

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1	
ВВЕДЕНИЕ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	10
1.1. Геоинформатика – теоретическая основа для создания геоинформационных систем	10
1.2. История развития ГИС	12
1.3. Прародители современных ГИС	13
1.4. Классификация ГИС	15
1.4.1. Классификация ГИС по архитектурному принципу построения	15
1.4.2. Классификация ГИС по аппаратной платформе	15
1.4.3. Классификация ГИС по территориальному охвату	16
1.4.4. Классификация ГИС по функциональным возможностям	16
1.4.5. Классификация ГИС по используемой модели данных	17
1.4.6. Другие виды классификации ГИС	17
1.5. Схема функционирования ГИС	18
1.6. Структура универсальных ГИС	20
1.7. Аппаратное и программное обеспечение ГИС	22
1.8. Вопросы и задания для самопроверки	24
Глава 2	
ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ КАРТОГРАФИИ	25
2.1. Фигура и размеры Земли, используемые модели	25
2.1.1. Понятие о карте	25
2.1.2. Геодезическая основа карт	25
2.2. Системы координат, применяемые в геодезии и картографии	27
2.2.1. Географическая (астрономическая) система координат	27
2.2.2. Геодезическая система координат	28
2.2.3. Система прямоугольных координат	30
2.2.4. Полярная система координат	30
2.2.5. Зональная система координат	30
2.3. Картографические проекции. Искажения в картографических проекциях	31
2.3.1. Общие понятия	31
2.3.2. Искажения в картографических проекциях	33

2.4. Классификация картографических проекций	34
2.4.1. Классификация проекций по характеру искажений	34
2.4.2. Классификация проекций по виду вспомогательной поверхности	35
2.4.3. Классификация проекций по ориентировке	36
2.4.4. Классификация проекций по виду нормальной картографической сетки	37
2.4.5. Классификация проекций по способу получения	40
2.4.6. Классификация проекций по особенностям использования	40
2.5. Равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера	40
2.6. Разграфка и номенклатура листов топографических карт и планов	42
2.7. Вопросы и задания для самопроверки	45
Глава 3	
МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ	47

3.1. Типы пространственных объектов в ГИС	47
3.2. Понятие о моделях пространственных данных	49
3.3. Растровые модели данных	54
3.3.1. Общие положения	54
3.3.2. Характеристики растровых моделей	57
3.3.3. Метод группового кодирования	59
3.4. Регулярно-ячеистое представление данных	60
3.5. Квадратомическая модель данных	61
3.5.1. Общие положения	61
3.5.2. Квадратомические деревья	61
3.5.3. Построение квадратомического дерева для случая растровых полигонов	62
3.6. Векторные модели данных	64
3.6.1. Общие положения	64
3.6.2. Векторные нетопологические модели	66
3.6.3. Векторные топологические модели	68
3.7. Преобразования «вектор–растр» и «растр–вектор»	75
3.8. Модели поверхностей (геополей)	76
3.8.1. Общие положения	77
3.8.2. Цифровые модели геополей	77
3.9. Вопросы и задания для самопроверки	86
Глава 4	
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ	87
4.1. Общие принципы визуализации пространственных данных	87
4.2. Визуализация векторных данных	88
4.2.1. Условные знаки	89

4.2.2. Визуализация точечных объектов	89
4.2.3. Визуализация линейных объектов	90
4.2.4. Визуализация площадных объектов	90
4.2.5. Визуализация текстовых объектов	91
4.3. Тематические карты	92
4.3.1. Понятие тематической переменной	93
4.3.2. Метод диапазонов	93
4.3.3. Метод диаграмм	95
4.3.4. Метод размерных символов	96
4.3.5. Метод плотности точек	97
4.3.6. Метод индивидуальных значений	97
4.4. Визуализация растровых данных	98
4.5. Проблема генерализации	99
4.6. Визуализация геополей	101
4.7. Вопросы и задания для самопроверки	104
Глава 5	
ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ В ГИС	105
5.1. Измерительные операции	105
5.2. Анализ отношений пространственных объектов	106
5.3. Пространственные запросы	110
5.4. Оверлейные операции	112
5.5. Операции отсечения и разрезания	113
5.6. Агрегация и дисагрегация атрибутов объектов	114
5.7. Буферные зоны	114
5.8. Зоны близости	117
5.9. Анализ инженерных сетей	118
5.10. Анализ геополей	119
5.10.1. Понятие уклона и экспозиции рельефа местности	119
5.10.2. Расчет уклонов и экспозиций рельефа местности	121
5.10.3. Расчет линии видимости	121
5.10.4. Расчет зон видимости	122
5.10.5. Расчет расстояния и площади по рельефу местности	126
5.10.6. Расчет объема тела, ограниченного поверхностями	128
5.10.7. Цифровая фильтрация геополей	130
5.11. Восстановление геополей	132
5.11.1. Восстановление геополя по точечным данным	134
5.11.2. Восстановление геополя по изолиниям	137
5.12. Вопросы и задания для самопроверки	138
Глава 6	
ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ВЕКТОРНЫХ КАРТ	140
6.1. Получение цифровых карт по исходным бумажным картам	140
6.2. Получение карт по данным дистанционного зондирования Земли	142

