**Понятие о геоинформатике. Основные понятия и термины геоинформатики. Связь геоинформатики с другими науками (с картографией, геодезией, информатикой), с дистанционным зондированием Земли. Роль геоинформатики в современной географии и современное развитие геоинформатики.**

# Сегодня проблема получения, хранения, обработки и использования информации о территориях выделилась в отдельную научно-технологическую дисциплину – геоинформатику. Геоинформатика, как область деятельности, появилась во второй половине XX века в связи с развитием электронно-вычислительной техники и появлением первых геоинформационных систем. Геоинформатика – область деятельности в географии, геологии и др. науках о Земле, в рамках которой решаются задачи сбора, хранения и обработки информации о природных и социально-экономических системах, понятие, обозначающее автоматическую переработку пространственно-временной информации о геосистемах различного иерархического уровня и территориального охвата (Сербенюк С.Н. 1990). Геоинформатика – научная дисциплина, изучающая природные и социально-экономические геосистемы (их структуру, связи, динамику, функционирование в пространстве-времени) посредством компьютерного моделирования на основе баз данных и географических знаний (Берлянт А.М.). Берлянт А.М., кроме того, отмечает триединство геоинформатики как науки, техники и производства. Предмет геоинформатики – пространственно - временные информационные потоки геологической и географической среды. Метод геоинформатики – пространственно - временное информационное моделирование. Как наука, геоинформатика рассматривает управление геосистемами, включая их инвентаризацию, оценку, прогнозирование, оптимизацию и т.п.

# Как производство и технология, геоинформатика (геоинформационная индустрия) рассматривает процессы изготовления аппаратуры, создания коммерческих программных продуктов и ГИС-оболочек, баз данных, систем управления, компьютерных систем.

Геоинформатика как наука имеет дело с теми же объектами, что и география, другие науки о Земле, картография, дистанционное зондирование, т.е. с природными, общественными и природно-общественными геосистемами, но использует при этом свои особые средства и методы. Главные из них — компьютерное моделирование и тесно сопряженное с ним геоинформационное картографирование, речь о котором пойдет ниже. Картография и геоинформатика связаны во многих отношениях. Карты и атласы — один из главных источников получения пространственной и временной информации для компьютерной обработки. А вся иная «некартографическая» информация, используемая в геоинформационных системах, все равно, так или иначе, привязывается к картам, причем основой для такой привязки служат системы координат, принятые в картографии. Наконец, очень важно, что итоговая информация опять-таки чаще всего выдается потребителю в картографической форме, которая наиболее привычна и удобна ему.

Стремление к интеграции настолько сильно в современной картографии и смежных с нею дисциплинах, что ведет к попыткам формирования синтетических научных направлений. Одно из них возникло под названием «геоматика» (термин geomatique первоначально появился в канадской франкоязычной научной литературе), что как бы символизирует тесное взаимодействие геонаук и информатики. В некоторых трактовках геоматика обнимает и такие дисциплины, как математика, физика, информатика, картография, геодезия, фотограмметрия и дистанционное зондирование. В таком понимании геоматика предстает суперсистемой с очень широким диапазоном — от физики до геодезии. Но все же в реальном практическом плане геоматика близка к геоинформатике и почти совпадает с ней по своим задачам, технологиям и методам.

Предложены различные концептуальные модели связи картографии, дистанционного зондирования и геоинформатики. В одних из них доминирует картография, включающая в себя геоинформатику (как автоматизированное картографирование) и дистанционное зондирование (как источник данных для картографирования). В других моделях, наоборот, доминирует геоинформатика, охватывающая, картографию и дистанционное зондирование как некие подсистемы. Но наиболее верно рассматривать эти три дисциплины как самостоятельные, частично перекрывающиеся и тесно взаимодействующие между собой отрасли знания.

**Понятие об информационных системах (ИС) и географических информационных системах (ГИС).**

# Термин «система» произошел от греческого system и трактуется как «целое, составленное из отдельных частей». Следовательно, под *системой* понимается совокупность разнородных элементов, представляющих объект как единое целое. В информатике понятие «система» имеет множество смысловых значений. Чаще всего оно используется применительно к набору технических средств и программ. В частности, информационная система (ИС) состоит из совокупности самостоятельных, но взаимосвязанных элементов. Современное понимание информационной системы предполагает использование персонального компьютера в качестве основного технического средства обработки информации. Компьютеры вместе с программным обеспечением являются технической базой и инструментом для формирования информационных систем. Таким образом, *информационная система* представляет собой взаимосвязанную совокупность технических средств, программного обеспечения и методов, используемых операторами для хранения, обработки и выдачи потребителям информации. Информационная система немыслима без человека (оператора), взаимодействующего с компьютером.

Важнейшими принципами построения эффективных информационных систем являются следующие.

Принцип интеграции, заключающийся в том, что обрабатываемые данные, однажды введенные в систему, многократно используются для решения большого числа задач.

***Принцип системности***, заключающийся в обработке данных в различных аспектах, чтобы получить информацию, необходимую для принятия решений на всех уровнях управления.

***Принцип комплексности***, заключающийся в механизации и автоматизации процедур преобразования данных на всех этапах функционирования информационной системы.

Информационные системы также классифицируются:

* по функциональному назначению: производственные, коммерческие, финансовые, маркетинговые и др.;
* по объектам управления: информационные системы автоматизированного проектирования, управления технологическими процессами, управления предприятием (офисом, фирмой, корпорацией, организацией) и т. п.;
* по характеру использования результатной информации: информационно-поисковые, предназначенные для сбора, хранения и выдачи информации по запросу пользователя; информационно-советующие, предлагающие пользователю определенные рекомендации для принятия решений (системы поддержки принятия решений); информационно-управляющие, результатная информация которых непосредственно участвует в формировании управляющих воздействий.

Структуру информационных систем составляет совокупность отдельных ее частей, называемых подсистемами.

Информационные системы в настоящее время используются в различных сферах деятельности человека. Однако довольно часто у пользователей возникает необходимость определения пространственного положения изучаемых объектов. Любая пространственная информационная система формируется на принципах, которые присущи всем информационным системам. Такие системы представляются как автоматизированные информационные системы, предназначенные для отображения и анализа естественных, а также искусственных объектов, расположенных в пределах земной поверхности. Пространственная привязка изучаемых объектов послужила основанием для введения термина «географические информационные системы» (ГИС). 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 российский 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». Единое определение ГИС сформулировать достаточно сложно, поскольку их возможности могут рассматриваться с различных точек зрения. Это существенным образом видоизменяет сложившееся понятие о функциональных возможностях геоинформационных систем. В настоящее время имеют место несколько десятков определений ГИС. Объясняется это не только популярностью систем, но и областью их применения. В частности, под ГИС понимается:

* комплекс аппаратно-программных средств, используемых человеком для хранения, отображения географических (пространственно-разнесенных) данных и манипулирования ими;
* внутренне позиционированная автоматизированная пространственная информационная система, создаваемая для управления данными, их картографического отображения и анализа;
* аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно координированных данных, интеграцию знаний о территории для их эффективного использования в процессе решения научных и прикладных географических задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой, а также территориальной организацией общества;
* система, в состав которой входят компоненты для сбора, передачи, хранения, обработки и выдачи информации о территории;
* система, включающая базу данных, техническое оснащение, специализированное математическое обеспечение и пакеты программ,
* предназначенные для расширения базы данных, манипулирования данными, их визуализации, а также принятия решений о том или ином варианте хозяйственной деятельности;
* информационная система, которая обеспечивает ввод, манипулирование, анализ, преобразование и вывод пространственно-ориентированных данных.

Как видно из приведенных определений, термин «геоинформационные системы» базируется на двух принципиально различающихся понятиях. Во-первых, ГИС представляется как программное средство, программная оболочка, с помощью которой создается и используется информационно-справочная или информационно-аналитическая система, а также система поддержки принятия решений в какой-либо предметной области. В данном смысле часто имеются в виду инструментальные ГИС. Во-вторых, ГИС представляются как информационно-справочные системы, которые создаются и функционируют с помощью инструментальных ГИС. При этом ГИС включают программные средства, которыми оснащены рабочие места, а также информацию и конкретные структуры данных.

**Классификация ГИС (по функциональным возможностям, по пространственному охвату, по проблемно-тематической ориентации, по способу организации географических данных). Структура ГИС. Программное, аппаратное и информационное обеспечение ГИС.**

Любую ГИС можно отнести по одному или нескольким признакам к тому или иному классу.

Классификация ГИС по архитектурному принципу построения: закрытые системы не имеют возможностей расширения, они способны выполнять только тот набор функций, который однозначно определен на момент покупки; открытые системы отличаются легкостью приспособления, возможностями расширения, так как могут быть достроены самим пользователем при помощи специального аппарата (встроенных языков программирования).

Классификация ГИС по аппаратной основе: ГИС профессионального уровня; ГИС настольного типа; интернет ГИС.

Классификация ГИС по территориальному охвату: глобальные (планетарные) ГИС; субконтинентальные; национальные (государственные); региональные; субрегиональные; локальные (местные); сублокальные.

Классификация ГИС по проблемно-тематической ориентации: общегеографические; экологические и природопользовательские; отраслевые (водных ресурсов, геологические, туризма и т.д.).

По функциональным возможностям: универсальные (инструментальные, полнофункциональные); специализированные; ГИС-вьюверы.

Классификация ГИС по используемой модели данных: векторные ГИС; растровые ГИС; гибридные ГИС.

Другие виды классификации ГИС: интегрированные ГИС; полимасштабные ГИС; пространственно-временные ГИС.

