу, дуб, липу, клен, но не пальмы или мангры, перебор которых для анализа противоречит здравому смыслу.

Процедуру получения выводов путем анализа фреймов или «продукций» называют прямой стратегией. В том случае, если человек выдвигает гипотезы (делает он это, как правило, с охотой), а ЭВМ их проверяет (что проще для машины), то мы переходим к обратной стратегии. Используются и смешанные стратегии, когда машина выдает ряд вариантов решения, а экспертная система именно так и поступает, выбрав из них какое-нибудь одно, которое анализируется с помощью обратной стратегии. Естественно, что этот путь будет неоднозначным, причем могут добавляться новые значения и т.д.

**Модуль приобретения знаний** проверяет непротиворечивость вновь поступающих сведений имевшимся правилам. Достигается это путем проверки семантической непротиворечивости, а также автоматическим тестированием. Проверка семантической непротиворечивости определяет согласование вносимых изменений правилам базы знаний, а автоматическое тестирование проверяет нововведения на большом количестве задач, чтобы оценить, сколь положительно они влияют на работу экспертной системы [Построение..., 1987]. В случае конфликтных ситуаций требуется пересмотр правил. Здесь применяются различные степени доверия для потенциальных решений, чтобы они не противоречили здравой логике, хотя сделать это не всегда просто.

Здесь может оказаться целесообразным характеристика не отдельных явлений, а их классов, когда конкретная ситуация сравнивается с типичными примерами. Допустим, географ, классифицируя типы берегов (риасовый, шхерный, фьордовый), как бы сравнивает их с идеальными моделями: фьорды — узкие, глубоко вдающиеся в сушу клинья и т.д. Но экспертная система не ограничивается алгоритмической классификацией и учитывает семантику. Классифицируя географические объекты «Москва», «Орел», «Брянск», человек легко сгруппирует их в города, но «Москву» в сочетании с «Волгой» и «Леной» отнесет к рекам, а вот «Орел» в сочетании со словами «Коршун» и «Ястреб», так же, как и «Лена», «Ирина», «Валентина» приводят к совершенно иным смысловым значениям, то же должна уметь эвристическая программа.

Более того, иногда требуется и не совсем «логичное» заключение. Например, анализируя уровни социально-экономического развития стран по ряду формальных критериев, в том числе таким, как национальный доход на душу населения, число автомобилей на 1 тыс. жителей и другим показателям, Кувейт должен быть отнесен к числу ведущих стран, но эксперт-географ, сильно занизив его оценку, не выглядит странным. Так же должна поступать и экспертная система, выводя одни правила из других, и приходить к заключениям, получить которые из формальной логики невозможно.

Существует еще один характерный момент для экспертной системы. Так как правила, создаваемые одним географом, чаще всего сильно отличаются от того, как это делает другой специалист, экспертная система как бы становится «вторым я» того или иного ученого, копируя его стиль работы.

**Модуль советов и объяснений (<система объяснений)** используется для разъяснения пользователю того, как экспертная система пришла к тому или иному конкретному выводу. Причем в процессе работы пользователь может задавать дополнительные вопросы о получении промежуточных результатов, уточнять цели, инспектировать правила с точки зрения их согласования между собой и соответствия поставленным целям и др. «Метод рассуждения, который не может быть объяснен человеку, является неудовлетворительным, даже если с ним система работает лучше, чем специалист» [Экспертные..., 1987. — С. 19].

Как правило, модуль советов и объяснений делает трассировку хода проведения рассуждений в обратном порядке от того места, к которому относится вопрос, или от

конечного результата. Каждый шаг рассуждения подкрепляется выводами из правил базы знаний. Экспертная система объясняет также, почему она не пошла другим путем, какие правила базы знаний этот путь заблокировал. Объяснения экспертной системы помогают пользователю совершенствовать базу знаний, показывая слабые места, ведущие к неправильным выводам. Пример работы экспертной системы и блока объяснения логики решений приведен в книге [И.А.Портянский, 1989].

Экспертные системы могут сильно отличаться своей конфигурацией в зависимости от целей их создания, имеющихся технических средств, объема данных и знаний [Искусственный..., 1990; Г. В. Рыбина, 1991; Введение..., 1995; Статистические..., 1996; Экспертные..., 1996; П.Джексон, 2001]. Причем важной является возможность комбинирования экспертных систем с математическими моделями, служащими для алгоритмических вычислений. Такие системы принято называть интегрированными.

В обобщающих работах по экспертным системам выделяют несколько их типов [Построение..., 1987; Экспертные..., 1987]: *интерпретирующие*, позволяющие на основе полученных фактов делать описания и выводы; *прогнозирующие* — выводящие следствия из совокупности состояний исследуемых явлений, например, прогноз погоды, урожайность сельскохозяйственных культур и др.; *диагностические*, прежде всего в медицине; *проектирования* — в строительстве; *планирования; мониторинга; ремонта; обучения* и др.

Важны классификационные аспекты географии, и здесь роль экспертных систем в решении неподдающихся математической формализации и сложных для логического анализа задач может быть велика, например, в случае типизации географических ситуаций, при применении метода ситуационного управления, предложенного Д. А. Поспеловым, в частности в географии при разработках *геоситуационного направления* [А.М.Трофимов, М.В.Панасюк, 1982].

Типология геоситуаций необходима для выработки правил, фактов и связей в соответствующих базах знаний, формируемых на основе знаний экспертов. Сценарии, построенные на базе типов геоситуаций, позволяют в каждом конкретном случае обращаться не к перебору нескольких вариантов, а, идентифицировав тип, анализировать структуру соответствующих пространственных образований по отношению к характеристикам их типа. В дальнейшем экспертные системы смогут определять структуру геоситуаций и рекомендовать мероприятия для их целенаправленных трансформаций или консервации, например при выработке рекомендаций по охране окружающей среды и т.д.

Одно из интересных приложений экспертных систем может состоять в их применении не только для обучения отдельным дисциплинам с использованием опыта наиболее известных преподавателей (безгранично расширив их аудиторию), но и служить в качестве «интеллектуального интерфейса» для связи, например, с вычислительными пакетами программ, с которыми пользователь мало знаком, т.е. быть своеобразным гидом.

С распространением экспертных систем в географии и экологии специалисты получают возможность использовать технику для уточнения, распространения, пропаганды, а главное, получения новых индивидуальных знаний, сопоставлять между собой конечные и промежуточные выводы при несовпадающих мнениях. Кстати, экологи и географы, обходившиеся в своей работе без математических методов и расчетов на компьютере, смогут использовать вычислительные машины без применения алгоритмических подходов. Роль специальных знаний еще более возрастет, а их передача от «учителя к ученику» облегчится, улучшится сохранность накопленных знаний и возможность их дальнейшего пополнения и совершенствования. Для специалистов особенно важно, что наиболее ценной

и дорогостоящей частью в экспертных системах оказываются их профессиональные знания. В целом экспертные системы могут рассматриваться как одно из самых мощных средств исследований на ближайшую перспективу.

**Основы создания нейронных сетей.** Современные компьютеры устроены по так называемой схеме фон-Неймана, реализующей быструю последовательность большого числа бинарных операций. Видимо, такой подход отчасти был обусловлен структурой математики первой половины XX в., когда высшие разделы математики опирались на арифметику, а последняя — на бинарную логику. Понятно, что если бы за основу было взято что-то иное, а не булева алгебра, могли бы получиться существенно иные компьютеры.

В качестве основной альтернативы подходу Дж. фон-Неймана обсуждалась ориентация на воспроизведение принципов работы биологических *нейронных сетей*. Примерно в те же годы, что и первый компьютер, была создана первая нейроподобная система — пер- септрон Розенблатта. Некоторое время оба направления — Дж. фон-Неймана и Ф. Розенблатта — развивались независимо, затем персеп- тронное направление пережило кризис и возродилось уже в 80-е годы под именем нейронных сетей, при этом на новом этапе бинарно-логический и бионический принципы стали сочетаться. Интересно, что кризис бионического направления во многом был обусловлен не техническими сложностями и не отсутствием приложений, а содержательным математическим рассмотрением, проведенным М. Минским и С.Пейпертом, — они показали, что не существует персептрона, способного надежно определять топологические характеристики образа, такие, как связность, и этого оказалось достаточно для резкого падения первоначального энтузиазма. Любопытно также, что и возрождение энтузиазма было связано не с опровержением выводов Минского и Пейперта, а просто с формированием обширной ориентированной на приложения сферы деятельности. Впрочем, в последние годы появились некоторые приложения нейроподобных *алгоритмов* и к задачам топологий.'