6.3. Получение карт по данным наземных измерений и по данным спутниковых систем	144
6.4. Вопросы и задания для самопроверки	145
Глава 7	
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИС	146
7.1. Программное обеспечение универсальных векторных ГИС	146
7.1.1. Семейство программных продуктов ArcGIS 9	146
7.1.2. Программные средства ГИС MapInfo Professional 8.5	149
7.2. Программное обеспечение универсальных растровых ГИС	151
7.2.1 ГИС ERDAS Imagine 8.7	151
7.2.2. ГИС ER Mapper 6.4	151
7.3. Системы Интернет-ГИС	151
7.3.1. Информационно-поисковый веб-сервис Google Maps	151
7.3.2. Информационно-поисковая ГИС Google Earth	153
7.3.3. Другие информационно-поисковые веб-сервисы	153
7.4. Картографические программные модули	154
7.5. ГИС-приложения	154
7.5.1. Общие положения	154
7.5.2. Классификация ГИС-приложений	155
7.5.3. Методы и подходы к созданию ГИС-приложений	156
7.5.4. Тенденции в области разработки ГИС-приложений	160
7.6. Вопросы и задания для самопроверки	163
Глава 8	
ПРИМЕНЕНИЕ ГИС	164
8.1. ГИС производственного назначения	164
8.1.1. Применение ГИС в газовой отрасли	164
8.1.2. Применение ГИС в геологии и недропользовании	167
8.2. ГИС в органах государственного и муниципального управления	169
8.3. Вопросы и задания для самопроверки	170
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	171
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	173

Глава 1

ВВЕДЕНИЕ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Вводится понятие геоинформатики и геоинформационных систем. Подробно излагается классификация геоинформационных систем и раскрывается обобщенная схема их функционирования.

1.1. Геоинформатика – теоретическая основа для создания геоинформационных систем

В настоящее время в науке и технике для описания тех или иных объектов, процессов или явлений традиционно применяются литературные, статистические, картографические, аэро- и космические материалы и данные. Как правило, их подборка и систематизация для последующего использования осуществляется вручную. Этот подход хорошо известен, стал уже традиционным и продолжает применяться в России повсеместно. Другим подходом, являющимся более перспективным, служит подход, когда в накоплении и обработке данных об объектах, процессах и явлениях используется компьютерная техника и современные методы обработки данных, информационные системы и технологии.

В том случае, когда те или иные материалы об объекте имеют точную координатную привязку, говорят, что объект имеет описание в пространстве и он должен изучаться методами и средствами геоинформатики. Геоинформатика – новая, быстро развивающаяся отрасль науки. Существует несколько ее определений. Наиболее простое определение: геоинформатика – это область науки, позволяющая формализовать и реализовывать в машинной среде операции накопления, хранения, обработки и визуализации пространственно-координированных данных с помощью средств географических информационных систем (ГИС).

Наиболее полное определение геоинформатики в соответствии с толковым словарем основных терминов геоинформатики (1999 г., под редакцией А.М. Берлянта, А.В. Кошкарева) таково:

Определение 1.1. «*Геоинформатика* (geo-informatics) – наука, технологии и производственная деятельность по научному обоснованию, проектированию, созданию, эксплуатации и использованию географических информационных систем, по разработке геоинформацион-

ных технологий, по прикладным аспектам или приложению ГИС для практических и геонаучных целей».

По одной из точек зрения геоинформатика входит составной частью в геоматику или предметно и методически пересекается с ней. Геоматика (geomatics) – это совокупность применений информационных технологий, мультимедиа и средств телекоммуникации для обработки данных и анализа геосистем. Иногда геоматика употребляется как синоним геоинформатики.