ГИС включают в себя пять ключевых составляющих: аппаратные средства, программное обеспечение, данные, исполнители и методы.

Аппаратные средства - это компьютер, на котором запущена ГИС. В настоящее время ГИС работают на различных типах компьютерных платформ, от централизованных серверов до отдельных или связанных сетью настольных компьютеров.

Программное обеспечение ГИС содержит функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и визуализации географической (пространственной) информации. Ключевыми компонентами программных продуктов являются: - инструменты для ввода и оперирования географической информацией система управления базой данных (DBMS или СУБД); - инструмент поддержки пространственных запросов, анализа и визуализации (отображения); - графический пользовательский интерфейс (GUI или ГИП) для легкого доступа к инструментам и функциям.

Данные в Гис – очень важный компонент, они могут быть позиционные (географические): местоположение объекта на земной поверхности и непозиционные (атрибутивные): описательные.

Исполнителями именуют людей, которые работают с программными продуктами и разрабатывают планы их использования при решении реальных задач. Целесообразно выделять живых людей как компонент, так как для эффективной работы географической информационной системы необходимо соблюдение методов, предусмотренных разработчиками, поэтому без подготовленных исполнителей даже самая удачная разработка может утратить всякий смысл. Пользователями ГИС могут быть как технические специалисты, разрабатывающие и поддерживающие систему, так и обычные сотрудники (конечные пользователи), которым ГИС помогает решать текущие каждодневные дела и проблемы.

Методы. Успешность и эффективность (в том числе экономическая) применения ГИС во многом зависит от правильно составленного плана и правил работы, которые составляются в соответствии со спецификой задач и работы каждой организации.

Структура ГИС, как правило, включает четыре обязательные подсистемы (функции):

1) Ввода данных, обеспечивающую ввод и/или обработку пространственных данных, полученных с карт, материалов дистанционного зондирования и т.д.;

2) Хранения и поиска, позволяющую оперативно получать данные для соответствующего анализа, актуализировать и корректировать их;

3) Обработки и анализа, которая дает возможность оценивать параметры, решать расчетно-аналитические задачи;

4) Представления (выдачи) данных в различном виде (карты, таблицы, изображения, блок-диаграммы, цифровые модели местности и т.д.).

**Понятие о данных, информации и знаниях. Источники данных и их типы. Форматы данных. Понятие о базе данных (БД).**

Применительно к характеризуемой нами 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». «Данные», 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.

Данные - это совокупность сведений, зафиксированных на определенном носителе в форме, пригодной для постоянного хранения, передачи и обработки. Преобразование и обработка данных позволяет получить информацию

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». Такое понимание основывается на существовании в современной науке нескольких парадигм, которые с разных сторон стараются объяснить факты и явления информационного порядка.

Информация - это результат преобразования и анализа данных. Отличие информации от данных состоит в том, что данные - это фиксированные сведения о событиях и явлениях, которые хранятся на определенных носителях, а информация появляется в результате обработки данных при решении конкретных задач. Например, в базах данных хранятся различные данные, а по определенному запросу система управления базой данных выдает требуемую информацию. Применительно к ГИС под информацией понимается совокупность сведений,  определяющих  меру  наших  знаний  об объекте.

Существуют и другие определения информации, например, информация – это сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, свойствах и состоянии, которые уменьшают имеющуюся о них степень неопределенности, неполноты знаний.

Определений «знания» также много, как и определений «информации». Так, Л. Бриллюен считает, что информация отлична от знания, «для которого у нас нет количественной меры». Д.И.Блюменау приводит 10 (!) определений понятия «знание» различных авторов, и сам определяет информацию как знание, включенное непосредственно в коммуникативный процесс. 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).

«Знания» в философском их понимании — отражение семантических аспектов окружающей действительности в мозгу человека или даже в технической системе. Отметим также историческую последовательность привлечения данных, информации и знаний в геоинформатике. Так, вначале появились банки данных, позднее оформились географические информационные системы и, наконец, появились системы, основанные на знаниях, — интеллектуальные системы. Наиболее общее определение: знание – результат познания действительности, получивший подтверждение в практике. Научное знание отличается своей систематичностью, обоснованностью и высокой степенью структуризации.

Знания – это зафиксированная и проверенная практикой обработанная информация, которая использовалась и может многократно использоваться для принятия решений.

Знания – это вид информации, которая хранится в базе знаний и отображает знания специалиста в конкретной предметной области. Знания – это интеллектуальный капитал.

Формальные знания могут быть в виде документов (стандартов, нормативов), регламентирующих принятие решений или  учебников, инструкций с описанием решения задач.

Неформальные знания – это знания и опыт специалистов в определенной предметной области. Необходимо отметить, что универсальных определений этих понятий (данных, информации, знаний) нет, они трактуются по-разному. Информационные системы можно рассматривать как эффективный инструмент получения знаний.

Принятия решений осуществляются на основе полученной информации и имеющихся знаний. Принятие решений – это выбор наилучшего в некотором смысле варианта решения из множества допустимых на основании имеющейся информации.

Для решения поставленной задачи фиксированные данные обрабатываются на основании имеющихся знаний, далее полученная информация анализируется с помощью имеющихся знаний. На основании анализа, предлагаются все допустимые решения, а в результате выбора принимается одно наилучшее в некотором смысле решение. Результаты решения пополняют знания. В зависимости от сферы использования информация может быть различной: научной, технической, управляющей, экономической и т.д.

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 таком подходе нельзя поставить в один ряд с географическими системами геологические, геофизические и другие системы, что также встречается в литературе. Они все являются пространственными, а следовательно, и географическими. Естественно и то, что ГИС объединяет в единую систему пространственную информацию и информацию других типов для решения пространственных задач.

В качестве источников данных для формирования ГИС служат:

- картографические материалы (топографические и общегеографические карты, карты административно-территориального деления, кадастровые планы и др.). Сведения, получаемые с карт, имеют территориальную привязку, поэтому их удобно использовать в качестве базового слоя ГИС. Если нет цифровых карт на исследуемую территорию, тогда  графические оригиналы карт преобразуются в цифровой вид.

- данные дистанционного зондирования (ДДЗ) все шире используются для формирования баз данных ГИС. К ДДЗ, прежде всего, относят материалы, получаемые с космических носителей. Для дистанционного зондирования применяют разнообразные технологии получения изображений и передачи их на Землю, носители съемочной аппаратуры (космические аппараты и спутники) размещают на разных орбитах, оснащают разной аппаратурой. Благодаря этому получают снимки, отличающиеся разным уровнем обзорности и детальности отображения объектов природной среды в разных диапазонах спектра (видимый и ближний инфракрасный, тепловой инфракрасный и  радиодиапазон). Все это обуславливает широкий спектр экологических задач, решаемых с применением ДДЗ.

К методам дистанционного зондирования относятся и аэро- и наземные съемки, и другие неконтактные методы, например гидроакустические съемки рельефа морского дна. Материалы таких съемок обеспечивают получение как количественной, так и качественной информации о различных объектах природной среды.

- материалы полевых изысканий территорий, включают данные топографических, инженерно-геодезических изысканий, кадастровой съемки, геодезические измерения природных объектов, выполняемые нивелирами, теодолитами, электронными тахеометрами, GPS приемниками, а также результаты  обследования территорий с применением геоботанических и других методов, например, исследования по перемещению животных, анализ почв и др.

- статистические данные содержат данные государственных статистических служб по самым разным отраслям народного хозяйства, а также данные стационарных измерительных постов наблюдений (гидрологические и метеорологические данные, сведения о загрязнении окружающей среды и т. д)).

-  литературные данные (справочные издания, книги, монографии и статьи, содержащие разнообразные сведения по отдельным типам географических объектов).

В ГИС редко используется только один вид данных, чаще всего это сочетание разнообразных данных на какую-либо территорию.

Любая ГИС работает с различными типами данных, описывающих
изучаемые объекты: пространственными, атрибутивными, тематическими,
метрическими и семантическими. Эти данные являются наиболее дорогостоящим элементом системы и занимают значительный объем памяти.

Форматы данных определяют способ хранения информации на жестком диске, а также механизм ее обработки. Модели данных и форматы данных определенным способом взаимосвязаны.

Существует большое количество форматов данных. Можно отметить, что во многих ГИС поддерживаются основные форматы хранения растровых данных (TIFF, JPEG, GIF, BMP, WMF, PCX), а также GeoSpot, GeoTIFF, позволяющие передавать информацию о привязке растрового изображения к реальным географическим координатам, и MrSID - для сжатия информации. Наиболее распространенным среди векторных форматов является - DXF.

Все системы поддерживают обмен пространственной информацией (экспорт и импорт) со многими ГИС и САПР через основные обменные форматы: SHP, E00, GEN (ESRI), VEC (IDRISI), MIF (MapInfo Corp.), DWG, DXF (Autodesk), WMF (Microsoft), DGN (Bentley).

Довольно часто для эффективной реализации одних компьютерных операций предпочитают векторный формат, а для других растровый. Поэтому, в некоторых системах реализуются возможности манипулирования данными  в том и в другом формате, и функции преобразования векторного в растровый, и наоборот, растрового в векторный форматы.

Совокупность цифровых данных о пространственных объектах образует множество пространственных данных и составляет содержание баз географических данных, определяет принципы построения информационного обеспечения ГИС.