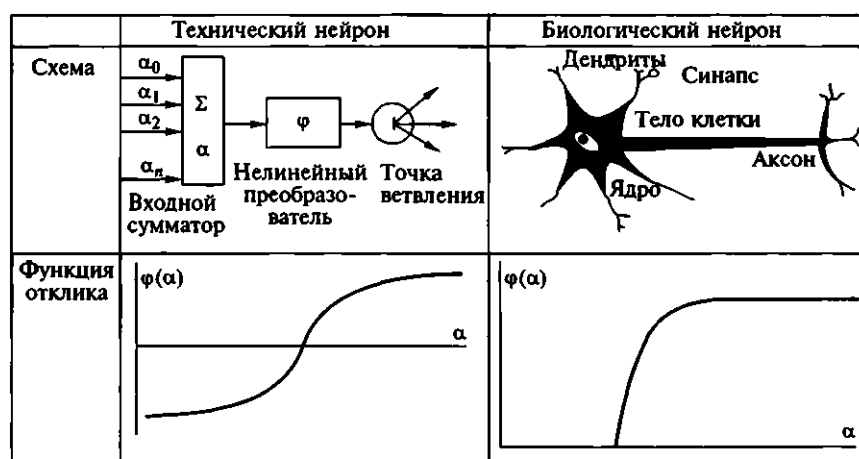
Сопоставление *машины фон-Неймана* и биологической *нейронной сети* приведено в табл. 9.1.



Таблица 9.1

Сопоставление машины фон-Неймана и биологической нейронной сети

Показатель	Машина фон-Неймана	Биологическая нейронная сеть
Процессор	Сложный	Простой
	Высокоскоростной	Низкоскоростной
	Один или несколько	Большое количество
Память	Отделена от процессора	Интегрирована в процессор
	Локализована	Распределенная
	Адресация не по содержанию	Адресация по содержанию
Вычисления	Централизованные	Распределенные
	Последовательные	Параллельные
	Хранимые программы	Самообучение
Надежность	Высокая уязвимость	Живучесть
Специализация	Численные и символьные операции	Проблемы восприятия
Среда функционирования	Строго определенная	Плохо определенная
	Строго ограниченная	Без ограничений



Более конкретные характеристики мозга человека: кора головного мозга образована нейронами поверхностью толщиной от 2 до 3 мм и площадью около  $2,2 \text{ дм}^2$ , содержит около  $10^{11}$  нейронов, каждый нейрон связан с  $10^3$ — $10^4$  другими нейронами.

Нейроны взаимодействуют посредством короткой серии импульсов, как правило, продолжительностью несколько миллисекунд. Сообщение передается посредством частотно-импульсной модуляции. Частота может изменяться от нескольких единиц до сотен герц, что в миллион раз медленнее, чем самые быстродействующие переключательные электронные схемы. Тем не менее достаточно сложные решения по восприятию информации человек принимает за несколько сотен миллисекунд.

Сопоставим биологический нейрон с наиболее часто рассматриваемой схемой технического нейрона (см.рис. выше).

Оба типа нейронов реагируют на воздействие со стороны многих нейронов, в зависимости от величины связей с этими нейронами. В отличие от технических нейронов,

реакция биологического нейрона всегда неотрицательна, причем, если воздействие на него не достигло критического уровня, то реакции нет. Возможно, что с этим связано одно из наиболее очевидных отличий биологических нейронных сетей от существующих в настоящее время нейро- программ — один и тот же мозг, в зависимости от того, какие нейроны «молчат»,

Однослойные

Многослойные

Полносвязные

может работать

весьма различным образом, это выглядит так, как будто мозг — «склад» процессоров, которые по-разному соединяются при разных задачах. Аппаратное обеспечение, реализующее технические нейроны, постепенно усложнялось — сначала это были релейные схемы, сейчас, например, операционные усилители, но чаще всего — эмуляция в обычном компьютере. Характеризуя вычислительную мощность, можно отметить, что по экспертным оценкам современные ПК могут моделировать уровень нервной системы сложных червей, лучшие нейро- сетевые спецпроцессоры — уровень мухи.

Если рассматривать биологические нейронные сети, то для них существует принципиальное внутреннее деление: нейронные сети могут реализовывать либо рефлекторное поведение, либо мышление. Нейрофизиологически рефлекторному поведению соответствует относительно короткий всплеск процессов в ответ на внешнее воздействие с последующим возвращением в спокойное состояние, а мышлению — длительная работа сети, нередко с весьма умеренным, но постоянным уровнем возбуждения мозга, при этом внешние воздействия скорее мешают. В технических системах воспроизводят в основном рефлекторное поведение, хотя возможно, что некоторые нейроалгоритмы, решающие «внутренне сложные» задачи, могут сопоставляться и с процессами мышления.

Типы технических нейросетей\* В литературе заметное внимание уделяется вопросам архитектуры технических нейронных сетей, приведем вариант соответствующей классификации схем (рис. 45).

Более принципиальным является разбиение нейроалгоритмов на два класса — Supervised (обучающиеся по образцу, с учителем) и Unsupervised (обучающиеся без образца, без учителя). В первом случае обучение организовано как воспроизведение набора правильных образцов (обучающей выборки), после чего сеть может адекватно реагировать и на примеры, которых не было в обучающей выборке, во втором случае образцы правильной реакции исходно отсутствуют. В части русскоязычной литературы утвердились термины «обучение с учителем» и «обучение без учителя», что не является точным переводом с английского и не вполне точно по нормам русского языка. Видимо, нейросети, обучающиеся по образцу, неплохо воспроизводят рефлекторное поведение. Нейросети, обучающиеся без образца, быть может, иногда моделируют более интересную вещь — мышление, однако делают это несравненно менее успешно.

Нейросети, обучающиеся по образцу, произошли от перцептронов и в современной трактовке могут рассматриваться как варианты и модификации сетей с обратным распространением ошибки (иногда как результат примитивизации такого рода сетей, в целях упрощения реализации). К этому классу можно отнести, например, однослойный и многослойный перцептроны, машину Больцмана, сети, обучающиеся по правилу Хебба, рекуррентные слоистые и полносвязные сети обратного распространения ошибки, сети, использующие радиальные базисные функции. Различия между указанными системами порой достаточно велики, но всегда есть немало общего, а детали классификации различаются у разных авторов.

Нейросети, обучающиеся без образца, более разнообразны, хотя стоящая за ними теория математически порой более примитивна — это карты Кохонена, системы с множественными локально устойчивыми состояниями, такие как сеть Хопфилда, сети, настраивающиеся на основе адаптивного резонанса. Прямые аналогии между данными классами не просматриваются, хотя часто исходно имеются необработанные данные, а в итоге возникают их образы, построенные в ходе работы нейросети, либо сама сеть, меняя свою структуру, моделирует образы данных. В живой природе есть аналогии и этому — строились карты возбуждения участков коры мозга в зависимости от возбуждения участков тела, получившие названия «гомункулусов», оттого, что на этих картах формируется узнаваемый образ человека, только ладони, например, получаются увеличенными, а спина — уменьшенной.

Наконец, разрабатываются, хотя и не нашли широкого применения, комбинированные подходы. Идеология такого комбинирования заставляет вспомнить лозунг «человека создал труд». За основу здесь берется алгоритм обучения по образцу, произвольно устанавливающий некое первоначальное, можно сказать «абстракционистское», соответствие между «сырыми данными» и «обработанными данными». Затем «обработанные данные» меняются в ходе внешней «трудовой деятельности» с учетом «свойств материала», так что соответствие улучшается. Устанавливается новое соответствие между исходными и обработанными данными, вновь меняются обработанные данные и так далее. В итоге нейросеть порождает, с одной стороны, «художественный образ» ситуации, а с другой — собственный навык быстрого, как бы рефлекторного, соотнесения реальных данных и их образов. Например, так можно проверять связность образа данных — если «природа материала» не позволяет ему изменять связность, а вышеобозначенный подход работает, то значит и у образа данных связность та же. Этот пример дан для того, чтобы напомнить о кризисе нейросетевого подхода, имевшем место до 80-х годов, в связи с пессимизмом по части возможностей использования нейроалгоритмов в задачах топологии.

В заключение укажем задачи, которые принято относить к чаще всего рассматриваемым в рамках нейросетевого подхода:

- обучение по образцу — классификация образов, аппроксимация функций, предсказание, управление, анализ данных, категоризация внутри класса, сжатие данных;
- обучение без образца — категоризация, категоризация внутри класса, анализ данных, сжатие данных, ассоциативная память.

