

# 1. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Геоинформационные технологии и геоинформационные системы (ГИС) являются элементами всеобщей информатизации общества. Это заключается во внедрении ГИС и геоинформационных технологий в науку, производство, образование и применение в практической деятельности получаемой информации об окружающей реальности. Геоинформационные технологии являются новыми информационными технологиями, направленными на достижение различных целей, включая информатизацию производственно-управленческих процессов.

Геоинформационные системы (ГИС), являясь классом информационных систем, имеют свои особенности. Они построены с учетом закономерностей геоинформатики и методов, применяемых в этой науке. ГИС как интегрированные информационные системы предназначены для решения различных задач науки и производства на основе использования пространственно-локализованных данных об объектах и явлениях природы и общества. Геоинформационные технологии в свою очередь можно определить как совокупность программно-технологических средств получения новых видов информации об окружающем мире. Геоинформационные технологии предназначены для повышения эффективности: процессов управления, хранения и представления информации, обработки и поддержки принятия решений.

По своей сути ГИС относятся к классу автоматизированных информационных систем. Автоматизированной информационной системой (АИС) является организационно-техническая система, использующая автоматизированные информационные технологии в целях обучения, информационно-аналитического обеспечения научно-инженерных работ и процессов управления. С другой стороны, ГИС является интегрированной информационной системой. Интегрированные системы построены на принципах интеграции технологий различных систем. Они зачастую применяются настолько в разных областях, что их название не всегда определяет все их возможности и функции. По этой причине не следует связывать ГИС с решением задач только геодезии или географии. «Гео»

в названии геоинформационных систем и технологий определяет объект исследований, а не предметную область использования этих систем.

### 1.1. Геоинформационные системы

Геоинформационная система (ГИС) – это аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координатных данных, интеграцию информации и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием, управлением окружающей средой и территориальной организацией общества [8].

Геоинформатика – 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 и научных целей. Геоинформатика является составной частью **геоматики**. Русский термин «геоинформатика» производный от терминов «гео» – от греч. γαια «земля» и «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. Геоинформатика объединяет 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 [36].

Неразрывно с ГИС связаны геоинформационные технологии. Геоинформационные технологии можно определить как совокупность программно-технологических средств получения новых видов информации об окружающем мире. Геоинформационные технологии предназначены для повышения

эффективности: процессов управления, хранения и представления информации, обработки и поддержки принятия решений [37].

ГИС – это инструмент управления. Является общепризнанным, что географические данные составляют порядка 70 % объёма всей циркулирующей в ГИС информации [8]. ГИС позволяет принимать решения на основе географической информации. В отличие от других типов инструментов обработки информации ГИС понимает концепцию местоположения, так как базируется на информации, привязанной к координатам на карте, и позволяет представить её в графическом виде для интерпретации и принятия управленческих решений.

ГИС может использоваться для решения самых разнообразных аналитических задач, например: создание и распределение кадастровых кварталов, присвоение участкам новых кадастровых номеров в зависимости от их расположения и сопутствующей юридической информации.

В настоящее время ГИС используются местными властями, кадастровыми службами, Росреестром, агентствами по контролю за окружающей средой, службами быстрого реагирования и коммунального хозяйства, в сферах деловой активности и т.д.

Основной единицей в ГИС являются данные. Данные (лат. datum – акт) – совокупность фактов и сведений, представленных в каком-либо формализованном виде для их использования в науке и других сферах человеческой деятельности. Под данными в среде ГИС понимается информация, известная об объектах реального мира; результаты наблюдений и измерений этих объектов. Элемент данных содержит две главные компоненты: географические сведения, описывающие его местоположение в пространстве относительно других объектов (пространственные данные), и атрибутивные данные, которые описывают сущность, характеристики, переменные и значения (рис. 1.1).

Геоданные – это данные о предметах, формах территории и инфраструктурах на поверхности Земли, причем как существенный элемент в них должны присутствовать пространственные отношения (связи).