База данных (БД) – совокупность данных организованных по определенным правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными

Выявление географических объектов и явлений и последующий выбор адекватного представления данных о них являются составной частью процесса, именуемого проектированием базы данных (БД).  В ГИС пользователь рассматривает реальный мир через призму тематической базы данных. Измерения и выборки, содержащиеся в базе данных, должны как можно полнее и точнее соответствовать предмету исследования и его основным характеристикам. Представление данных должно учитывать типы их возможных преобразований. К созданию БД ГИС предъявляются высокие требования, связанные с пространственной формой организации и представления данных

В процессе проектирования БД обычно выделяют три основных уровня: концептуальный, логический и физический.  Концептуальный уровень не зависит от имеющихся аппаратных и программных средств. Для БД ГИС он связан с концептуальной моделью географических данных и включает: описание и определение рассматриваемых объектов; установление способа представления географических объектов в базе данных; выбор базовых типов пространственных объектов — точки, линии, ареалы, ячейки растра; решение вопроса о способе представления размерности и взаимосвязей реального мира в БД (например, следует ли показать здание в виде ареала или точки). На концептуальном уровне определяется и содержание базы данных, в свою очередь определяемое сутью явления, характером его пространственного распространения и задачами, для которых создается БД. Здесь следует выделить задачи создания одной или серии карт, комплексного картографирования, создания синтетических карт для многоцелевого и многократного использования. Логический уровень определяется имеющимися программными средствами и практически не зависит от технического обеспечения. Он включает разработку логической структуры элементов базы данных в соответствии с системой управления базами данных (СУБД), используемой в программном обеспечении. Наиболее распространенными логическими структурами — моделями БД и их СУБД — являются иерархическая, сетевая, реляционная и объектно-ориентированные.

Создание БД и обращение к ней (по запросам) осуществляется с помощью системы управления базами данных (СУБД).

**Понятие о базах географических данных. Требования, предъявляемые к базе данных и проектированию баз данных. Сетевая, иерархическая, реляционная, объектно- ориентированная БД. Системы управления базами данных в ГИС. Пространственные запросы к БД ГИС.**

**В** процессе проектирования БД обычно выделяют три основных уровня: концептуальный, логический и физический.

Концептуальный уровень не зависит от имеющихся аппаратных и программных средств. Для БД ГИС он связан с концептуальной Моделью географических данных и включает: описание и определение рассматриваемых объектов; установление способа представления географических объектов в базе данных; выбор базовых типов пространственных объектов — точки, линии, ареалы, ячейки Растра; решение вопроса о способе представления размерности и взаимосвязей реального мира в БД (например, следует ли показать здание в виде ареала или точки). На концептуальном уровне определяется и содержание базы данных, в свою очередь определяемое сутью явления, характером его пространственного распространения и задачами, для которых создается БД. Здесь следует выделить задачи создания одной или серии карт, комплексного картографирования, создания синтетических карт для многоцелевого и многократного использования.

Логический уровень определяется имеющимися программными средствами и практически не зависит от технического обеспечения. Он включает разработку логической структуры элементов базы данных в соответствии с системой управления базами данных (СУБД), используемой в программном обеспечении. Наиболее распространенными логическими структурами — моделями БД и их СУБД — являются иерархическая, сетевая, реляционная

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

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

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

Реляционные СУБД завоевали самую широкую популярность. Они свободны от всех ограничений, связанных с организацией хранения данных и спецификой запоминающих устройств. Эти модели имеют табличную структуру (рис. 16, в): строки таблицы соответствуют одной записи сведений об объекте, а столбцы — поля — содержат однотипные характеристики всех объектов. Всевозможные способы индексации данных существенно сокращают время поиска и запроса к данным. К числу наиболее известных СУБД реляционного типа относятся dBASE, Clipper, Foxbase, Paradox, ORACLE (последняя особенно подходит для больших объемов данных).

Физический уровень связан с аппаратными и программными средствами. На этом уровне определяются объемы хранимой в БД информации и необходимые объемы памяти компьютера (оперативной и долговременной), рассматриваются вопросы о структурировании файлов на диске или других носителях информации для обеспечения программного доступа к ним, представления данных в памяти компьютера (целые, действительные числа, байты или буквенно-цифровые характеристики).

Объектно-ориентированные модели применяют, если геометрия определенного объекта способна охватывать несколько слоев, атрибуты таких объектов могут наследоваться, для их обработки применяют специфические методы.

  Для обработки данных, размещенных в таблицах необходимы дополнительные сведения о данных, их называют метаданными.

Метаданные - данные о данных: каталоги, справочники, реестры и иные формы описания наборов цифровых данных.

Как правило, ГИС создаются на основе уже существующих систем управления базами Данных (СУБД), приобретение или аренда СУБД составляет основную часть затрат на программное обеспечение системы. СУБД выполняет множество функций, которые в противном случае следовало бы программировать в ГИС. Различают два пути использования СУБД в ГИС:

1) выполнение ГИС-процедур полностью через СУБД, тогда Доступ ко всем данным осуществляется только через СУБД и все данные должны удовлетворять требованиям, заложенным при ее разработке;

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

ГИС добавляет географический аспект к уже существующим методам поиска и запроса. Сложность и разнообразие представления данных в ГИС, различимость в представлении позиционной и атрибутивной составляющей информации, необходимость ее обработки в контексте пространственной близости предъявляют своеобразные и повышенные требования к СУБД по сравнению с традиционной формой их использования.

Функции СУБД. Каждую СУБД принято характеризовать способностью выполнять следующие основные функции [К. Дейт, 1980 Дж. Ульман, 1983]:

* + управление данными во внешней памяти;
	+ управление буферами оперативной памяти;
	+ операции над БД;
* обеспечение надежности хранения данных в БД;
	+ поддержка языка управления БД.

Управление данными во внешней памяти. Эта функция обеспечивает организацию структуры внешней памяти как для хранения данных, входящих в БД, так и для служебных целей, например, для ускорения доступа к данным. В некоторых СУБД используются возможности файловых систем, в других работа производится на уровне функционирования устройств внешней памяти. В любом случае пользователи СУБД не обязаны знать, какая структура используется или как организованы файлы. Обычно в СУБД создается собственная система наименования объектов БД.

Управление буферами оперативной памяти. СУБД обычно работают с БД значительного размера, существенно большего доступного объема оперативной памяти. Для того чтобы СУБД не зависела от скорости работы устройств внешней памяти, используется организация собственных наборов буферов оперативной памяти с определенными правилами замены и обновления буферов.

Операции над БД. Последовательность операций над БД, рассматриваемых СУБД как единое целое, называется транзакцией. При выполнении транзакции СУБД либо фиксирует во внешней памяти изменения в БД, произведенные этой транзакцией, либо не производит никаких изменений. Понятие транзакции важно для сохранения логической целостности БД, особенно в многопользовательских СУБД. Каждая транзакция начинается при целостном состоянии БД и оставляет это состояние целостным после своего завершения. При эффективном управлении параллельно выполняющимися транзакциями со стороны СУБД каждый из пользователей может ощущать себя единственным ее пользователем. Управление транзакциями в многопользовательской СУБД осуществляется с помощью специальных операций, которые объединяют транзакции одного пользователя в серии (сериализация транзакций), при этом суммарный эффект смеси транзакций эквивалентен эффекту их последовательного выполнения. Существует несколько базовых алгоритмов сериализации транзакций, среди которых наиболее распространены алгоритмы, основанные на синхронизационных захватах объектов БД.

Следует рассматривать системы управления базами данных в отношении ГИС не столько в качестве модуля управления базой пространственных данных (создание, наполнение, поддержание БД в корректном состоянии), сколько в качестве специализированных средств пространственного анализа геоинформации. Рассматриваемая с данной точки зрения СУБД является компонентой, позволяющей обеспечить основное назначение геоинформационных систем – анализ и обобщение информации с пространственно-временной привязкой в целях принятия решения на уровне управления геопространством. В данном случае под пространственным анализом следует понимать получение таких данных в результате запроса пользователя, которые в явном виде не содержатся в базе данных.

Для работы с базами данных Используются специальные языки, называемые языками баз данных. Первоначально в СУБД поддерживалось несколько специализированных по функциям языков. В современных СУБД обычно поддерживается единый интегрированный язык, содержащий все необходимые средства для работы с БД, начиная от ее создания, и обеспечивающий базовый пользовательский интерфейс с базами данных. Стандартным языком наиболее распространенных в настоящее время реляционных СУБД является язык SQL (Structured Query Language). Язык SQL позволяет определять схему реляционной БД и манипулировать данными. При этом именование объектов БД (таблиц и их столбцов) поддерживается на языковом уровне в том смысле, что компилятор языка SQL производит преобразование имен объектов в их внутренние идентификаторы на основании специально поддерживаемых служебных таблиц-каталогов. Внутренняя часть СУБД (ядро) вообще не работает с именами таблиц и их столбцов.

**Модели пространственных данных. Понятие о цифровых и аналоговых данных. Понятие о пространственном объекте и пространственных данных. Растровая, регулярно-ячеистая (матричная), квадротомическая, векторная, векторная топологическая, векторная нетопологическая модели 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. Термин «цифровая модель» нельзя признать удачным — он отражает внешнюю форму их представления, а не его суть как набор логических правил построения системы из слагающих ее элементов — в данном случае элементарных (атомарных) пространственных объектов, имеющих аналогии в компьютерной графике и называемых там графическими примитивами. Цифровые по форме, по своей сути модели пространственных данных относятся к типу информационных моделей, отличных от реальных (например, физических), математических, мысленных или моделей особого типа, например, картографических. Объектом информационного моделирования в ГИС является пространственный объект. Это одно из ключевых понятий геоинформатики. Он может быть определен как цифровое представление (модель) объекта реальности (местности), содержащее его местоуказание и набор свойств (характеристик, атрибутов), или сам этот объект. Некоторое множество цифровых данных о пространственных объектах 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, пэл) — 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 аппликатой Z, которая входит в число атрибутов образующих ее объектов; оболочка тела;

• тело — 3-мерный (объемный) объект, описываемый тройкой (триплетом) координат, включающей аппликату 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, о которых речь пойдет ниже. 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 (нёпозиционные, непространственные) 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.