**Нейросетевые алгоритмы — математические аспекты.** Под именем нейросетевых алгоритмов в настоящее время объединяется несколько подходов к обработке данных, которые их авторы, не согласовывая друг с другом, сочли напоминающими принципы организации биологических нейронных сетей. Видимо, сыграла роль привлекательность названия вместе с тем обстоятельством, что по-настоящему принципы работы таких сложных биологических систем, как мозг человека, никому не известны, и в этом смысле все равны и свободны. Это несколько нарушает существующие в математике традиции логически обоснованной классификации алгоритмов, но поскольку некоторые нейроалгоритмы достаточно эффективны, приходится считаться с установившейся практикой. Рассмотрим два типа нейроалгоритмов, наиболее часто используемых в приложениях, — алгоритмы обратного распространения ошибки (back error propagation algorithms; BackProp; в российских публикациях 80-х годов использовалось математически более точное название: алгоритмы двойственного функционирования; АДФ) и карты Кохонена (самоорганизующиеся карты, self-organization maps, SOM).

**Алгоритм обратного распространения ошибки.** Такие алгоритмы создавались во многом для решения классической задачи математической статистики — задачи регрессии табличных данных. Хорошо известны простейшие задачи регрессии — такие как задача проведения прямой, наилучшим образом приближающей облако точек (например, прямой, сумма квадратов расстояний точек до которой минимальна). В этом примере речь идет о линейной регрессии, алгоритм которой должен определить параметры положения прямой, — ее углы наклона к осям координат и координаты одной из точек прямой.

Если речь идет о нелинейной регрессии, в качестве аппроксимирующего облака точек многообразия выступает не прямая, не плоскость или гиперплоскость, а некоторая гладкая кривая, поверхность или гиперповерхность. Чтобы описать такие нелинейные многообразия, требуется увеличить число параметров по сравнению со случаем линейной регрессии: возникает задача многопараметрической нелинейной регрессии.

Задолго до возникновения алгоритма обратного распространения ошибки были известны сложности проведения нелинейной многопараметрической регрессии данных:

- при большом числе параметров регрессии увеличивается время счета;
- параметры регрессии определяются неоднозначно (так называемая плохая обусловленность задач многопараметрической регрессии);
- неясно, как выбрать лучший из множества вариантов нелинейной регрессии.

Алгоритм обратного распространения ошибки успешно преодолел первую из указанных сложностей, после чего был накоплен практический опыт в отношении двух оставшихся сложностей, так что в настоящее время эти сложности уже не смущают, хотя полной математической теории по их поводу так и не было создано. Можно говорить о том, что нейроалгоритм обратного распространения ошибки эффективно решает задачи многопараметрической нелинейной регрессии: имеются программы, осуществляющие «хорошую» нелинейную регрессию для десятков и сотен тысяч точек с определением десятков тысяч регрессионных параметров за приемлемое время (до нескольких суток счета). Суть метода изложена в специальной литературе.

**Алгоритмы квантования данных и карты Кохонена.** Карты Кохонена — это вариант алгоритмов квантования данных, т. е. представления  $N$  точек данных с помощью меньшего числа точек-образцов. Изложим один из вариантов — Batch SOM.

1. Выбирается регулярная сетка  $M$  узлов, расположенная так, чтобы примерно соответствовать наиболее важной части пространства данных, обычно  $M$  существенно меньше  $N$ .

2. Каждая точка данных «приписывается» к ближайшему для нее узлу.

3. Определяется среднее арифметическое положение векторов «приписанных» групп, пусть для узла  $i$  это будет  $g_i$

4. Определяется среднее арифметическое положение векторов, «приписанных» к первым соседям групп, пусть для узла  $i$  это будет  $p_i$

5. Новое положение узлов задается вектором  $p_i + A_i / \alpha$ , где  $A_i$  — параметр метода порядка десятых единицы.

6. Шаги 2—5 повторяются несколько раз.

В итоге получается сетка, не лишенная черт регулярности, но сгущающаяся там, где густы исходные данные. Такая сетка может рассматриваться как компактная модель исходного множества данных либо как средство классификации новых данных — этим данным можно приписывать тот же класс, который ранее был приписан ближайшему к вектору данных узлу карты Кохонена.

**Прочие нейросетевые алгоритмы.** Комбинируя два изложенных типа алгоритмов, можно получать новые варианты алгоритмов обработки данных. Например, если данных много, то можно сначала по ним построить компактную карту Кохонена (точнее, ее многомерную версию), и уже к этой карте применять методы нелинейной регрессии. Однако не все нейроалгоритмы сводятся к такого рода комбинациям — с ними следует знакомиться по многочисленным специализированным изданиям.

**Области применения нейросетевых ГИС.** Интегрированные с геоинформационными системами нейронные сети — мощный инструмент для решения широкого круга задач, обеспечивающий эффективную поддержку принятия решений. В качестве входных и выходных данных нейронная сеть может использовать пространственно координированные данные. Программы, созданные на основе нейро- сетевых алгоритмов, будут динамически модифицировать слои электронной карты, изменять характеристики существующих объектов, создавать новые объекты. В результате обработки массива имеющихся данных могут также возникать новые слои карты, в то время как существующие слои будут приобретать динамические свойства.

Можно привести много примеров, демонстрирующих эффективность нейросетевых подходов, реализуемых в ГИС-среде. Наиболее выигрышно они проявляют себя в ситуациях, когда приходится иметь дело с большими массивами информации, хранящимися в крупных организациях, на основе которых принимаются решения. В них нуждаются специалисты, оценивающие и прогнозирующие состояние какой-либо области человеческой деятельности, например, рынков сбыта продукции, реальной стоимости недвижимости, загрязнения территории. Планирование очередности действий при развитии территорий и их инвестиционной привлекательности, выявление зон с наиболее напряженной экологической, социальной или экономической ситуацией, анализ характеристик геологических объектов — эти и многие другие задачи уже невозможно решать на современном уровне без привлечения интеллектуальных геоинформационных систем.

Приведем несколько примеров.

**В сельском хозяйстве** одни слои ГИС могут содержать сведения о посеве зерновых культур, а другие — об урожайности. Нейросеть в этом случае будет обобщать практический опыт методов и технологий выращивания зерновой культуры с учетом конкретных климатических, почвенных и прочих характеристик выбранной территории.

**В лесоустройстве** с помощью нейросети можно анализировать динамику приростов деревьев по высоте, диаметру и объему. Обработка тематических слоев ГИС с такой информацией поможет спланировать лесоустроительные работы, например при выращивании насаждений сосны в лесопарках и в зеленых зонах.

Прогностические нейросетевые модели могут использоваться **в демографии и организации здравоохранения**, опираясь на пространственные данные по плотности населения, медицинской статистике, загрязнению окружающей среды, представленные в виде слоев ГИС. Экспертная система будет определять, например, вероятностную продолжительность жизни, зависимость различных категорий заболеваемости от экологического состояния территории, прогнозировать вспышки эпидемий.

**Обработка ДЦЗ** — одна из традиционных задач, решаемых геоинформационными системами. Анализ изображений с точки зрения математики опирается на теорию распознавания образов, когда по входным данным необходимо отнести объект к тому или иному классу. В данной области нейронные сети наряду с методами нечеткой логики нашли наиболее широкое применение, с их помощью можно описать правила классификации, не

прибегая к точным математическим значениям (используя понятные человеку термины типа «небольшой», «значительный» и т.д.). И, наоборот, извлекать из обученных нейронных сетей правила классификации по исходным данным, представляя их на обычном языке. В отличие от традиционных статистических методов, основанных на вычислениях в рамках той или иной математической формализации, классификаторы, базирующиеся на нейронных сетях, используют адаптацию в процессе обучения, не требующую предварительного обоснования модели. В то же время доказано, что результаты классификации и в том и в другом случае могут совпадать, т. е. нейронная сеть способна сама построить соответствующую математическую формализацию.

Для классификации используются различные нейросетевые алгоритмы. В нейронной сети с обучением без образца проводится анализ цветных или черно-белых пикселей снимка без привязки к другим слоям карты в целях выделения однородных фрагментов изображения (объектов) по тону, структуре, оттенку. Обучение по образцу полагается на доступные пространственные данные для выбранного участка территории. Если известно априори, что выбранному фрагменту снимка соответствует, например, лесной массив с известной степенью антропогенной нарушенности<sup>TM</sup>, то эта информация может быть использована нейронной сетью для классификации изображения.

Нейронные сети все чаще используются в задаче выявления пространственно однородных участков изображения. Эта задача является очень актуальной при разработке теоретических и методологических основ новых альтернативных систем земледелия, принципов экологически безопасного землепользования и проектов землеустройства на ландшафтной основе. Отдельные элементы ландшафта могут быть выявлены на основе анализа фрагментов изображения, их формы, цвета, взаимосвязей, неоднородности. Нейронная сеть также позволит оценить взаимосвязи отдельных элементов ландшафта.