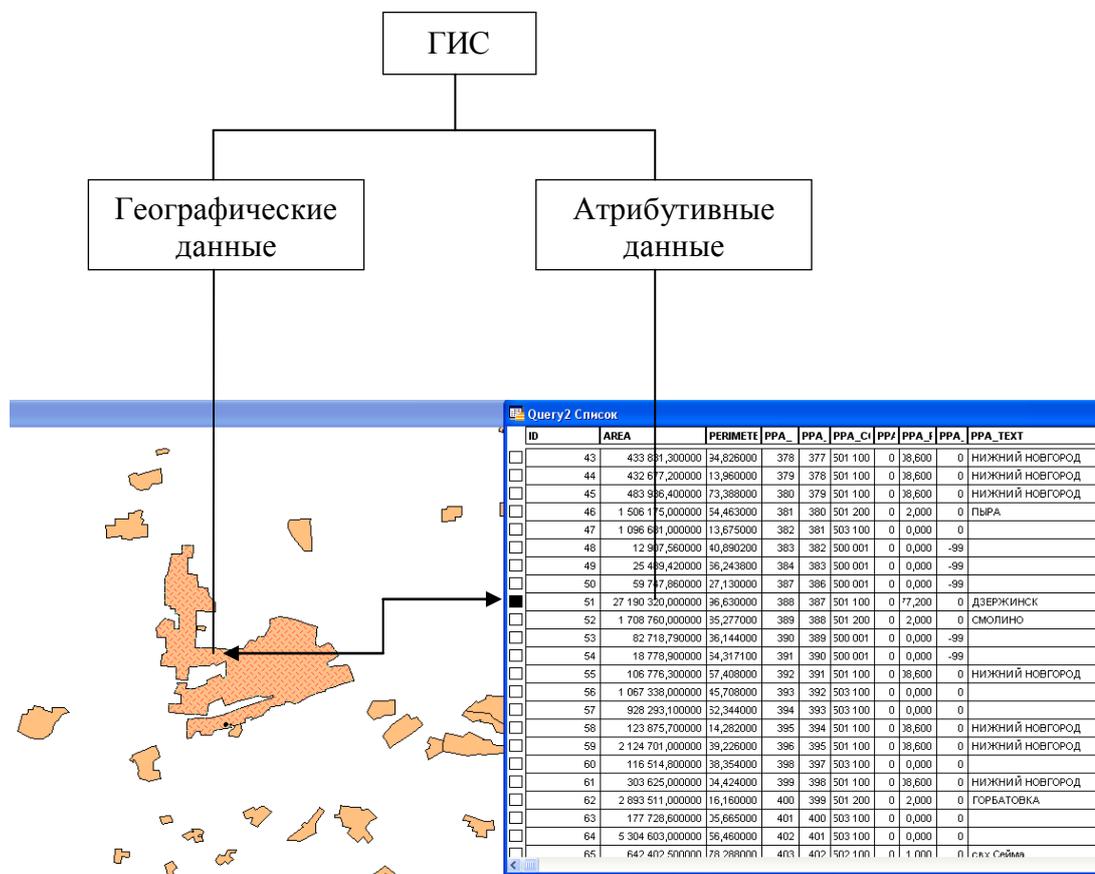


Рис. 1.1. Компоненты данных в ГИС

Геоданные описывают объекты через их положение в пространстве непосредственно (например, координатами) или косвенно (например, связями) [19].

ГИС способна моделировать объекты и процессы, протекающие не только на суше (территории), но и на акваториях морей, океанов и внутренних водоёмов (акватории). Например, ГИС Чёрного моря, ГИС для мониторинга глубоководного газопровода «Голубой поток», средства морской навигации. Менее известны системы, описывающие воздушное пространство (аэроторию): авианавигационные системы, системы планирования и выполнения аэросъёмки. Существуют ГИС для управления полётами в космическом пространстве.