Четкое разделение позиционных и непозиционных данных — историческая традиция, имеющая определенные технологические корни. Управление атрибутивной частью данных обычно возлагается на средства систем управления базами данных (СУБД), встроенных в программные средства ГИС или внешних по отношению к ним. В наиболее яркой форме оно реализовано в рассмотренной ниже векторной модели данных, атрибуты которой представлены таблицей, хранятся и управляются СУБД, поддерживающей реляционную модель данных, а их позиционная часть, связанная с атрибутивной через идентификаторы пространственных объектов, управляется другими средствами. Модели пространственных данных такого типа получили широкое распространение и наименование геореляционных. Будучи еще недавно практически единственной и став классической, геореляционная модель не выглядит достаточно изящной. Современной альтернативой этой модели является интегрированный подход, когда и атрибутивная, и тополого-геометрическая части данных хранятся и управляются в единой среде СУБД, а также объектный и объектно-реляционный подходы (и одноименные им типы моделей данных).

Объектно-ориентированный подход к моделированию пространственных объектов вводит также понятие их «пространственного поведения».

Способы организации цифровых описаний пространственных данных принято называть моделями данных по традиции, унаследованной из теоретических обобщений проектирования систем управления базами данных. Они называются также цифровыми представлениями или просто представлениями пространственных данных.

На концептуальном уровне все множество моделей пространственных данных можно разделить на три типа: модели дискретных объектов, модели непрерывных полей и модели сетей.

Типами (классами) моделей именуют также модели, различающиеся по своему внутреннему устройству. В литературе существует множество классификаций моделей и наименований конкретных моделей. Построить исчерпывающую классификацию моделей пространственных данных вряд ли возможно: чуть ниже будет показано, что особенности моделируемой предметной области и специфические требования к функциональности ГИС могут потребовать разработки и использования весьма специальных моделей данных. Кроме того, как справедливо заметил Ю. К. Королев, «их нельзя расклассифицировать по одной оси, они различаются как бы «в разные стороны»

Тем не менее 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;

• квадротомическая модель (квадродерево, дерево квадратов, квадрантное дерево, Q-дерево, 4-дерево);

• векторная модель:

• векторная топологическая (линейно-узловая) модель;

• векторная нетопологическая модель (модель «спагетти»).

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 пикселами (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 пикселов складывается цифровое изображение. Растровая модель данных в ГИС предполагает разбиение пространства (координатной плоскости) с вмещающими ее пространственными объектами на аналогичные пикселам 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.

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 насканере 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 — пикселов, каждому из которых ставится в соответствие значение (код) цвета или спектрального коэффициента яркости объекта съемки. На эти далее неделимые элементы растра «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 примерырегулярных (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.

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 пикселы 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 «затрубленных» 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 квадратомическому делению треугольных элементов.

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 Х и значение координаты Y в системе условных плановых прямоугольных декартовых координат, например, плоскости стола дигитайзера. 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.

Расположение образующих полилинию точек будет зависеть от структуры исходной кривой. Их привязка к характерным точкам кривой при достаточно мелком шаге цифрования позволяет дать достаточно точное ее приближение. Запись линейного объекта образована последовательностью координатных пар (в нашем случае пяти точек) и содержит элемент, позволяющий выделить его в общей совокупности записей линейных объектов слоя, которому соответствует обычно файл данных. В случае А это делается путем помещения вслед за идентификатором целого числа, указывающего число координатных пар, в варианте В линейные объекты отделяются друг от друга меткой END. Разумеется, запись должна быть снабжена идентификатором объекта.

Таким же образом может быть представлена граница полигонального объекта. При этом каждый именованный полигон (со своим идентификатором) представляется записью пар координат, образующих его границу в избранной последовательности (например, по часовой стрелке). При описании множества полигонов каждый отрезок границы, заключенный между двумя узловыми точками (за исключением внешней границы полигонов), будет описан в этом случае дважды (по и против часовой стрелки). Такая модель данных для описания точечных, линейных и полигональных объектов носит наименование модели «спагетти». Она не является эффективной с точки зрения неизбыточности хранимых данных и возможностей использования аналитических операций ТИС и поддерживается недорогими программными средствами настольного картографирования и ГИС. Другое ее наименование — векторная нетопологическая модель.

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. Последнее, что стоит отметить о векторной топологической модели данных — связь между позиционной частью и атрибутикой.

В классическом варианте их взаимодействия, когда атрибутивные данные управляются средствами реляционной СУБД и организованы в таблицы, а модель взаимодействия носит название геореляционной, как упоминалось выше, связь устанавливается и поддерживается через идентификатор объекта

**Аналого-цифровое преобразование данных. Процесс аналого-цифрового преобразования данных. Понятие о цифровой модели местности, цифровой модели рельефа, цифровой и электронной картах.**

Характеристика аналого-цифровых преобразований прежде всего требует введения нескольких базовых понятий, таких, как *цифровая* и *электронная карта.* Термин ***«цифровая карта»*** по своему происхождению — типичная научная метафора. Как явление цифровой среды, цифровая «карта» не является картой, картографическим изображением в традиционном для картографии смысле, поскольку не воспринимаема человеком визуально или тактильно, а будучи визуализирована, перестает быть цифровой. Вполне точно ей соответствует термин «цифровая модель карты», со временем редуцированный до более краткого термина «цифровая карта». Эволюцию термина можно представить в виде цепочки: цифровая модель карты => цифровая «карта» => цифровая карта. Цифровые карты (ЦК) общегеографического содержания, в том числе топографические карты и планы, создаются государственными топографо-картографическими и кадастровыми службами и другими ведомствами многих государств, покрывая всю их территорию или отдельные регионы и охватывая большую часть топографического масштабного ряда. Обычно такие работы выполняются в рамках национальных программ внедрения средств автоматизации и цифрового картографирования в соответствующие отрасли и составляют основное содержание и цель автоматизированной картографии в целом. В ряде стран, например в Великобритании, такие программы считаются завершенными.

Собственно процесс аналого-цифрового преобразования данных — это сложная комплексная процедура, состоящая из трех крупных блоков:

• цифрование;

• обеспечение качества оцифрованных материалов и создание цифровых картографических основ;

• интеграция разнородных цифровых материалов.

**Цифрование исходных** **картографических материалов.** *Под цифрованием будем понимать процесс перевода исходных (аналоговых)* *картографических материалов в цифровую форму.*

С помощью ***дигитайзерного ввода*** основная масса ЦК создавалась до середины 90-х годов XX в., затем дигитайзеры уступили место цифрованию по растру. В настоящее время при создании ЦК дигитайзеры имеют очень ограниченную область использования.

При дигитайзерном вводе основной объем работ по вводу цифровых карт выполнялся оператором в ручном режиме, т.е. для ввода объекта оператор наводил курсор на каждую выбранную точку и нажимал специальную кнопку. Существовал также полуавтоматический режим ввода, когда фиксировалась пара координат *Х,* У через заданный интервал времени или через определенное расстояние. Полуавтоматический режим, возможно, экономит время, но зачастую приводит к существенной потере точности, поэтому далее будет рассмотрен только ручной режим. Точность ввода при цифровании в огромной степени зависит от квалификации оператора. Если при создании традиционных карт пером (рапидографом, гравировальной тележкой или иным ручным инструментом) очень сложно прорисовывать линии и передавать форму объектов, то что говорить о цифровании, где непрерывную кривую надо аппроксимировать отрезками без потери формы. Большое влияние оказывают и индивидуальные качества оператора. Например, если точность обвода линии или цифрования точки при многократном повторении у одного оператора колеблется незначительно (отклонения при цифровании точки находятся в пределах точности дигитайзера), то у разных операторов показатели сильно разнятся (отклонения при цифровании одинаковых точек разными операторами могут достигать 0,3—0,4 мм).

При ***векторизации растра*** субъективные факторы влияют меньше чем при дигитайзерном вводе, так как растровая подложка позволяет все время корректировать ввод. Программы векторизации растровых изображений условно можно разделить на три группы: ориентированные на ручную векторизацию, полуавтоматическую и автоматическую.

Алгоритмы автоматической векторизации для ввода картографической информации на данный момент в массовом порядке не используются.

Полуавтоматическая векторизация дает хорошие результаты при цифровании четких контуров на растре хорошего качества, например при использовании расчлененных оригиналов рельефа на пластике.

Лучшие результаты у опытного оператора получаются при ручной векторизации, так как при полуавтоматической векторизации на передачу формы влияет качество растра и при «изрезанных» краях растровой линии начинают появляться изгибы проводимой векторной линии, которые вызваны не общей формой линии, а локальными нарушениями растра. Оператор же в таких и подобных случаях форму объекта передает более точно, ориентируясь на дополнительные материалы (источник получения растра) и анализируя ситуацию. Нужно отметить, что при векторизации растра качество вводимых данных значительно выше, чем при цифровании дигитайзером и в основном зависит от характеристик исходного растра.