**В транспортной отрасли** нейронная сеть может стать эффективным дополнением к ГИС при мониторинге автомобильных дорог. Здесь речь идет об анализе транспортной нагрузки и состояния полотна дороги, выборе оптимальных коридоров для строительства новых трасс и определении приоритетов в строительстве, анализе различных стратегий проведения ремонтных работ и соответственном распределении финансовых вложений. Задачей для нейронной сети может стать оперативное принятие решения по оптимизации распределения транспортной нагрузки на автомобильные дороги в случае дорожно-транспортного происшествия в определенном месте, повлекшего за собой скопление автомобилей (пробку). Нейронная сеть будет использовать в качестве входных данных слои ГИС с автодорогами, местоположением аварии, текущими погодными условиями и прочими характеристиками, которые влияют на скорость движения. Все параметры системы, имеющие отношение к указанному происшествию, будут скорректированы нейронной сетью, и их откат в исходное состояние станет возможен после стабилизации ситуации. Следующим шагом в развитии данного направления должна стать возможность онлайн-доступа из автомобиля с помощью карманных ПК (КПК, PDA) и других мобильных устройств к картографическому серверу, содержащему оперативную информацию об обстановке на дорогах и подготовленные с помощью нейросети рекомендации по выбору оптимального маршрута.

**Программное обеспечение.** На рынке программного обеспечения в настоящее время имеется множество самых разнообразных программ для моделирования нейронных сетей. Поиск в Интернете дает сотни ссылок на зарубежные и российские сайты. Можно выделить несколько основных функций, которые реализованы во всех этих программах:

- формирование, конструирование нейронной сети;
- обучение нейронной сети;
- имитация функционирования (тестирование) обученной нейронной сети.

С точки зрения компьютерной технологии и программных интерфейсов они опираются на современные стандарты — от простых программ, ориентированных на платформу Unix с текстовым интерфейсом, до сложных модульных продуктов, базирующихся на последних технологических решениях от Microsoft.

Интегрированные решения на основе ГИС и нейронных сетей пока представлены слабо, несмотря на то, что повышение функциональной мощности геоинформационных пакетов за счет интеграции специальных модулей расширения или ГИС-приложений — одна из важнейших черт современных геоинформационных систем. Проблема интеграции нейронных сетей и ГИС может быть решена по крайней мере тремя способами:

- 1) интеграция (встраивание) нейросетевых моделей в ГИС с использованием специализированных средств геоинформационной системы (программирование на встроенных языках типа Avenue, MapBasic и т.п.);
- 2) развитие интерфейса между отдельными приложениями нейросетевого анализа и ГИС, как самостоятельными системами;
- 3) создание прикладного программного обеспечения нейросетевых систем с элементами ГИС (например, с использованием библиотек классов типа MapObjects, GeoConstructor, MapX и пр.).

Выбор конкретного варианта связан с требованиями и постановкой задачи, имеющимися ресурсами и опытом работы. Ниже приводятся два конкретных примера — программных продукта, которые уже созданы на основе нейросетей и ГИС.

#### Программа ScanEx\*NeRIS

Программа NeRIS предназначена для тематической интерпретации пространственных данных, в первую очередь данных дистанционного зондирования Земли. Основным инструментом, реализованный в программе, — нейронные сети Кохонена. Являясь одним из методов классификации многомерных данных, нейронные сети Кохонена обладают важными дополнительными свойствами, на которых основана значительная часть используемых в программе алгоритмов.

Возможности пакета тематической обработки растровых изображений в программе ScanEx-NeRIS:

- оценка количества классов, требуемых для описания тематики и составления тематической карты;
- оценка внутренней дробности, неоднородности тематических объектов (контуров);
- оценка распределения свойств экспертных объектов в признаковом поле модели;
- оценка вероятностей присутствия тематических объектов, заданных экспертом в поле признаков снимка (выделение на изображении областей с различным уровнем оценки: оптимистическим, реалистическим, пессимистическим);
- построение иерархических классификаций с оценкой близости классов между собой;
- создание тематически ориентированных нейронных сетей для последующей обработки раstra с целью выявления тематических объектов;
- автотрассировка (векторизация) результатов поклассовой обработки;
- поддержка системы координат наиболее распространенных отечественных и зарубежных картографических проекций;

— экспорт растровых покрытий и векторных слоев в наиболее распространенных обменных форматах;

— представление результатов классификации для всех видов нейронных сетей как присвоением индекса класса каждому классифицированному пикселу, так и созданием растровых слоев «вероятности» (possibility) принадлежности пиксела одному конкретному классу (создание нескольких таких слоев с последующей их визуализацией позволяет наглядно представлять результаты классификации, например, выявлять «белые пятна» (неклассифицированные области пространства) и представлять данные для окончательной классификации традиционными методами).

**Системы поддержки принятия решений (СППР)** — новое, пока не устоявшееся, но очень перспективное направление в геоинформационных технологиях. Имеется множество определений СППР. Например, согласно работе [G.Biswas, M.Oliff, A.Sen, 1984] они характеризуются как совокупности инструментальных средств, обеспечивающих формирование (моделирование) альтернативных решений на разных этапах принятия решений, их анализ и выбор вариантов, удовлетворяющих поставленным условиям. В. В. Пржи-ялковский [2001] трактует их как системы, обеспечивающие получение информации, необходимой для тактического планирования и деятельности лиц, принимающих решения. Эти системы основаны на анализе данных из баз данных, в том числе с использованием математических методов и с применением средств визуализации. Пользователями таких систем обычно являются представители среднего управляющего персонала. А вот компьютерные системы, позволяющие готовить сведения и предоставлять их в распоряжение старшего управляющего персонала с ограниченным опытом использования ЭВМ, называют *информационными системами руководителя* (ИСР). Они должны предоставлять информацию по конкретным возникающим запросам с любой допустимой степенью детализации. Такие системы играют важную роль в стратегическом управлении организациями.

Абитуриент, поступающий в университет, премьер-министр, планирующий реформы, или брокер, скупающий и продающий акции, — все они решают задачи выбора лучшего варианта действий. В этих задачах есть много общего, например, возможности и ограничения переработки информации человеком, а также методы анализа вариантов действий, которые принято называть *методами принятия решений* [О. И.Ларичев, 2000]. СППР, как указывалось выше, используют материалы баз данных не только в виде исходных («сырых») данных, но и предварительно обработанных. Цель такой обработки состоит в том, чтобы сделать данные пригодными и удобными для аналитического использования разными группами пользователей, сохранив при этом их исходную информативность. Процедуру «очистки» исходных данных, заключающуюся в устранении избыточности, противоречивости и в элиминации шумов называют *первичной обработкой данных*. Более сложная обработка может включать восстановление пропущенных значений в исходных данных и др. Использование статистических, оптимизационных и других алгоритмов (корреляции, классификации и т.д.), позволяющих находить закономерности и зависимости в данных, а также синтезировать их, называют **исследованием данных** [В. В. Пржиалковский, 2001]. *Интеллектуальный анализ данных* (ИАД) обычно определяют как метод поддержки принятия решений, основанный на анализе зависимостей между данными [В.Львов, 2001]. Методики, которые на основе каких-либо моделей, алгоритмов, математических теорем позволяют оценивать значения неизвестных характеристик и параметров по известным данным, являются *аналитическими технологиями*. *Генетические*



**алгоритмы** — это другой вид технологий, применяемых для поиска оптимальных решений. В этих алгоритмах используется идея естественного отбора среди живых организмов в природе, поэтому они и называются генетическими. Генетические алгоритмы часто применяются совместно с нейронными сетями, позволяя создавать гибкие, быстрые и эффективные инструменты анализа данных (НейроПроект, 1999). **Познавательные модели** являются формой организации и представления знаний, средством соединения новых знаний с имеющимися. **Прагматические модели** представляют собой инструмент управления и организации практических действий, способ отображения «образцово правильных» действий или их результата [Ф. И. Перегудов, Ф.П.Тарасенко, 1989]. **Ситуационный план** — план, содержащий конкретные предписания, которые должен выполнять каждый принимающий решения в той или иной ситуации, а также возможные последствия реализации такого решения. Имея конкретный ситуационный план, появляется возможность действовать согласно этому плану в непредвиденных обстоятельствах. При этом уменьшается неопределенность в действиях лиц, принимающих решения, при ситуации риска [EDI- Press & Web Mission, 2000— 2001].

**История систем поддержки принятия решений.** Возникновение и применение термина «Системы поддержки принятия решений» относится к 70—80-м годам XX в. Кроме этого, в последнее десятилетие этому термину придаются новые значения, что естественно связано с развитием информационных технологий (ИТ). Сам термин возник не на пустом месте. Понятия, вкладываемые в его смысл, существовали и ранее, но только с развитием ИТ он приобрел самостоятельное значение. Естественно, что составляющие его и предшествующие ему понятия сформировались еще раньше. Так, управление является одной из основ рассматриваемого нами вопроса, так как для него и создаются СППР.