## 1.2. Классификация ГИС

Классификация ГИС возможна по нескольким критериям:

1. По функциональным возможностям:

- полнофункциональные ГИС – общего назначения;

- специализированные ГИС – ориентированные на решение конкретной задачи в какой-либо предметной области;
- информационно-справочные – системы для домашнего и информационно-справочного пользования.

2. По архитектурному принципу построения:

- закрытые системы;
- открытые системы.

Закрытыми называются такие ГИС, которые не имеют возможностей расширения набора функций, позволяют выполнять только те операции с данными, которые однозначно определены на момент покупки. В случае незначительного изменения решаемой задачи такие системы часто оказываются неспособными их решать. В большинстве случаев закрытые системы вообще невозможно изменить, поэтому они имеют низкие цены и короткий жизненный цикл.

В отличие от закрытых открытые системы подразумевают открытость для пользователя, то есть возможность адаптации под его требования. Такие системы имеют специальные средства, обычно языки программирования, предназначенные для создания дополнительных приложений, т.е. нужных пользователю функций обработки данных. Возможность расширения открытых систем позволяет использовать их и при развитии решаемых задач в будущем. Эти системы обычно дороги, но имеют большой жизненный цикл.

3. По территориальному (пространственному) охвату:

- глобальные, или планетарные, ГИС (системы, предназначенные для анализа, решения и прогноза проблем на планетарном уровне);
- общенациональные (направленные на решение задач одного государства, нации);
- государственные (решение пограничных и межгосударственных задач);
- региональные (решение задач отдельных областей, регионов, штатов);
- локальные (решение задач малых городов, сел, поселков и т.д.).

4. По проблемной ориентации:

- экологические и природопользовательские;

- отраслевые (водных ресурсов, лесопользования, геологические, туризма и т.д.);
  - инженерные (проектирование сооружений);
  - имущественные (для обработки кадастровых данных);
  - инвентаризационные;
  - для тематического и статистического картографирования.
5. По тематике:
- социально-экономические;
  - кадастровые;
  - инвентаризационные;
  - туристические.
6. По способу организации пространственных данных:
- векторные (объекты описываются значениями координат);
  - растровые (объекты представляются в виде растрового изображения);
  - гибридные, или интегральные (совмещающие два вида данных).
7. По масштабу:
- мелкомасштабные;
  - среднемасштабные;
  - крупномасштабные.

### **1.3. Подсистемы ГИС**

ГИС как любая система состоит из совокупности связанных между собой подсистем (рис. 1.2). Можно выделить 4 основных подсистемы [8]:

#### **1. Подсистема обработки данных.**

Подсистема обработки данных состоит из следующих элементов:

- получение данных – с карт, растровых изображений или в ходе полевых исследований;
- ввод данных – полученные данные необходимо ввести в цифровую базу данных, например отвекторизовать;

- хранение данных – необходимо решить вопросы: как часто данные используются, как их следует обновлять, являются ли они закрытыми, в каком формате происходит сохранение данных (для каждого программного обеспечения используется свой формат) и др.;