**Качество цифровых карт.** *Под качеством цифровых карт будем* *понимать совокупность свойств ЦК, обусловливающих ее пригодность* *удовлетворять установленным и предполагаемым потребностям в* *соответствии с ее назначением.* Наличие качественных цифровых топографических карт на территорию страны — одна из предпосылок успешной реализации крупных геоинформационных проектов, включая создание национальных *инфраструктур пространственных данных*, один из компонентов которых — базовые наборы данных. Часто под ними понимается цифровая карта, по своему содержанию близкая или идентичная карте-основе, содержащей, как правило, ограниченный набор общегеографических элементов и используемой в картосоставлении для позиционирования тематической нагрузки карты. В геоинформатике под *цифровой картой-основой* понимается не только цифровая карта в приведенном выше значении, но и набор базовых слоев ГИС, аналогичных по содержанию цифровым картам-основам (ЦКО) и ошибочно называемых «картографическими слоями». ЦКО могут готовиться в разных форматах, в которых реализованы различные модели данных: векторная, растровая и др.

ЦКО в векторном формате — наиболее распространенный вид цифровой топоосновы. Они создаются по технологии цифрования с помощью дигитайзера с ручным обводом или сканированием оригиналов с последующей векторизацией, используя программные средства — *векторизаторы.* Альтернативный подход — растровая ЦКО, создаваемая сканированием топокарт.

Векторная ЦКО обладает рядом преимуществ. Тем не менее практика показывает, что при отсутствии необходимости в векторной основе, ограниченности финансовых ресурсов проекта и по другим причинам в качестве основы может быть использована растровая копия топографической карты (плана).

Существенные недостатки растровой основы: трудность актуализации, ограниченные возможности изменения масштаба изображения, невозможность разгрузки (удаления излишних элементов содержания и их атрибутов), трудность атрибутирования, невозможность адресации к элементам содержания, большие объемы данных, их неоперабельность и труднопереносимость.

Несомненные преимущества — скорость работ по созданию растровой ЦКО и существенно более низкая (в сравнении с векторным форматом) стоимость их выполнения. Вполне удовлетворительное качество (пространственное и цветовое разрешение) растровой графической подложки обеспечивают сканеры общего назначения, в том числе малоформатные (A3—А4), при наличии средств *сшивки для* получения физически или логически бесшовных блоков и их привязки к координатной основе (возможно с применением методов эластичной трансформации растровых изображений по сети опорных точек).

**Создание цифровых картографических основ.** Учитывая важность цифровых карт-основ (ЦКО) как одного из элементов информационного обеспечения ГИС, прежде всего топографических карт-основ (топографических основ, топооснов), остановимся на них более подробно.

Основное назначение ЦКО в ГИС — служить средством координирования тематических слоев данных или их графической подложкой — определяет требования к ЦКО в части спецификации систем их координат, масштабов, проекции, элементов содержания, модели данных и форматов представления, технологии создания и обновления.

Топографические карты, служащие источником данных для ЦКО, обычно строятся в равноугольной поперечной цилиндрической ***проекции*** Гаусса—Крюгера с отображением эллипсоида на плоскости по шестиградусным зонам, с сеткой одноименных плоских прямоугольных координат, использование которой для картографирования территорий, существенно больших зоны по широте, связано со сложностями, упомянутыми выше. В частности, за пределами шестиградусных зон становятся практически заметными искажения длин (расстояний).

Цифровая карта-основа обычно изготовляется в некотором фиксированном **масштабе,** который определяет ее детальность (пространственное разрешение). Возможен другой вариант — набор разномасштабных ЦКО, каждая из которых является подложкой под тематические данные определенного иерархического уровня объектов тематических слоев ГИС. Выбор масштаба (масштабов) зависит прежде всего от характера ее тематической нагрузки.

***Элементы содержания*** ЦКО, объединенные в точечные, линейные и полигональные слои ГИС, обычно представляют собой набор избранных элементов цифровой топографической карты. Применяемые графические изображения объектов ЦКО воспроизводят условные знаки, принятые на бумажных источниках, и соответствуют нормативно закрепленным условным знакам в принятой системе их классификации и кодирования, в том числе на основе ряда разработанных классификаторов или их версий, включая «Классификатор картографической информации», «Классификатор графических изображений», «Классификатор цензово-нормативных показателей», «Единую систему классификации и кодирования картографической информации (карт масштабов 1:25000— 1:1 000000)».

***Технология создания*** ЦКО в случае, если на моделируемую территорию отсутствуют готовые цифровые топографические источники, состоит в цифровании аналоговых источников (на бумаге, пластике, жесткой основе, цветоделенных издательских оригиналов и т. п.) с представлением в том или ином формате. Актуализация содержания ЦКО представляет собой трудноразрешимую проблему, учитывая быстрое старение как цифровых, так и исходных нецифровых топографических источников и отсутствие системы топографического мониторинга как механизма актуализации. Существует ряд крупномасштабных глобальных цифровых карт-основ, используемых в глобальных и региональных геоинформационных проектах.

**Цифровая карта** (digital map) — цифровая модель карты, созданная путем цифрования картографических источников, фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования, цифровой регистрации данных полевых съемок или иным способом; в отличие от цифровых пространственных данных в ГИС и цифровых моделей местности Ц. к. содержит не атрибуты моделируемых ими объектов реальности, а свойства картографических знаков, выражающих эти атрибуты графически. Основное назначение Ц. к. — автоматизированное картографирование (изготовление бумажных карт). Может служить основой для генерации компьютерных карт, электронных карт; входит в число источников пространственных данных в ГИС и используется в них в качестве цифровых карт-основ. Крупномасштабные Ц. к. называются цифровыми планами.

**Цифровая модель местности,** ЦММ, математическая модель местности, МММ (digital terrain model, DTM) — цифровое представление пространственных объектов, соответствующих объектовому составу топографических карт и планов.
**Цифровая модель рельефа,** ЦМР (digital terrain model, DTM; digital elevation model, DEM; Digital Terrain Elevation Data, DTED) — средство цифрового представления поверхностей (рельефов) в виде совокупности отметок высот или глубин и иных значений аппликат (координаты Z) в узлах регулярной сети с образованием матрицы высот нерегулярной треугольной сети в модели TIN или совокупности записей горизонталей (изогипс, изобат) или иных изолиний. Стандартные функции обработки ЦМР в составе программных средств ГИС включают: расчет «элементарных» морфометрических показателей: углов наклона (уклонов) и экспозиций склонов; оценку формы склонов через кривизну их поперечного и продольного сечений; генерацию сети тальвегов и водоразделов и др. особых точек и линий рельефа; подсчет положительных и отрицательных объемов относительно заданного горизонтального уровня в пределах границ участка; построение профилей поперечного сечения рельефа по направлению прямой или ломаной линии; аналитическую отмывку рельефа; трехмерную визуализацию рельефа в форме блок-диаграмм и других объемных изображений; оценку зон видимости или невидимости с заданной точки (точек) обзора (см. анализ видимости/невидимости); построение изолиний по множеству отметок высот (например, генерация горизонталей); интерполяцию значений высот, ортотрансформирование аэро- и космических снимков.

**Электронная карта,** ЭК (electronic map) — 1. Картографическое изображение, визуализированное на видеоэкране на основе данных цифровых карт или баз данных ГИС в отличие от компьютерных карт, визуализируемых невидеоэкранными средствами графического вывода. — 2. Картографическое произведение в электронной (безбумажной) форме, представляющее собой цифровые данные (в т.ч. цифровые карты или слои данных ГИС), как правило, в записях на диске CD-ROM, вместе с программными средствами их визуализации, обычно картографическим визуализатором или картографическим браузером, предназначенное для генерации Э. к. (1).

**Основные задачи, решаемые ГИС. Области применения ГИС. Основные направления развития современных ГИС.**

ГИС общего назначения, в числе прочего, обычно выполняет пять процедур (задач) с данными: **ввод, манипулирование, управление, запрос и анализ, визуализацию.**

**Ввод.** Для использования в ГИС данные должны быть преобразованы в подходящий цифровой формат. Процесс преобразования данных с бумажных карт в компьютерные файлы называется оцифровкой. В современных ГИС этот процесс может быть автоматизирован с применением сканерной технологии, что особенно важно при выполнении крупных проектов, либо, при небольшом объеме работ, данные можно вводить с помощью дигитайзера. Многие данные уже переведены в форматы, напрямую воспринимаемые ГИС-пакетами.

**Манипулирование.** Часто для выполнения конкретного проекта имеющиеся данные нужно дополнительно видоизменить в соответствии с требованиями вашей системы. Например, географическая информация может быть в разных масштабах (осевые линии улиц имеются в масштабе 1: 100 000, границы округов переписи населения - в масштабе 1: 50 000, а жилые объекты - в масштабе 1: 10 000). Для совместной обработки и визуализации все данные удобнее представить в едином масштабе. ГИС-технология предоставляет разные способы манипулирования пространственными данными и выделения данных, нужных для конкретной задачи.

**Управление**. В небольших проектах географическая информация может храниться в виде обычных файлов. Но при увеличении объема информации и росте числа пользователей для хранения, структурирования и управления данными эффективнее применять системы управления базами данных (СУБД), то специальными компьютерными средствами для работы с интегрированными наборами данных (базами данных). В ГИС наиболее удобно использовать реляционную структуру, при которой данные хранятся в табличной форме. При этом для связывания таблиц применяются общие поля. Этот простой подход достаточно гибок и широко используется во многих, как ГИС, так и не ГИС приложениях.