История человечества показывает, что успех сопутствует ему в тех областях, где действия человека или групп людей с накоплением опыта приобретают признаки технологии, т.е. подчиняются выработанным ранее правилам. Развивая такие технологии, люди сохраняют опыт предшественников и их деятельность становится более эффективной. Только те люди или социальные сообщества (общины, государства, предприятия и т.п.) имели продолжительный успех, которые постоянно совершенствовали технологии управления, создавали системы поддержки принятия решений в зависимости от меняющихся условий существования. Там, где совершенствование прекращалось, рано или поздно происходил упадок, вплоть до исчезновения самих общин, предприятий и даже государств.

Обычно историки приписывают крах любой системы переходом к авторитарному стилю управления ею. Только большие экономические депрессии XX в. заставили ученых и управленцев обратить внимание на технологизацию управления.

Одна из первых научных теорий управления представлена в работе М. А. Ампера [«Опыт о философии наук, или аналитическое изложение классификации всех человеческих знаний». — Ч. I — 1834 г., Ч. II — 1843 г.], где автор выделил специальную науку об управлении государством и назвал ее кибернетикой. Б.Трентовский в статье «Отношение философии к кибернетике как искусству управления народом» (1843) подтвердил эту идею [Ф. И. Перегудов, Ф.П.Тарасенко, 1989]. Далее наука о системах управления получила существенное продвижение в работах Н.Винера [1948, 1958]. Следующим крупным шагом стало создание общей теории систем Л.Бертанфи [1950], где дано определение кибернетики как науки об оптимальном управлении сложными динамическими системами. Современный «прорыв в неизвестное» в исследовании систем совершен бельгийской школой

во главе с И.Пригожиным. В книге В.С.Диева «Философско-методологические аспекты» в разделе «Нечеткость в принятии решений» описана история вопроса. В последние десятилетия самостоятельной научной дисциплиной стала теория принятия решений, которая рассматривает процессы управления сложными системами различной природы. Место этой дисциплины в системе наук определить довольно трудно. Возникла она вследствие экономических и политических потребностей, но сегодня ее уже нельзя отнести только к экономической или политической науке. Современное управление является феноменом двадцатого столетия, и именно в последние девяносто лет оно стало самостоятельной научной дисциплиной. Значимость философско-методологического анализа проблем управления обусловлена и тем, что управление, являясь синтезом науки и искусства, знания и опыта, представляет широкое исследовательское поле для изучения человека, понимания его природы в различных ситуациях [В.С.Диев, 1997]. Основной функцией управления является принятие решений. В кратком виде методика и особенности принятия решений описаны О.И.Ларичевым [2001].

Особым направлением в развитии СППР можно считать и традиционное проектирование, и составление карт. Так, если взглянуть на карты с точки зрения управления, то можно сказать, что это и есть СППР, так как для красоты карты никто не строил — они всегда были утилитарны и создавались в том числе и для целей управления. И даже первые карты — наскальные рисунки, где изображена окружающая местность с реками, пастбищами диких животных и лесами, были чисто утилитарными [К. А. Салищев, 1982]. Оперативные карты, скорее всего, строились вначале на песке, а уже позднее стали переноситься на твердые носители. Ситуационные карты военных сражений и планы походов широко применялись на практике. История картографии свидетельствует о том, что функция карт в СППР была и остается доминирующей. Парадокс заключен еще и в том, что эта часть СППР приобрела признаки самостоятельной области на много веков раньше, чем появилась отрасль науки, связанная с СППР.

**Современное состояние в области создания и использования СППР.** Разработка и применение СППР имеет, как отмечалось ранее, краткую историю и не несет каких-либо основополагающих и фундаментальных признаков, которые можно считать окончательно устоявшимися. СППР развивается вместе с инструментальной базой, которая во многом и определяет ее структуру. Предлагаемые на рынке услуг структуры СППР имеют различную конфигурацию в зависимости от степени освоения новых технологий различными группами разработчиков. Следует отметить, что реальные и потенциальные пользователи этих услуг естественно находятся на более низкой ступени, чем разработчики данных систем, и в этой связи рынок СППР не всегда готов к принятию передовых решений. Поэтому еще не пришло время установления единых стандартов в данной области и каждый вариант применения СППР должен рассматриваться как отдельный проект, учитывающий способности пользователя освоить данную технологию и его финансовые возможности. Другими словами, не представляется рациональным создавать СППР из отдельных блоков, имеющих разную степень сложности.

В настоящее время процесс разработки СППР начинается с установления регламента работы по подготовке управленческих решений. Это происходит на уровне экспертного анализа и выражается в предложениях по улучшению деятельности группы, отдела, подразделения и предприятия (организации) в целом. Анализ таких предложений позволяет руководителям подразделения или вышестоящей инстанции понять проблемы, связанные с

улучшением работы. Это статический анализ для улучшения СППР. Если эти предложения целесообразны, то принимаются адекватные действия по оптимизации СППР.

Наиболее существенным по эффективности аналитическим анализом для улучшения СППР является текущий или поэтапный анализ, при котором лицо, принимающее решения, корректирует деятельность исполнителей в зависимости от качества предложений. Это динамический анализ. Однако он не дает оценки причин сбоев в работе СППР.

Успешность работы СППР зависит от:

- наличия быстрого доступа к необходимой информации;
- полноты сведений (включая исторические справки и прогнозы);
- наличия инструмента (алгоритма) эффективного анализа информации;
- компетентности специалистов, готовящих управленческие решения (наличие знаний, опыта, профессионализма);
- желания и умения специалистов работать в коллективе, команде и т.п.;
- правильного руководства коллективом, готовящим управленческие решения (постановка задач, стимулирование, адекватная оценка работы).

СППР должна быть структурирована. В основе этой системы должны быть сотрудники, успешно работающие в своих подразделениях и в то же время состоящие в коллективе, готовящем управленческие решения. Образно говоря, такие специалисты могут иметь два рабочих места, разных по своим задачам и параметрам работы. Их рабочие места должны быть соответствующим образом и подготовлены. К СППР следует относиться как к виртуальному подразделению, решающему задачи, которые на момент рассмотрения проблемы не имеют алгоритма решения. Для этого необходима четкая и слаженная работа всех участников или подразделений организации по предоставлению информации в СППР. В настоящее время невозможно обойтись без использования современных информационных технологий и методов аналитической обработки информации, особенно если уровень принимаемых решений носит стратегический характер, а последствия от принимаемых решений могут быть критичными для деятельности предприятия.

В начале реализации проекта важно иметь представление о системе управления ее составными частями и их взаимодействием, т.е. до практической реализации системы должна быть создана ее модель, максимально решающая задачи проекта. Прежде всего необходимо создать концепцию системы управления, а затем переходить к составлению технического задания и выполнению проекта по ее информатизации.

## **ТЕМА 10. ПРИМЕНЕНИЕ ГИС В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

### **1. Для решения каких проблем могут быть использованы ГИС?**

- **геологические исследования на нефть и газ и инженерная геология:** аэрокосмические снимки, их общая и тематическая обработка, дешифрирование снимков и их интерпретация, получение представления о поверхностном и глубинном строении региона; прогнозные оценки структур, перспективных на нефть и/или газ. Рекомендации по выбору трасс для протяженных инженерных коммуникаций и строительных площадок с учетом геодинамических факторов;

- **использование ГИС и ГИС-технологий в военном деле:** интерпретация спутниковой информации (ближневосточные конфликты, Югославия); Жалковский Е.А. и

крылатые ракеты, наводящиеся по рельефу; примеры из работ по Палаццо (компактное представление промышленности региона и даже целой страны, проблема функционального ущерба и так называемых «болевых точек» (6-ая армия Паулюса, Сталинград и Кавказ (нефть));

- **розничная торговля:** расположение большинства новых супермаркетов за пределами центра города выбирается с помощью ГИС. ГИС используется для хранения социально-экономических деталей обстановки и потенциальных заказчиков в заданной области. Расположение склада и зона обслуживания может быть разработана с помощью вычисления времени доставки и моделирования влияния конкурирующих складов. Кроме того, ГИС используется и для управления поставками;

- **коммунальное хозяйство:** компании, предоставляющие коммунальные услуги, должны быть (но пока не являются!) наиболее активными пользователями ГИС. В частности, ГИС используются для построения базы данных об основных средствах коммунальной службы (трубопроводы, кабели, насосы, распределительные станции и т.п.), а также об объектах обслуживания и их характеристиках. Эти данные являются центральной частью в планировании их деятельности. Московское энергетическое ЧП в мае этого года и модели распространения чрезвычайных ситуаций ;