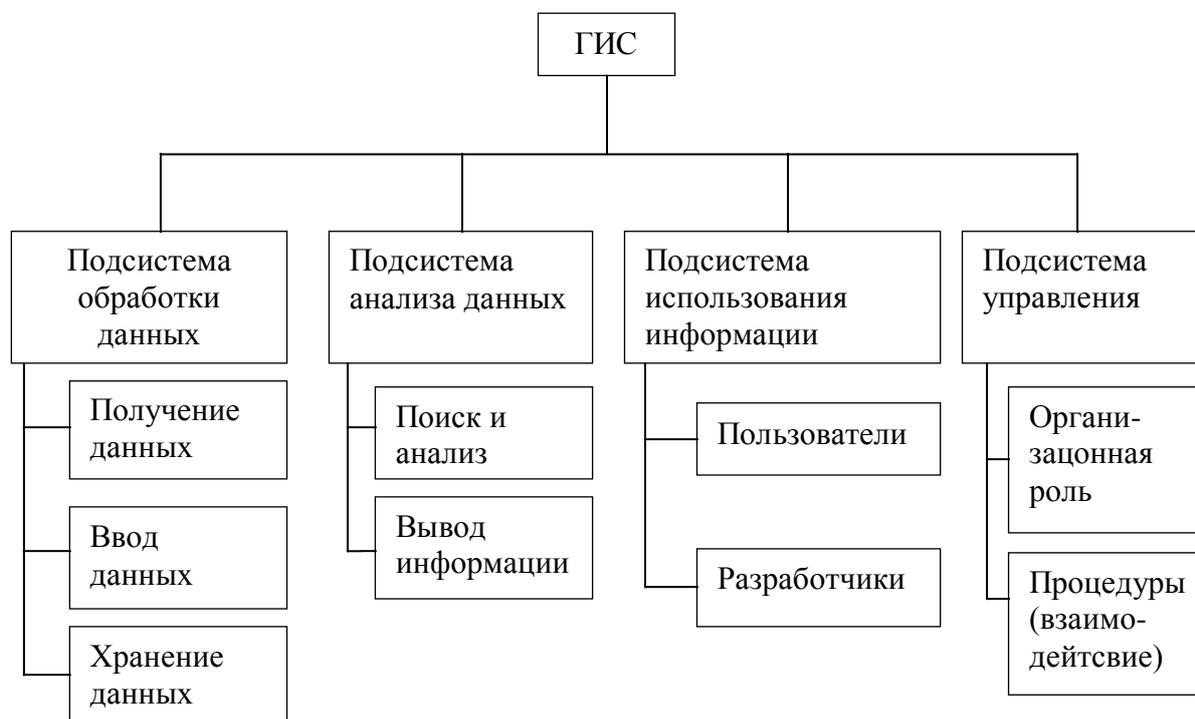


Рис. 1.2. Подсистемы ГИС

## 2. Подсистема анализа данных.

Подсистема анализа данных состоит из следующих элементов:

- поиск и анализ информации – от простых ответов на запросы до сложного статистического анализа, а также анализа больших массивов данных;
- вывод информации – как и куда должна выводиться информация (цифровые карты, планы), на экран, на бумажный носитель, выкладываться в интернет и т.п.

## 3. Подсистема использования информации.

Пользователями могут быть научные работники, специалисты по планированию, управляющий персонал и др. Необходимо наладить взаимодействие пользователей с разработчиками ГИС, чтобы функционал системы соответствовал задачам пользователей.

#### 4. Подсистема управления.

В подсистеме управления можно выделить:

- Организационная роль – отдел ГИС обычно представляет собой отдельное подразделение в составе крупной организации (аналогично вычислительному центру в университетах); его основная задача – оказывать услуги по составлению баз пространственных данных и их анализу. В число сотрудников могут входить: системный программист, администратор базы данных, оператор системы, системный аналитик, операторы устройств ввода графической информации (например, обычно в штате центра ГИС в агентстве по управлению ресурсами насчитывается 5–7 человек).
- Процедуры взаимодействия – для эффективного функционирования системы необходимы тесные контакты группы ГИС и остальных сотрудников организации, для чего создаются необходимые процедуры взаимодействия, или регламенты.

#### **1.4. История ГИС**

Точное время зарождения геоинформационных систем достоверно неизвестно. Хотя один из первых удачных опытов использования «послойного» принципа совмещения и наложения пространственных данных с помощью согласованного набора карт (основной принцип ГИС) датируется XVIII веком. Французский картограф Луи-Александр Бертье (Louis-Alexandre Berthier) использовал прозрачные слои, накладываемые на базовую карту для показа перемещения войск в сражении под Йорктауном (Yorktown).

Появление географических информационных систем относят к началу 60-х годов прошлого века. Именно тогда сложились предпосылки и условия для информатизации и компьютеризации сфер деятельности, связанных с моделированием географического пространства и решением пространственных задач. За прошедшее время пройдено несколько этапов, позволивших создать самостоятельно функционирующую сферу геоинформационных технологий.