**Запрос и анализ**. При наличии ГИС и географической информации Вы сможете получать ответы простые вопросы (Кто владелец данного земельного участка? На каком расстоянии друг от друга расположены эти объекты? Где расположена данная промзона?) и более сложные, требующие дополнительного анализа, запросы (Где есть места для строительства нового дома? Каков основный тип почв под еловыми лесами? Как повлияет на движение транспорта строительство новой дороги?). Запросы можно задавать как простым щелчком мышью на определенном объекте, так и с посредством развитых аналитических средств. С помощью ГИС можно выявлять и задавать шаблоны для поиска, проигрывать сценарии по типу “что будет, если…”. Современные ГИС имеют множество мощных инструментов для анализа, среди них наиболее значимы два: анализ близости и анализ наложения. Для проведения анализа близости объектов относительно друг друга в ГИС применяется процесс, называемый буферизацией. Он помогает ответить на вопросы типа: Сколько домов находится в пределах 100 м от этого водоема? Сколько покупателей живет не далее 1 км от данного магазина? Какова доля добытой нефти из скважин, находящихся в пределах 10 км от здания руководства данного НГДУ? Процесс наложения включает интеграцию данных, расположенных в разных тематических слоях. В простейшем случае это операция отображения, но при ряде аналитических операций данные из разных слоев объединяются физически. Наложение, или пространственное объединение, позволяет, например, интегрировать данные о почвах, уклоне, растительности и землевладении со ставками земельного налога.

**Визуализация**. Для многих типов пространственных операций конечным результатом является представление данных в виде карты или графика. Карта - это очень эффективный и информативный способ хранения, представления и передачи географической (имеющей пространственную привязку) информации. Раньше карты создавались на столетия. ГИС предоставляет новые удивительные инструменты, расширяющие и развивающие искусство и научные основы картографии. С ее помощью визуализация самих карт может быть легко дополнена отчетными документами, трехмерными изображениями, графиками и таблицами, фотографиями и другими средствами, например, мультимедийными.

Связанные технологии. ГИС тесно связана рядом других типов информационных систем. Ее основное отличие заключается в способности манипулировать и проводить анализ пространственных данных. Хотя и не существует единой общепринятой классификации информационных систем, приведенное ниже описание должно помочь дистанциировать ГИС от настольных картографических систем (desktop mapping), систем САПР (CAD), дистанционного зондирования (remote sensing), систем управления базами данных (СУБД или DBMS) и технологии глобального позиционирования (GPS).

Системы настольного картографирования используют картографическое представление для организации взаимодействия пользователя с данными. В таких системах все основано на картах, карта является базой данных. Большинство систем настольного картографирования имеет ограниченные возможности управления данными, пространственного анализа и настройки. Соответствующие пакеты работают на настольных компьютерах - PC, Macintosh и младших моделях UNIX рабочих станций.

Системы САПР способны чертежи проектов и планы зданий и инфраструктуры. Для объединения в единую структуру они используют набор компонентов с фиксированными параметрами. Они основываются на небольшом числе правил объединения компонентов и имеют весьма ограниченные аналитические функции. Некоторые системы САПР расширены до поддержки картографического представления данных, но, как правило, имеющиеся в них утилиты не позволяют эффективно управлять и анализировать большие базы пространственных данных.

Дистанционное зондирование и GPS. Методы дистанционного зондирования - это искусство и научное направление для проведения измерений земной поверхности с использованием сенсоров, таких как различные камеры на борту летательных аппаратов, приемники системы глобального позиционирования или других устройств. Эти датчики собирают данные в виде изображений и обеспечивают специализированные возможности обработки, анализа и визуализации полученных изображений. Ввиду отсутствия достаточно мощных средств управления данными и их анализа, соответствующие системы вряд ли можно отнести к настоящим ГИС.

Системы управления базами данных предназначены для хранения и управления всеми типами данных, включая географические (пространственные) данные. СУБД оптимизированы для подобных задач, поэтому во многие ГИС встроена поддержка СУБД. Эти системы не имеют сходных с ГИС инструментов для анализа и визуализации.

Создание карт. Картам в ГИС отведено особое место. Процесс созда-ния карт в ГИС намного более прост и гибок, чем в традиционных методах ручного или автоматического картографирования. Он начинается с создания базы данных. В качестве источника получения исходных данных можно пользоваться и оцифровкой обычных бумажных карт. Основанные на ГИС картографические базы данных могут быть непрерывными (без деления на отдельные листы и регионы) и не связанными с конкретным масштабом. На основе таких баз данных можно создавать карты (в электронном виде или как твердые копии) на любую территорию, любого масштаба, с нужной нагрузкой, с ее выделением и отображением требуемыми символами. В любое время база данных может пополняться новыми данными (например, из других баз данных), а имеющиеся в ней данные можно корректировать по мере необходимости. В крупных организациях созданная топографическая база данных может использоваться в качестве основы другими отделами и подразделениями, при этом возможно быстрое копирование данных и их пересылка по локальным и глобальным сетям.

В науках о Земле информационные технологии породили геоинформатику и географические информационные системы (ГИС), причем слово "географические" обозначает в данном случае не столько "пространственность" или "территориальность", а скорее комплексность и системность исследовательского похода. С научной точки зрения ГИС - это средство моделирования и познания природных и социально-экономических систем. ГИС применяется для исследования всех тех природных, общественных и природно-общественных объектов и явлений, которые изучают науки о Земле и смежные с ними социально-экономические науки, а также картография, дистанционное зондирование. В технологическом аспекте ГИС (ГИС-технология) предстает как средство сбора, хранения, преобразования, отображения и распространения пространственно-координированной географической (геологической, экологической) информации. И наконец, с производственной точки зрения ГИС является комплексом аппаратных устройств и программных продуктов (ГИС-оболочек), предназначенных для обеспечения управления и принятия решений, причем важнейший элемент этого комплекса - автоматические картографические системы. Таким образом, ГИС может одновременно рассматриваться как инструмент научного исследования, технология и продукт ГИС-индустрии. Это достаточно типичная ситуация на современном уровне научно-технического прогресса, характеризующегося интеграцией науки и производства.

На сегодняшний день можно выделить пять основных направлений развития современных ГИС. Это:

* + - интеграция GPS и ГИС;
		- интеграция ГИС с реляционными базами данных;
		- удешевление ПК одновременно с повышением их мощности;
		- развитие ноутбуков и карманных компьютеров;
		- сетевые технологии, web-картографирование и ГИС-по-Интернет.

Первая и четвертая тенденции связаны с тем, что все увеличивающееся число компьютеров класса PalmTop и PocketTop предоставляет собой новую платформу, для которой требуются новые ГИС, позволяющие работать с пространственными данными в полевых условиях, одним из атрибутов работы в которых является GPS, определяющий географические координаты пользователя, его высоту над уровнем моря, скорость, направление движения и другие параметры. Все эти данные должны интегрироваться в ГИС, работающей на компьютере, в реальном масштабе времени.

**Реализация геоинформационных проектов. Интеграция существующих систем в более общие информационные структуры.**

Характерной чертой процесса внедрения геоинформационных технологий в настоящее время является интеграция уже существующих систем в более общие национальные, международные и глобальные информационные структуры. Прежде всего обратимся к проектам даже не самого последнего времени. В этом отношении показателен опыт разработки глобальных информационных программ и проектов в рамках Международной геосферно-биосферной программы «Глобальные изменения» (МГБП), которая реализуется уже с 1990 г. и оказала большое влияние на ход географических и экологических работ глобального, регионального и национального масштабов. Среди разнообразных международных и крупных национальных геоинформационных проектов, в рамках МГБП, упомянем лишь Глобальную информационно-ресурсную базу данных — GRID. Она формировалась в структуре созданной в 1975 г. системы мониторинга окружающей среды (GEMS) под эгидой программы ООН по окружающей среде (TJNEP). GEMS состояла из глобальных систем мониторинга, управляемых через различные организации ООН, например, Продовольственную и сельскохозяйственную организации (FAO), Всемирную метеорологическую организацию (WMO), Всемирную организацию здравоохранения (WHO), международные союзы и отдельные страны, в той или иной мере участвующие в программе. Мониторинговые сети организованы внутри пяти блоков, связанных с климатом, здоровьем людей, средой океана, дальнодействующими перемещающимися загрязнениями, возобновляемыми природными ресурсами. Мониторинг, связанный с климатом, обеспечивал данными, определяющими влияние человеческой деятельности на климат Земли, включая два направления, связанные с работой сети Мониторинга фонового загрязнения атмосферы и Мировой гляциологической инвентаризацией. Первая касается установления тенденций в атмосферной композиции (изменения содержания углекислого газа, озона и др.), а также тенденций в химическом составе атмосферных осадков. Сеть станций мониторинга фонового загрязнения атмосферы (BAPMON) организована WHO в 1969 г. и с 1974 г. получает поддержку со стороны UNEP как часть GEMS. Она включает три типа мониторинговых станций: базовые, региональные и региональные с расширенной программой. Данные ежемесячно сообщаются в координационный центр, расположенный в Межправительственном агентстве защиты окружающей среды (ЕРА) (Вашингтон, США). С 1972 г. данные совместно с материалами WMO, ЕРА ежегодно публикуются.

Мировая гляциологическая инвентаризация связана с UNESCO и ее Швейцарским федеральным институтом технологии. Собираемые ими сведения очень важны, поскольку колебания ледниковых и снежных масс дают представление о ходе климатической изменчивости.

Программа мониторинга дальнодействующих перемещающихся загрязнений реализуется совместно с работами Европейской Экономической Комиссии (ЕСЕ) и WMO. Собираются данные о загрязненных осадках (в частности, оксидах серы и их преобразованных продуктах, с чем обычно связывается выпадение кислотных дождей) в связи с движением воздушных масс от источников загрязнения к отдельным объектам.