- **строительство и ремонт объектов городского хозяйства:** этот вид деятельности просто немыслим без широкого использования ГИС и связанных с ними технологий (**а как же раньше обходились без этого?**). Строительство перехода через железную дорогу, строительство эстакады (анализ грузопотоков и их особенностей), прокладка новых инженерных коммуникаций внутри города и масштабное строительство (уровень БАМ, еще одно обращение к Желтовскому);

- **мониторинг окружающей среды и задачи экологии:** пожалуй, самыми первыми серьезно заинтересованными пользователями ГИС явились организации, заинтересованные в охране окружающей среды. На самом простейшем уровне ГИС используется для исследования состояния окружающей среды. Например, расположение и состояние лесов. Более сложные приложения используют аналитические способности ГИС для моделирования процессов в окружающей среде, таких как эрозия почв или разлив рек в случае большого количества осадков. Пожары, оценка динамики и ущерба. Возможный подход к мониторингу Чернобыльской катастрофы. «Пятна» на карте и механизм их образования;

- **местные администрации:** это одни из самых активных потенциальных (но не реальных!) пользователей ГИС. Именно администрация (умная и грамотная!) должна наиболее активно использовать пространственную информацию. Любая область деятельности местной администрации может получить выгоды от использования ГИС. Например, ведение кадастра подведомственных территорий, управление ими, использование базы данных о подведомственных объектах недвижимости, транспортных и прочих коммуникациях, использование ГИС для оценки последствий чрезвычайных ситуаций и их устранения. Простые примеры: **пожар на улице Маяковского в доме номер 37 (оказывается, в городе несколько таких улиц, оптимальный маршрут для подъезда, наличие гидрантов и их характеристики);**

- **здравоохранение:** например, для определения кратчайшего пути от станции скорой помощи до пациента с учетом текущей дорожной обстановки. ГИС могут использоваться для анализа динамики эпидемиологической обстановки: характера заболеваний и причин их возникновения, геопатогенные зоны и рекомендации;

- **транспорт:** планирование и поддержка транспортной инфраструктуры. В настоящее время большой интерес привлекают новые ГИС- технологии. Например, в задачах контроля движения большегрузных автомобилей (серия «Дальнобойщики») на дальних трассах и пассажирского транспорта в городе (пропадание автобусов с трассы). В идеале, отображение их места нахождения на цифровой карте дисплея в кабине автомобиля и в центре управления перевозками;

- **финансовые услуги:** в этой сфере использование ГИС напоминает использование их в розничной торговле. Речь, в частности идет, о расположении филиалов банков и зданий обществ. ГИС могут с успехом применяться для оценки рисков страхования, инвестиционных вложений. Для этого, в частности, могут использоваться базы данных о криминальной обстановке, геологии, состоянии дорог и др.

- **социальное развитие городского хозяйства:** на примере развития города Королева, имеющего статус наукограда (анализ рынка труда и, рынка жилья, состояние имеющегося и сооружаемого жилфонда и пр. и пр.).

## **Зачем мне ГИС?**

### **1. Если вы — бизнесмен**

Люди, занимающиеся бизнесом, используют ГИС в разных областях своей деятельности: для анализа и отслеживания текущего состояния и тенденций изменения интересующей их области рынка; при планировании деловой активности; для оптимального по разным критериям выбора местоположения новых филиалов фирмы или банка, торговых точек, складов, производственных мощностей; с целью поддержки принятия решений; для выбора кратчайших или наиболее безопасных маршрутов перевозок и путей распределения продукции; в процессе анализа риска материальных вложений и урегулирования разногласий; для демографических исследований, определения привязанного к территории спроса на их продукцию; при создании и географической привязке баз данных о земле и домовладении.

### **2. Если Вы управляете крупным предприятием**

Представьте схему работы всего предприятия (с изображением цехов, потоков сырья, продукции и т.д.) с обозначениями вентилей, измерительных приборов, источников и потребителей энергии (атомного горючего, мазута, дров, калаш, - любых измеримых ресурсов). Благодаря возможности ГИС связывать объекты схемы с чем угодно по щелчку мыши (называется "point and click") схема оживает. Значок видеокамеры на схеме вызовет окошко, в которое будет передаваться изображение с камеры; значок измерительного устройства даст показания прибора, значок замка или вентиля вызовет его если значком обозначен сложный объект, то по щелчку можно вызвать его схему (и далее вглубь иерархии), и т.д. и т.п. - возможностей море. Управление и разрешение конфликтов, предотвращение аварий сводится к минимуму операции, повышению надежности, и уменьшению задействованного персонала.

### **3. Бурите нефтяные скважины**

ГИС поможет рассчитать оптимальное количество и расположение скважин, основываясь на результатах бурения, также оптимальный путь трубопровода.

### **4. Занимаетесь охраной предприятия**

ГИС определить оптимальное расположение камер наблюдения и других устройств, затем будет выдавать их сообщения в реальном времени, распечатывать отчеты в заданное время. Представьте себе схему здания, на котором отмечены охранные устройства и информация об их состоянии. И схему действий, появляющуюся при нарушении.

#### **5. Оказываете транспортные услуги**

Вы сможете узнать в любой момент, где находятся ваши грузовики, состояние дорожного покрытия, информацию о пробках на дорогах, оптимальнее рассчитать загруженность транспорта и наиболее эффективную траекторию.

#### **6. Находитесь в торговой сфере**

Вам небезынтересно знать, где отовариваются ваши потенциальные клиенты. Но обладая просто базой данных вы будете знать лишь адреса клиентов и их любимых магазинов/ Представьте себе клиента, который проезжает довольно приличное расстояние, чтобы добраться до нужной ему торговой точки, хотя точно такая же (по ассортименту) находится у него под боком. Значит дело не только в ассортименте? Такого типа информация необходима, чтобы понять поведение потребителя, а это можно проанализировать и понять только рассматривая геодемографические характеристики.

#### **7. Тушите пожары**

Пожарные департаменты получают в руки мощное средство по координированию действий отдельных подразделений, охват и наблюдение за большей площадью, расчет направления огня и прогнозирование скорости его распространения учитывая множество показателей.

#### **8. Проводите маркетинговые исследования**

Использование ГИС приложений помогает переориентировать главную цель маркетинговых усилий с удовлетворения осредненных потребностей населения города или района на оперативное реагирование на запросы каждого человека, живущего или работающего в зоне реализации товаров фирмы. Достижимый при таком подходе принципиально новый уровень сервиса получил наименование персонифицированного маркетинга (personal marketing).

#### **9. Занимаетесь аналитическими услугами**

Прочитав все описанное здесь, вы сможете понять открывающиеся перспективы в области оказания аналитических услуг различным предприятиям.

#### **10. Создаете и размещаете рекламу**

При помощи ГИС вы сможете провести необходимые демографические исследования, выяснить где проживают ваши потенциальные клиенты, по каким дорогам ездят (на самых загруженных и лучше освещенных повесить щиты). Высылать рекламные материалы только тем, кто может быть в ней заинтересован (сообщая каждому кратчайший путь к магазину каждому клиенту от порога его дома). Можно оценить возрастной потенциал и популярность музыкальных групп для проведения рекламных концертов, выбрать наиболее популярное средство массовой информации в данном городе и т.д.

#### **11. Организуете Почтовую службу**

Не обходится без ГИС и такая специфическая область бизнеса, как быстрая доставка корреспонденции. Более 25 лет частная компания Federa 1 Express занимается рассылкой почтовых отправлений по всему миру. В этой требующей особой тщательности работе последние семь лет ей помогают средства геокодирования пакета ARC/INFO. В его базе данных хранятся адреса, почтовые индексы, названия, имена и фамилии миллионов

жителей и организаций разных стран. К соответствующим картам привязаны места их проживания, маршруты и расписания авиарейсов, границы административных районов, другая полезная для успешной работы информация. Все это позволяет справиться с возрастающими потоками корреспонденции.

### **12. Осуществляете банковские услуги**

ГИС поможет вам точно и эффективно расположить филиалы, осуществить инкассацию, оперировать ресурсами в соответствии с состоянием рынка ценных бумаг и других факторов.

### **13. Занимаетесь реставрацией**

Снимки картины в разных областях спектра (в том числе и в невидимых) и сфокусированные на разной глубине материала могут дать в результате анализа много новых данных - от техники работы художника до "истории жизни" картины. Аналогичные методы анализа могут использоваться в неразрушающем контроле зданий и сооружений, вообще любых конструкций. Конечно, это уже не совсем геоинформатика, но общность методов позволяет использовать одни и те же программные средства, есть и практические применения ГИС в не-ГИС областях именно благодаря имеющемуся в ГИС-пространственному анализу.