Основные достижения в геоинформационной картографии были достигнуты в США, Канаде и Европе.

В истории развития геоинформационных систем выделяют четыре основных периода (табл.1.1) [36, 16].

Таблица 1.1

**Основные исторические периоды развития геоинформационных систем**

<b>I</b>	<b>Новаторский период</b> <i>конец 1950-х – начало 1970-х гг.</i>	Исследование принципиальных возможностей, пограничных областей знаний и технологий, наработка эмпирического опыта, первые крупные проекты и теоретические работы.
<b>II</b>	<b>Период государственных инициатив</b> <i>начало 1970-х – начало 1980-х гг.</i>	Развитие крупных геоинформационных проектов, поддерживаемых государством, формирование государственных институтов в области ГИС, снижение роли и влияния отдельных исследователей и небольших групп.
<b>III</b>	<b>Период коммерческого развития</b> <i>начало 1980-х гг. – настоящее время</i>	Широкий рынок разнообразных программных средств, развитие настольных ГИС, расширение области их применения за счет интеграции с базами непространственных данных, появление сетевых приложений, появление значительного числа непрофессиональных пользователей, системы, поддерживающие индивидуальные наборы данных на отдельных компьютерах, открывают путь системам, поддерживающим корпоративные и распределенные базы геоданных.
<b>IV</b>	<b>Пользовательский период</b> <i>конец 1990-х гг. – настоящее время</i>	Повышенная конкуренция среди коммерческих производителей геоинформационных технологий услуг дает преимущества пользователям ГИС; доступность и «открытость» программных средств позволяет использовать и даже модифицировать программы; появление пользовательских «клубов», телеконференций, территориально разобщенных, но связанных единой тематикой пользовательских групп, возросшая потребность в геоданных, начало формирования мировой геоинформационной инфраструктуры.

**I. Новаторский период (конец 1950-х – начало 1970-х гг.)**

Первый период развивался на фоне успехов компьютерных технологий – появления электронных вычислительных машин (ЭВМ) в 50-х годах, цифрователей, плоттеров, графических дисплеев и других периферийных устройств в 60-х.

Первый крупный успех становления геоинформатики и ГИС – это разработка и создание Географической информационной системы Канады (Canada Geographic Information System, CGIS). CGIS является одним из примеров крупной универсальной

(по тем временам) региональной ГИС национального уровня. Начав свою историю в 60-х годах, эта крупномасштабная ГИС поддерживается и развивается по сей день.

Основателем CGIS считается Роджер Томлинсон (Roger Tomlinson), под руководством которого были разработаны и реализованы многие концептуальные и технологические решения [36].

Данная система создавалась для анализа данных инвентаризации земель Канады в области рационализации землепользования. Самой важной проблемой проекта являлось обеспечение эффективного ввода исходных картографических и тематических данных. Для этого разработчикам ГИС Канады потребовалось создать новую технологию, ранее нигде не применявшуюся, позволяющую оперировать отдельными слоями и делать картометрические измерения. Для ввода крупноформатных земельных планов было даже спроектировано и создано специальное сканирующее устройство – экспериментальный сканер.

Одним из важнейших результатов использования CGIS было создание карт масштаба 1:50 000. Выполнялось наложение и измерение площадей, ранее не использовавшиеся в геоинформатике, применялась абсолютная система координат.

В это же время 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. Основной целью проведенных работ являлось упорядочивание собранных материалов и облегчение процесса 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.

## **II. Период государственных инициатив** *(начало 1970-х – начало 1980 - х гг.).*

Этот период характеризуется большим количеством теоретических разработок, обобщения и критического анализа функционирующих ГИС.

Большое влияние в этот период оказывают теоретические работы в области географии и пространственных взаимосвязей, а также становление количественных методов в географии в США, Канаде, Англии, Швеции (работы У.Гаррисона (William

Garrison), Т.Хагерстранда (Torsten Hagerstrand), Г.Маккарти (Harold McCarty), Я.Макхарга (Ian McNarg).