В 1977 г. ЕСЕ в сотрудничестве с UNEP и WHO сформулировали совместную программу для мониторинга и оценки переноса воздушных загрязнений на дальние расстояния в Европе (Программа Европейского мониторинга и оценки).

Мониторинг, связанный со здоровьем людей, обеспечивает сбор данных о качестве окружающей среды в мировом масштабе, о радиации, об изменениях уровня ультрафиолетового излучения (как следствие истощения озонового слоя) и др. Эта программа GEMS в значительной степени связана с деятельностью Всемирной организации здравоохранения (WHO).

Совместный мониторинг за качеством воды предпринял!) организации UNEP, WHO, UNESCO и WMO. Акцент работы здесь сделан на воды рек, озер, а также грунтовые, т. е. те, что являются основным источником обеспечения людей водой, для орошения, некоторых отраслей промышленности и др.

Мониторинг загрязнения продуктов питания в рамках GEMS существует с 1976 г. в сотрудничестве с WHO и FAO. Данные о загрязненных продуктах питания дают сведения о характере распространения загрязнений, что, в свою очередь, служит основанием для управленческих решений различного ранга. Мониторинг среды океана рассматривался в двух аспектах: мониторинг открытого океана и региональных морей. Деятельность программы мониторинга возобновляемых земных ресурсов основывается на предпочтении мониторинга ресурсов засушливых и полузасушливых земель, деградации почв, тропических лесов. Собственно система GRID, организованная в 1985 г., является информационной службой, обеспечивающей экологическими данными управленческие организации ООН, а также другие международные организации и правительства. Основная функция GRID — собирать вместе данные, синтезировать их так, чтобы работники планирующих органов могли достаточно быстро усваивать материал и делать его доступным для национальных и международных организаций, принимающих решения, которые могут повлиять на состояние окружающей среды. В своем полномасштабном развитии на рубеже столетий система реализована как глобальная иерархически организованная сеть, включающая региональные центры и узлы национального уровня, при широком взаимообмене данными.  GRID является рассредоточенной (распределенной) системой, узлы которой связаны телекоммуникациями. Система разделена на два основных центра: GRID-Control, расположенный в Найроби (Кения) и GRID-Processor в Женеве (Швейцария). Центр, расположенный в Найроби, осуществляет контроль и управляет деятельностью GRID во всем мире. GRID-Processor связан с получением данных, мониторингом, моделированием, а также с распределением данных. Из глобальных проблем Женевский центр в настоящее время занимается публикацией серии изданий GEO (Global Environment Outlook), разработкой стратегии и обеспечением раннего предупреждения разнообразных угроз, в частности биоразнообразию (особенно в рамках действий нового подразделения DEWA — Division of Early Warning and Assessment), применением ГИС для рационального использования природных ресурсов, конкретными исследованиями, прежде всего для франкоязычной Африки, Центральной и Восточной Европы, Средиземноморья и др. Кроме двух вышеупомянутых центров в систему входят еще 12 центров, размещенных в Бразилии, Венгрии, Грузии, Непале, Новой Зеландии, Норвегии, Польше, России, США, Таиланде, Швеции и Японии. Их работа ведется тарке в глобальном масштабе, но в определенной мере специализирована по регионам. Например, центр GRID-Arendal (Норвегия) реализует ряд программ по Арктике, таких как АМАР — Arctic Monitoring and Assessment Programme, региону Балтийского моря (BALLERINA — ГИС-проекты для крупномасштабных экологических приложений) и др. К сожалению, деятельность центра ГРИД-Москва мало известна даже специалистам.  Из примеров межнационального сотрудничества по созданию крупных БД заслуживает внимания информационная система Европейского экономического сообщества CORINE (Coordinated Information on the Environment in the European Community). Решение о ее создании принято в июне 1985 г. Советом Европейского сообщества, поставившим перед нею две главные цели: оценку потенциала информационных систем сообщества как источника для изучения состояния его природной среды и обеспечение природоохранной стратегии стран ЕС по приоритетным направлениям, включая защиту биотопов, оценку загрязнения атмосферы в результате локальных выбросов и трансграничного переноса, комплексную оценку экологических проблем Средиземноморского региона. К настоящему времени проект завершен, но имеются сведения о возможностях его распространения на территорию восточноевропейских стран в будущем.

**Общие сведения и предназначение ГИС «Метео». Функциональные возможности ГИС «Метео».**

ГИС Метео предназначена для оперативной работы специалистов в области гидрометеорологии, агрометеорологии, гидрологии, океанологии, экологии и т.п. (включая работников речного флота, гидроэнергетики, работников нефтегазовой отрасли и других) . Таких специалистов как: • синоптик • военный метеоролог • авиационный метеоролог • агрометеоролог • агроэколог • агроном • гидролог • инженер-гидролог • специалист-гидролог • специалист по водному хозяйству • специалист по гидрометеорологическому/гидроэкологическому мониторингу • наблюдатель • специалист по гидрологическим прогнозам • специалист по гидрологическим расчетам • гидроэколог • лимнолог (озеровед) • океанолог • эколог специалист по ОВОС/ по ОВОСС (оценка воздействия на окружающую среду) • гидрохимик • гидрофизик 3 • гидролог-прогнозист. А также для обучения студентов и аспирантов, изучающих метеорологию и смежные с ней области.

Программный комплекс (ПК) ГИС Метео – проверенная временем высоко технологическая российская разработка, способная удовлетворить растущий спрос на метеорологические услуги в России и других странах. Это универсальный инструмент метеоролога, предназначенный для изготовления, обработки и документирования метеорологических карт на персональной ЭВМ. ГИС Метео позволяет создавать метеорологические карты в любой картографической проекции и любого масштаба с использованием данных, распространяемых по глобальной сети телесвязи ВМО (Всемирной Метеорологической Организации), через Internet, а также спутниковых снимков, данных радиолокационного зондирования и других, что способствует организации работы гидрометцентра любого ранга и в любой организации. ГИС Метео представляет пользователю удобный графический интерфейс для работы с картами, графиками, диаграммами и т.д. Приложения к ГИС Метео реализуют большое число расчетных методов, разработанных в организациях Росгидромета и за рубежом. ГИС Метео при помощи различных компонент по заранее подготовленному сценарию автоматически или в интерактивном режиме, подготавливает многочисленные слои информации на фоне географической карты любого масштаба. Такое совмещение слоев на мониторе компьютера позволяет осуществлять “безбумажную” технологию работы синоптика по анализу и прогнозу погоды.

Географическая информационная система (ГИС) — это аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно - координированных данных. Программный комплекс ГИС Метео имеет уникальное конструктивное строение ядра, позволяющее ему в кратчайшие сроки усваивать любые современные технологии и тем самым проводить глубокую модернизацию и совершенствование своего функционала.

ПК ГИС Метео состоит из геоинформационной системы, ее различных компонент, метеорологической базы данных, отдельных приложений, а также из многочисленных технологических средств сбора и распространения данных. ГИС Метео позволяет организовать с малым штатом сотрудников высокоэффективную технологию оперативного гидрометеорологического обеспечения при очень малых затратах на ее эксплуатацию. Осуществление оперативной работы в технологии ГИС Метео происходит с помощью автоматизированного рабочего места (АРМ) синоптика, авиационного синоптика, агрометеоролога, радиометеоролога, гидролога. АРМ — индивидуальный комплекс технических и программных средств, предназначенный для автоматизации работы.

ГИС Метео обеспечивает решение следующих задач метеорологического центра: 1. Анализ приземных и высотных карт погоды. 2. Прогноз возникновения, эволюции и перемещения барических образований и фронтов. 3. Прогноз приземного ветра, температуры воздуха у поверхности земли, приземной влажности воздуха, облачности, осадков, тумана и видимости, прогнозы опасных явлений погоды и стихийных гидрометеорологических явлений. 4. Прогноз пожароопасности, специализированные прогнозы для различных отраслей хозяйства. 5. Оценить качество прогнозов различных параметров, полученных из различных источников. 6. Среднесрочный прогноз в области специализированного гидрометеорологического обслуживания различных отраслей экономики. 7. Уточнение прогностических полей, как минимум, в пограничном слое, на основе физико-географических и синоптико-статистических данных. 8. Мониторинг состояния больших, средних, а также малых рек и водохранилищ, систематизация данных гидрологических наблюдений, контроль за состоянием снежного покрова в лесу и на сельскохозяйственных территориях, ведение журналов ГП-ХХ. 9. Прогноз величин расхода воды и объёма стока, притока воды в водохранилища, прогноз времени наступления характерных явлений водного режима и наступления ледовых явлений, прогноз толщины льда, предельных значений гидрологических явлений, специализированные прогнозы, консультации и справки о режиме водных объектов для различных отраслей экономики (энергетика, водный транспорт, водообеспечение). 10. Долгосрочный прогноз. Предупреждения об опасности гидрологических явлений. Прогноз высоты ветровой волны на озёрах и водохранилищах. 11. Мониторинг и агрометеорологический прогноз начала сельскохозяйственных работ. 12. Прогноз влагозапаса в различных слоях почвы под сельскохозяйственными культурами. 13. Мониторинг и фенология сельскохозяйственных культур, включая повреждения культур. 14. Прогноз начала сезона вегетации, ранних весенних и осенних заморозков; фенологический прогноз сельскохозяйственных культур. 15. Прогноз морозобойных явлений различных сельскохозяйственных культур. 16. Ведение ежедневных и декадных таблиц.