### **14. Занимаетесь бизнесом?**

Тогда Вы знаете, чтобы выиграть, надо обладать **ИНФОРМАЦИЕЙ**

Теперь представьте, с таким трудом добытые данные пылятся **НА ПОЛКАХ**, из-за невозможности **БЫСТРО ОБРАБОТАТЬ** такой **ОБЪЕМ**

### **ОБИДНО?**

Далее: Вам не надо объяснять, сколько требуется усилий для выуживания каждого бита, и сколько РУДЫ требуется для этого переработать. А сколько проходит мимо, остается незамеченным только потому, что надо было просто взглянуть в **ДРУГОМ РАКУРСЕ**, соотнести с предыдущими данными. Может быть **ТОГДА**, все кусочки сложатся в общую картину? И Вы увидите **ПУТЬ**?

### **Путь к процветанию Вашего бизнеса, выход из кризиса, новая ниша на рынке?**

Просто после нового взгляда на старые данные...

Известно ли Вам, что порядка 80-90 % всех данных, составляют геоданные, то есть, не просто абстрактные, безличные данные, а информация, имеющая свое определенное место на карте, схеме, плане и так далее.

Люди, занимающиеся бизнесом, используют ГИС в разных областях своей деятельности: для анализа и отслеживания текущего состояния и тенденций изменения интересующей их области рынка: при планировании деловой активности: для оптимального по разным критериям выбора местоположения новых филиалов фирмы или банка, торговых точек, складов, производственных мощностей: с целью поддержки принятия решений: для выбора кратчайших или наиболее безопасных маршрутов перевозок и путей распределения продукции: в процессе анализа риска материальных вложений и урегулирования разногласий: для демографических исследований, определения привязанного к территории спроса на их продукцию: при создании и географической привязке баз данных о земле и домовладении.

**Учебно-методические материалы  
для проведения семинарских и практических занятий**

**Тема 1. Введение в ГИС. Процессы информатизации общества.**

В рамках изучения данной темы необходимо подготовить ответы по следующим пунктам:

Определите понятия «данные», «информация» и «знания». В чем их различие?

Какие критерии используются при классификации ГИС?

Сформулируйте одну из задач, в решении которой целесообразно использование ГИС.

Пользуясь самыми общими представлениями о функциях ГИС, предложите пути решения следующих задач, основанных на использовании пространственных данных:

а) оценка возможной зоны затопления в случае наводнения и его прямых последствий (затопление строений жилого и хозяйственного назначения);

б) подтверждение или опровержение гипотезы о негативном влиянии на здоровье жителей жилого массива выбросов в атмосферу отходов крупного химического предприятия;

в) проектирование оптимальной (с точки зрения затрат на строительство) трассы подводного нефтепровода, соединяющего два заранее не заданных пункта на побережье крупного внутреннего водоема, с учетом рельефа и фунтов дна, природно-охранных (распределение нерестилищ, памятников природы и заказников) и других ограничений;

г) оценка числа жителей, обеспеченных устойчивым приемом телепрограмм, транслируемых вновь построенной телевышкой, в условиях горной залесенной местности;

д) создание электронного атласа в Интернет, отражающего оперативные результаты обработки данных Всероссийской переписи населения 2002 г.;

е) выбор места строительства нового супермаркета с учетом конкурентного торгового окружения.

Что составляет предмет и метод геоинформатики?

Какие функции составляют ядро геоинформационных технологий и почему?

Что входит в понятие геоинформационной индустрии?

Какие сегменты образуют геоинформационный рынок?

Когда появились первые геоинформационные системы?

Укажите основные причины и предпосылки, способствовавшие появлению геоинформатики.

В какие годы применение ГИС-технологий стало рентабельным?

**ТЕМА 2. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

В рамках изучения данной темы необходимо подготовить ответы по следующим пунктам:

3) Что такое Инфраструктура пространственных данных?

4) Поясните термин «Техническое обеспечение гис».



### **ТЕМА 3. ОСНОВЫ КАРТОГРАФИИ**

В рамках изучения данной темы необходимо подготовить ответы по следующим пунктам:

4) Какие способы картографического изображения чаще всего применяются в социально-экономическом картографировании?

5) Как следует надписывать водные объекты?

6) Можно ли использовать способ изолиний для отображения расселения населения?

Аргументируйте свой ответ.

### **ТЕМА 4. ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ ГИС**

1) Определите, что входит в понятие «картографические источники».

2) Какие органы государственной власти отвечают за ведение фондов пространственной информации в цифровом виде?

3) Какие из источников информации дают наиболее оперативную пространственную информацию?

4) В чем недостатки использования текстовых материалов в геоинформационных системах?

### **ТЕМА 5. ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В ГИС. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АТЛАСЫ**

1. Объясните, чем отличаются общегеографические карты от тематических?

2. Дайте характеристику географических карт по масштабам.

3. Как классифицируются карты по назначению? Привести примеры.

### **ТЕМА 6. МОДЕЛИ ДАННЫХ ГИС**

Подготовка сообщений по теме:

1) Что представляет собой пространственный объект?

2) В чем суть растровой модели данных в ГИС?

3) Чем растровая модель данных отличается от регулярно-ячеистой и насколько важно различие между ними?

4) Можно ли считать квадратомерную модель данных своеобразной модификацией растровой модели?

5) В чем суть и преимущества векторных моделей данных?

### **ТЕМА 7-10.**

В рамках усвоения данных тем учащимся необходимо разработать свой проект тематической гис, определить необходимые слои информации и разработать структуру данных. В качестве картографической основы может быть использована карта регионов ПФО.

## **Методические рекомендации для студентов по изучению дисциплины «Социально-экономические геоинформационные системы»**

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых возможно делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретико-практических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к семинарским занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар.

Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются семинарские и практические занятия. Семинарские занятия помогают студентам глубже усвоить учебный материал, приобрести навыки творческой работы над документами и первоисточниками. Планы семинарских занятий, их тематика, рекомендуемая литература, цель и задачи ее изучения сообщаются преподавателем на вводных занятиях или в методических указаниях по данной дисциплине.

Прежде чем приступить к изучению темы, необходимо прокомментировать основные вопросы плана семинара, что позволит студентам сориентироваться в основном материале к каждому из вопросов, не задерживаясь на второстепенном.

Начиная подготовку к семинарскому занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

Подготовка к семинарскому занятию условно включает 2 этапа: 1й - организационный; 2й - закрепление и углубление теоретико-практических знаний.

На первом этапе студент планирует свою самостоятельную работу, которая включает: уяснение задания на самостоятельную работу, подбор рекомендованной литературы, составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки. Составление плана дисциплинирует и повышает организованность в работе.

Второй этап включает непосредственную подготовку студента к занятию. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику и тем самым проникнуть в творческую лабораторию автора.

Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс. Студент должен систематически вести записи, создавая свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Важно развивать у студентов умение сопоставлять источники, продумывать изучаемый материал.

При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

**Методические рекомендации для учащихся  
по изучению дисциплины  
«Социально-экономические геоинформационные системы»**

Дисциплина «Социально-экономические геоинформационные системы» считается освоенной учащимся, если он имеет положительные результаты **промежуточного и текущего контроля**. Это означает, что студент освоил необходимый уровень теоретических знаний в области региональных демографических процессов и получил достаточно практических навыков их оценки.

Для достижения вышеуказанного студент должен соблюдать следующие правила, позволяющие освоить дисциплину на высоком уровне:

1. Начало освоения курса должно быть связано с изучением всех компонентов Учебно-методического комплекса дисциплины с целью понимания его содержания и указаний, которые будут доведены до сведения студентов на первой лекции и первом семинарском занятии. Это связано с

- установлением сроков и контроля выполнения индивидуального задания каждым студентом,
- распределением тем докладов и сроки их представления,
- критериями оценки текущей работы студента (контрольных работ, индивидуального задания, работы на семинарских/практических занятиях)

Перед началом курса целесообразно ознакомиться со структурой дисциплины на основании программы, а так же с последовательностью изучения тем и их объемом. С целью оптимальной самоорганизации необходимо сопоставить эту информацию с графиком занятий и выявить наиболее затратные по времени и объему темы, чтобы заранее определить для себя периоды объемных заданий.

2. Каждая тема содержит лекционный материал, список литературы для самостоятельного изучения, вопросы и задания для подготовки к семинарским и/или практическим занятиям, а также материалы для самостоятельной работы. Необходимо заранее обеспечить себя этими материалами и литературой или доступом к ним.