В середине 70-х гг. в Швеции шла разработка и эксплуатация 12 информационных систем (ГИС или информационных систем, расширяемых до их уровня), сопровождающаяся как успешными достижениями, так и периодами кризисов.

В Канадской ГИС в эти годы успешно решались инвентаризационные задачи путем массового цифрования карт. Однако участие в их разработках научно-исследовательских коллективов, в том числе профессиональных географов Швеции, позволило заложить в их основу некоторые фундаментальные принципы, которые обеспечили их выход в сферы более универсальных областей применения.

Первый и главный шаг, который вывел ГИС из круга баз данных общего назначения, заключался во введении в число атрибутов объектов признака пространства (координат, иерархии административной принадлежности или др.).

Для 70-х годов XX в. характерно достаточно тесное взаимодействие методов и средств геоинформатики с автоматизированной картографией.

В Великобритании в 1964 году Д. Бикмором была создана первая автоматизированная картографическая система в экспериментальной картографической части Королевского колледжа искусств.

Национальное Бюро Переписей США (U.S. Census Bureau) разработало формат GBF-DIME (Geographic Base File, Dual Independent Map Encoding) для обработки и представления данных национальных переписей населения.

В этом формате впервые была реализована схема определения пространственных отношений между объектами, называемая топологией. Это нововведение было предложено математиком Бюро Джеймсом Корбеттом (James Corbett) и реализовано программистами Дональдом Куком (Donald Cooke) и Максфилдом (Maxfield). Таким образом была решена важная проблема, связанная с избыточностью данных при конвертировании напечатанных на бумаге карт в карты цифровые. Проблема заключалась в том, что в те времена каждое пересечение улиц (часто в городах США

улицы образуют решетчатую систему – сетку), вводилось восемь раз. Позже формат GBF-DIME трансформировался в TIGER [18].

Создание, государственная поддержка и обновление GBF-DIME-файлов стимулировали также развитие экспериментальных работ в области ГИС, основанных на использовании баз данных по уличным сетям.

В течение 70-х годов в формате GBF-DIME были созданы карты для всех городов США. Эту технологию и в настоящее время использует множество современных ГИС.

### **III. Период коммерческого развития** (*начало 1980-х – начало 1990-х гг.*).

В 80-е годы наступает период интенсивного развития ГИС, к середине 80-х годов их число приближается к 500. Динамично развивается геоинформационная индустрия, что связано с развивающимися возможностями вычислительных средств, а позже персональных ЭВМ. Создание ГИС стало доступно не только хорошо финансируемым организациям (типа министерства обороны), но и для небольших компаний, образовательных и муниципальных учреждений и даже для частных лиц.

В эти годы начинают разрабатываться и продаваться коммерческие ГИС-программы. Одним из ярких примеров этого периода может стать появление наиболее популярного в мире программного обеспечения ARC/INFO (в настоящее время — ArcInfo) в Институте изучения систем окружающей среды (ESRI Inc, США) [36].

Насыщение рынка программных средств для ГИС, в особенности предназначенных для персональных компьютеров, резко увеличило область применения ГИС-технологий. Геоинформационные технологии проникают во все новые сферы науки, производственной деятельности и образования. Существенно раздвигается круг решаемых задач, осваиваются принципиально новые источники массовых данных для ГИС: данные дистанционного зондирования, включая материалы спутников серии Ландсат, а позднее Spot, данные глобальных систем позиционирования (навигации).

#### **IV. Пользовательский период** *(конец 1990-х гг. – настоящее время)*

В период 90-х годов 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.

Интенсивно велись работы в области моделирования: активно стала внедряться теория фракталов, катастроф, хаоса в географии и особенно применение нейронных сетей для многомерных классификаций и прогнозирования — задач, традиционно важных для всех географических наук.