В ГИС Метео, в различных слоях, могут использоваться географические подложки различного характера и разрешения в различных проекциях (одинаковых для одного слайда). В ГИС Метео возможно размещение (отображение) всех данных, включая информацию, подготовленную в произвольном сочетании различных слоев ГИС, чем достигается применение основного метода работы - совмещение различных карт. ГИС Метео позволяет управлять процессом создания карт и отдельных файлов для автоматической подготовки слайдов. ГИС Метео позволяет создавать географической основы (бланки карт) и раскрашивать рельеф.

Основные возможности ГИС Метео подробно: 1) Нанесение синоптических данных на карты. 2) Расчерчивание с переменным шагом карты приземных метеорологических параметров. 3) Нанесение аэрологических данных. 4) Выполнение расчерчивания с переменным шагом аэрологических данных, восполнение данными GRIB и контроль по сеточным данным. 5) Нанесение на слайд названий метеостанций, аэропортов (городов, населенных пунктов). 6) Проведение на карте фронтальных линий и запись их во внутреннем формате БД с последующим воспроизведением на любом слайде. 7) Нанесение значков и запись их во внутреннем формате БД с последующим воспроизведением на любом слайде. 8) Нанесение текстов и запись их во внутреннем формате БД с последующим воспроизведением на любом слайде. 9) Составление фронтального анализа, запись его в коде BUFR для распространения по сети телесвязи, воспроизведение анализа, поступившего в коде BUFR из других центров погоды на произвольном бланке. 10) Расчерчивание изолиний метеопараметров с переменным шагом. Автоматический контроль и исключение грубых ошибок в поступивших данных давления, температуры, температуры точки росы, дефицита, барической тенденции, скорости ветра. Восполнение данных наблюдений на территории, слабо освещенной данными, результатами прогноза метеоэлементов, поступающими в коде GRIB. 11) Отображение явлений погоды в виде значков, изолиний, цветных зон. 12) Нанесение порывов ветра в срок и между сроками в виде значков с дифференциацией по градациям. 13) Расчерчивание изолинии и цветных полей с переменным шагом для каждого из параметров, поступающих в коде GRIB. Нанесение скорости и направления ветра в виде пера или стрелки. 14) Вычисление относительной топографии по данным GRIB и её расчерчивание. 15) Просмотр прогнозов GRIB в режиме анимации с возможностью построения интерполяционных расчетов для промежуточных сроков. 16) Отображение в виде графика прогностических параметров по коду GRIB на несколько дней для любой точки карты. 17) Обеспечение построения полей вертикальных движений, рассчитанных по данным GRIB. 18) Построение карт совмещенных данных наблюдений МРЛ из кода RADOB (часть Б) и синоптических станций. 19) Построение карт данных мозаики МРЛ, передаваемых в коде BUFR. 20) Трансформация спутникового изображения на карту и совмещение с другими метеорологическими параметрами. 21) Расчет движения орбитальных спутников и анализ облачности для заказа съемки. 22) Построение прямой и обратной двумерной траектории перемещения точки, зоны, линии по аэрологическим данным о скорости и направлении ветра, по данным в кодах GRIB, GRIB2. 23) Построение прямой и обратной трехмерной траектории перемещения точки, зоны, линии по аэрологическим данным о скорости и направлении ветра, по данным в кодах GRIB, GRIB2. 24) Ретроспективный анализ прямой и обратной траектории перемещения точки, зоны, линии по аэрологическим данным о скорости и направлении ветра, по накапливаемым архивным данным. 25) Построение на бланке аэрологической диаграммы фактических и прогностических стратификаций, расчет прогнозов гроз, града, шквалов и т.д. для заданных пунктов. 26) Использование фактических профилей АМДАР. 27) Построение карт осадков по данным GRIB (общие, конвективные, обложные) и рассчитанных параметров, включающих фазовое состояние, гололёд. 28) Построение карт различных метеопараметров (температура, дефицит точки росы, скорость и направление ветра, вертикальная скорость, облачность, обложные осадки, ливневые осадки, суммарные осадки, гроза, энергия неустойчивости, зоны фронтов, лапласиан давления, адвективные изменения температуры, видимость, снег, гололёд), рассчитанных по данным GRIB. 29) Вычисление фронтальных зон и нанесение на карту линий теплых и холодных фронтов. 30) Построение карт метеопараметров пограничного слоя (температура, ветер и т. д.), рассчитанных по данным GRIB. 31) Нанесение прогностических данных по схеме стандартного пуансона для заданных пунктов. 32) Построение карт фактических и прогностических изменений метеопараметров. 33) Построение карт прогноза зон штормового ветра, рассчитанных по данным GRIB методами изоэнтропического анализа. 34) Расчеты гололёдно-изморозевых явлений и обледенения по аэрологическими либо прогностическим данным, в том числе для полёта самолётов. 35) Построение карт прогноза шквалов (по 4 общепринятым методам). 36) Построение карт прогноза гроз (по 11 общепринятым методам). 37) Нанесение данных с самолетов (АЙРЕП, АМДАР). 38) Построение карт климатических характеристик месяца и декады по данным из телеграмм КЛИМАТ (ДЕКАДА). 39) Построение карт сумм осадков и экстремальных температур за любое число дней по накопленным данным. 40) Построение карт оправдываемости прогнозов за любое число дней по накопленным данным, адаптация системы к методикам расчета оправдываемости прогнозов. 41) Построение карт анализа и прогноза текущих показателей пожарной опасности и классов горимости по накопленным данным. 42) Построение графиков временного хода синоптических, аэрологических и авиационных данных наблюдений (функционал важен для контроля поступления данных). 43) Построение карт прогноза радиационного тумана по Звереву. 44) Отображение данных о расходах и уровнях рек и водохранилищ на карте. 45) Отображение на карте прогноза уровней на одни сутки. 46) Визуализация на слайде многочисленных параметров снежного покрова (в т. ч. изменение высоты) при осуществлении снегосъемки. 47) Интерактивный анализ данных по карте в форме графика или таблицы для гидропоста. 48) Изготовление справок в табличной форме по данным метеостанций из сезонной БД. 49) Построение таблиц, диаграмм на основе использования данных реляционной СУБД по гидрологии. 50) Мониторинг декадной и ежедневной агрометеорологической информации за сезон с помощью реляционной БД. 51) Построение карт метеорологических и фенологических характеристик по коду КН-21 за декаду. 52) Контроль текстов принимаемых агрометеорологических телеграмм, их исправление вручную и отправка обратно в узел связи для повторного распределения по АСПД. 53) Построение карт метеорологических и фенологических характеристик за декаду. 54) Построение карт ежедневных данных по зоне земледелия для анализа увлажненности почвы. 55) Расчеты метеопараметров для вертикальных разрезов по аэрологическим и прогностическим данным на заданных трассах. 56) Расчеты обледенения по аэрологическими прогностическим данным с учетом скорости полета самолетов. Расчеты болтанки по аэрологическим и прогностическим данным. 58) Построение температурно-ветровых карт и оси струйного течения по аэрологическим и прогностическим данным на различных уровнях, включая максимальный ветер и тропопаузу. 59) Средний ветер в слое. 60) Наноска данных из телеграмм МЕТАR. 61) Построение карт конвективной, слоистой и общей облачности (баллы). 62) Построение карт явлений погоды по данным из телеграмм TAF для выбора запасного аэродрома. 63) Построение карт особых явлений (SIGWX) по данным BUFR, либо вручную. 64) Построение карт особых явлений (SIGWX) для нижнего ВП. 65) Отображение телеграмм SIGMET на карте. 66) Наноска данных с самолетов. 67) Наноска скорости ветра и температуры для нижнего ВП в табличной форме. Прогноз QNH, минимальная и максимальная температуры. 69) Расчет параметров конвекции по данным ГРИБ. 70) Построение карт характеристик состояния льда на море. 71) Совмещенное нанесение синоптических данных и данных о состоянии моря. 72) Построение карт характеристик состояния моря. 73) Построение карт прогноза волнения по данным ГРИБ. 74) Прогноз траекторий перемещения центров тайфунов. 75) Построение карт с данными проб на почве или в воздухе. 76) Гидропосты - Интерактивная компонента для анализа в форме графика или таблицы. 77) Гидрология оперативная - Многофункциональное приложение. СУБД по гидрологии. Построение таблиц, диаграмм. 78) Работа с текстами авиационных телеграмм в режиме поступления.

На базе комплекса «ГИС Метео» разработан целый ряд специализированных приложений, применяемых в научной и производственной деятельности как отраслей экономики, так и отдельных предприятий.

* [ГИС Метео Океан](https://mapmakers.ru/Product/Details/11)
* Прогнозы ветрового волнения, зарождения и траекторий тайфунов и ураганов
* [ГИС Метео Синоптик](https://mapmakers.ru/Product/Details/12)

Краткосрочные и среднесрочные прогнозы

* [ГИС Метео Агро](https://mapmakers.ru/Product/Details/18)

Агрометеорологические карты, таблицы, журналы

* [ГИС Метео Авиа](https://mapmakers.ru/Product/Details/19)

Авиационные прогнозы, расчеты по маршруту, полетная документация

* [ГИС Метео Гидро](https://mapmakers.ru/Product/Details/26)

Гидрологические прогнозы, мониторинг гидрологического режима рек и водохранилищ

* [Токси + ГИС Метео](https://mapmakers.ru/Product/Details/27)

Прогнозирование и моделирование зоны поражения людей при возникновении аварий на химических производствах.

* [ГИС Метео Эко](https://mapmakers.ru/Product/Details/28)

Ретроспективный анализ дальнего переноса загрязнений