3. Лекционный материал и указанные литературные источники по соответствующей теме **необходимо изучить до посещения соответствующего лекционного занятия**, так как лекция в аудитории предполагает раскрытие актуальных и проблемных вопросов рассматриваемой темы, а не содержания лекционного материала. Таким образом, для понимания того, что будет сказано на лекции, необходимо получить базовые знания по теме, которые содержатся в лекционном материале.

4. Семинар по дисциплине является аудиторным занятием, в процессе которого преимущественно осуществляется контроль знаний, полученных студентом самостоятельно. В связи с этим такое занятие начинается либо с устного опроса либо с контрольной работы, которая может проводиться по

лекционному материалу темы,

литературным источникам, указанным по данной теме

заданиям для самостоятельной работы.

В связи с этим подготовка к семинарскому занятию заключается в том, что бы **до семинарского занятия** изучить лекционный материал и указанные по теме литературные источники выполнить задания для самостоятельной работы.

Подготовка к ней заключается в повторении пройденного материала и повторном решении заданий, которые рассматривались на занятиях, а также в выполнении заданий для самостоятельной работы.

5. Практические занятия по данному курсу имеют особую значимость, так как предполагается, что по окончании курса студент будет обладать не только теоретико-методическими, но и практическими навыками работы в среде программного продукта. В связи с этим следует внимательно и тщательно выполнять все рекомендации преподавателя, знакомиться с дополнительной литературой.

6. Подготовка к экзамену является заключительным этапом изучения дисциплины и является средством текущего контроля. В процессе подготовки к экзамену выявляются вопросы, по которым нет уверенности в ответе либо ответ студенту не ясен.

## **Рекомендации по подготовке к экзамену**

В процессе подготовки к экзамену рекомендуется:

а) повторить содержание лекционного материала и проблемных тем, рассмотренных в ходе семинарских занятий;

б) изучить основные и дополнительные учебные издания, предложенные в списке литературы;

в) повторно прочитать те библиографические источники, которые показались Вам наиболее трудными в ходе изучения дисциплины;

г) проверить усвоение базовых терминологических категорий и понятий дисциплины;

Для успешной сдачи экзамена студенты должны помнить, что семинарские занятия способствуют получению более высокого уровня знаний и, как следствие, более высокой оценки на экзамене;

При оценивании знаний студентов преподаватель руководствуется, прежде всего, следующими критериями:

- правильность ответов на вопросы;
- полнота и лаконичность ответа;
- умение толковать и правильно использовать основную терминологическую базу предмета;
- демонстрировать умение выполнять различные практические задания в среде гис;
- понимать возможности использования инструментария геоинформационного анализа в социально-экономических исследованиях;
- логика и аргументированность изложения;
- культура ответа.

Таким образом, при проведении экзамена преподаватель уделяет внимание не только содержанию ответа, но и форме его изложения.

## Вопросы к экзамену

1. Понятие о геоинформационных системах, ГИС с различных позиций.
2. Применение ГИС в различных науках (экология, география, геоэкология, картография и т.п., примеры), классификация ГИС.
3. Структура интегрированной системы, элементы ГИС как интегрированной системы, системы и подсистемы ГИС, процессы и класс задач.
4. Понятия о базах данных и их разновидностях.
5. Входные и выходные характеристики в базах данных.
6. История развития ГИС и экоинформатики в России.
7. Экспертные системы в ГИС, примеры применения.
8. Общие сведения о системном построении информационной системы.
9. Схема обобщенной ГИС, системный подход при ее разработке.
10. Функциональные возможности ГИС.
11. Обзор ГИС существующих в настоящее время и их функциональные возможности.
12. Место ГИС среди других автоматизированных систем.
13. Системы автоматизированного проектирования.
14. Автоматизированные справочно-информационные системы.
15. Типы экспертных систем для решения задач ГИС.
16. Общие принципы построения моделей данных в ГИС, основные понятия моделей данных.
17. Аспекты рассмотрения моделей данных.
18. Классификационные задачи ГИС.
19. Базовые модели данных, используемые в ГИС. Инфологическая, иерархическая модели.
20. Квадратомическая модель данных.
21. Реляционная модель данных.
22. Модель "сущность-связь".
23. Сетевые, семантические и бинарные модели.
24. Особенности организации данных в ГИС.
25. Координатные данные и их основные типы.
26. Номенклатура и разграфка топографических карт, взаимосвязи между координатными моделями.
27. Атрибутивное описание данных, точность атрибутивных и координатных данных.
28. Векторные и растровые модели.
29. Топологическое описание данных.
30. Оверлейные структуры (слои).
31. Трехмерные модели.
32. Основные виды моделирования в ГИС.
33. Методические основы моделирования в ГИС.
34. Программно-технологические блоки моделирования в ГИС.
35. Функционально-моделирующие операции.
36. Цифровые модели местности.
37. Характеристики цифровых моделей.
38. Структуры (логическая, физическая) и свойства цифровых моделей.

- 39. Методы фотограмметрического проектирования цифровых моделей.
- 40. Инструментальные средства ГИС, назначение и возможности.
- 48. Система MapInfo.
- 50. Применение ГИС: электронные карты.
- 51. ГИС и городское хозяйство.
- 52. ГИС и земельный кадастр.
- 53. ГИС и экология.
- 54. ГИС в бизнесе.
- 56. Что такое проект, виды, таблицы, диаграммы, компоновка и тексты программ.
- 57. Основные кнопки и инструменты перемещения по карте.
- 58. Подготовка карты для отчета и вывод ее на печать, магнитный носитель.
- 59. Создание новой карты.
- 60. Форматы пространственных данных.
- 61. Создание таблиц и добавление данных к объектам на карте.
- 62. Добавление точек на карту по их координатам.
- 63. Надписи и графика на картах.
- 65. Создание новой компоновки.
- 66. Вывод карт на печать и управление изображением атрибутов.
- 69. Доступ к базам данных.
- 75. Построение легенд тем.



### **Схема начисления баллов**

Основу балльно-рейтинговой системы оценки знаний составляет условно принятая максимальная оценка в 100 баллов за дисциплину, означающая 100%-ое овладение студентом знаний по предмету. Условно один балл равен одному проценту освоения студентом программы курса.

Учебный материал дисциплины разбит на разделы, значимость которых в семестре имеет различный весовой коэффициент. Ниже в таблице представлены разделы дисциплины и весовые коэффициенты оценки (баллы) по каждому заданию. Каждый раздел (тема) формирует определенные знания студента в вопросах дисциплины и имеет определенные виды контроля (тесты, практические навыки, коллоквиумы). Студент аттестовывается по каждому виду учебной работы в семестре. Максимальный уровень освоения каждого вида учебной работы равен 100, минимальный – 27,5. Если студент по результатам текущего контроля знаний набрал менее 27,5 баллов, он по этой дисциплине к промежуточной аттестации не допускается. Тем студентам, которым необходимо набрать баллы для допуска к зачету или экзамену, в конце семестра разрешается один раз переписать одну из выполненных контрольных работ по данной дисциплине (по выбору студента) с целью улучшения результата. При этом прежние баллы аннулируются, и работа оценивается заново. При наличии уважительной причины по письменному разрешению директора института любая пропущенная контрольная работа может быть сдана в дополнительный срок, определяемый преподавателем, ведущим предмет до начала зачетно-экзаменационной сессии

К набранным в течении изучения дисциплины баллам добавляется зачетная оценка в интервале от 0 до 50 баллов (см. «Положение об организации текущего и промежуточного контроля знаний студентов в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» от 19.04.2012). Зачет считается пройденным при наборе баллов не менее 55. Неудовлетворительная оценка на экзамене, независимо от количества набранных баллов за семестр, требует повторной его сдачи.

<b>Наименование разделов дисциплины</b>	<b>Формы контроля усвоения материала</b>	<b>Начисляемые баллы</b>
Тема 2. Составные части геоинформационных систем	Работа на Семинарском занятии	2
Тема 3. Основы картографии	Работа на Семинарском занятии	2
	Выполнение творческого задания	2
Тема 4. Организация информации в ГИС. Элементы ГИС	тестирование	2
	Работа на Семинарском занятии	2
Тема 5. Цифрование карт	Работа на Семинарском занятии	2
Тема 6. Модели данных ГИС	Работа на Семинарском занятии	2
	Выполнение творческого задания	3
Тема 7. Визуализация объектов в ГИС	Работа на Семинарском занятии	3
	Выполнение творческого задания	3
Тема 8. Создание слоев ГИС	Работа на Семинарском занятии	3
	Выполнение творческого задания	7
	тестирование	2
Тема 9. Пространственный анализ данных	Работа на Семинарском занятии	3
	Выполнение творческого задания	5
Тема 10. Применение ГИС в социально-экономических исследованиях	Работа на Семинарском занятии	3
	Выполнение творческого задания	4
Итого баллов		50