На этом этапе продолжалось и продолжается в настоящее время интенсивное развитие геоинформационных систем. В области теории совершенствуются фундаментальные понятия, происходит «интеллектуализация» ГИС, обращение к объектно-ориентированным моделям в ГИС, 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.

Совершенствуются способы картографической визуализации в ГИС. Даже традиционные бумажные карты, имеющие самое широкое распространение и применение, стали претерпевать определенные изменения. Они становятся «рельефными», пригодными для визуального и компьютерного считывания, переносятся 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 преобразовываться в электронные атласы, изготавливаемые по индивидуальному «заказу». Традиционными становятся голографические изображения и карты в области «виртуальной реальности».

Очень многочисленными стали примеры интеграции ГИС и Интернет, вплоть до того, что ряд ученых стали называть этот период эпохой Интернет-ГИС.

В настоящее время обозначился новый технологический виток в спирали развития геоинформатики, который готовит ее к новому применению в начавшемся столетии. Это прежде всего мобильные ГИС, интеллектуализация систем, интеграция новых модулей, разработки сценариев развития и т.п.

К сожалению, Россия и бывший СССР не участвовали в мировом процессе развития геоинформационных технологий вплоть до середины 1980-х годов. В России до конца 80-х ГИС разрабатывались Министерством обороны и поэтому были закрытыми [16].

Первые исследования в области геоинформационных технологий в бывшем Советском Союзе были начаты в 80-е годы и, в основном, были связаны с адаптацией зарубежного (западного) опыта. Исследования проводили Институт географии и Дальневосточный научный центр АН СССР, Московский (кафедра картографии и геоинформатики), Казанский, Тобольский, Тартуский и Харьковский университеты. В этот период (середина и вторая половина 80-х годов XX века) были разработаны первые автоматизированные системы картографирования (например, АКС МГУ), осуществлялись исследования пространственного анализа, картографо-математического моделирования, тематического картографирования и их автоматизации.

Первые программные ГИС-пакеты на территории бывшего Советского Союза были разработаны уже после его распада в 90-е годы XX в. Среди них самым известным является пакет GeoDraw / Географ, созданный в 1992 г. в Центре геоинформационных исследований Института географии Российской академии наук (РАН) [36, 26].

Кроме GeoDraw / Географ, в Российской Федерации разработан ряд программных ГИС-пакетов. Самыми известными являются пакеты «Панорама» (Топографическая служба Вооруженных Сил РФ), «Парк» (ООО «Ланек», г. Москва), CSI-MAP (компания «КСИ-технология», г. Санкт-Петербург), Sinteks ABRIS (компания «Трисофт», г. Москва), ObjectLand (ЗАТ «Радом-Т», г. Таганрог) и «Ингео» (компания «Интегро», г. Уфа). Однако большая часть рынка программного ГИС-обеспечения в Российской Федерации представлена продукцией западных фирм – ESRI, Intergraph,

MapInfo, Autodesk и др. С середины 90-х гг. в России начался ГИС-бум, который отчасти продолжается и в настоящее время [36, 26].

Следует также отметить тенденцию, охватившую все информационные системы – появление систем с открытым исходным кодом (Open Source), в основном бесплатных, позволяющих пользователю привлекать программистов и самостоятельно дорабатывать ГИС под свои задачи. Можно выделить два основных источника появления открытых систем: разработанные в университетах системы и платные продукты, ставшие бесплатными и открытыми через какое-то время. Открытые системы распространяются под специальными лицензиями, например GPL, LGPL и др. Может иметься ограничение на коммерческое использование.

### **Вопросы:**

1. Что такое ГИС?
2. Что такое геоинформатика?
3. Что такое геоинформационные технологии?
4. Что такое геоданные?
5. Виды классификации ГИС.
6. Какие ГИС бывают по функциональным возможностям?
7. Какие существуют подсистемы ГИС?
8. Когда появились первые геоинформационные системы?
9. На какие периоды можно разделить историю становления геоинформатики?