Дадим определение географических информационных систем, геоинформационных систем или сокращенно – ГИС (geographic(al) information system, GIS, spatial information system).

Определение 1.2. Геоинформационная система – это информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно координированных данных (пространственных данных). ГИС содержит данные о пространственных объектах в форме их цифровых представлений (векторных, растровых, квадратомиических и иных). ГИС поддерживается программным, аппаратным, информационным, нормативно-правовым, кадровым и организационным обеспечением. С точки зрения теории информационных систем ГИС – это большой класс информационных систем (ИС),

позволяющих работать с пространственными данными.

Приставка *geo-* во всех этих словах (геоинформатика, геоматика, ГИС) происходит не от слова «география», а от слова *геос-* земля; эта приставка характеризует пространство (*геос-* характеристика пространственности), работу с пространственно-координированными данными. Более того, процент чисто пространственно-привязанных данных обычно в ГИС не очень велик, технологии обработки данных в таких системах имеют мало общего с традиционной обработкой географических пространственных данных в географии и, наконец, пространственные данные лишь служат базой для решения большого числа прикладных задач в ГИС, цели создания которых далеки от географии.

В современных ГИС осуществляется комплексная обработка информации – от ее сбора до хранения, обновления, обработки и представления (визуализации). В связи с этим ГИС можно рассматривать с различных позиций. Например, считать их системами управления, поскольку они в ряде проблемных областей предназначены для обеспечения принятия решений по оптимальному управлению землями и ресурсами, городским хозяйством, по управлению транспортом (в том числе трубопроводным) и т. п. Далее как системы, использующие базы данных, ГИС являются автоматизированными информационными системами. При этом следует подчеркнуть, что ГИС объединяют в себе как базы данных с атрибутивными

(обычными, традиционными данными), так и графические базы данных или их еще называют пространственными базами данных.

В литературе наиболее часто обращается внимание на связи геоинформатики и картографии. Обычно показывается проблема двойственности, с одной стороны, геоинформационного обеспечения картографии, а с другой стороны, картографического обеспечения геоинформатики. Взаимосвязи картографии и геоинформатики проявляются в следующих аспектах:

- тематические и топографические карты – главный источник пространственно-временных данных для ГИС;
- системы географических и прямоугольных координат и картографическая разграфка служат основой для координатной привязки (географической локализации) всей информации, поступающей и хранящейся в ГИС;
- карты – основное средство географической интерпретации и организации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и другой используемой в ГИС информации (статистической, аналитической и т. п.);
- карты – один из наиболее важных источников массовых данных для формирования позиционной и содержательной части баз данных ГИС в виде цифровых карт – основ; послойное представление

пространственных объектов имеет прямые аналогии с поэлементным разделением тематического содержания карт.

Однако задачи геоинформатики выходят за пределы картографии, делая их основой для интеграции частных наук (геологии, почвоведения и т. п.) при комплексных геонаучных исследованиях.

1.4. Классификация ГИС

Любую ГИС можно отнести по одному или нескольким признакам к тому или иному классу. Рассмотрим основные классы современных ГИС.

1.4.1. Классификация ГИС по архитектурному принципу построения

ГИС, представленные на современном этапе, делятся на два класса по типам архитектур: закрытые и открытые.

Закрытые системы характеризуются низкой ценой, в них заранее представлен (определен) класс решаемых системой задач. Они характеризуются простотой интерфейса и быстрым освоением этих систем пользователями. Набор выполняемых ими функций не может быть изменен. Исходя из этого можно отметить короткий жизненный цикл этих систем.

Открытые системы имеют определенный набор функций и снабжены специальным аппаратом для создания и встраивания пользователями специальных приложений, расширяя тем самым функциональные возможности базовых ГИС. Открытые системы дороже, но имеют более длительный жизненный цикл и могут быть адаптированы к широкому классу задач.

1.4.2. Классификация ГИС по аппаратной платформе

ГИС профессионального уровня. К этому типу относятся широко известные ГИС фирм Intergraph – MGE, ESRI – ArcGIS и др.

Это достаточно мощные системы, созданные изначально для клиент-серверного применения (используются мощные серверы и рабочие станции). Эти системы строятся по модульному принципу и могут поставляться в различной комплектации.

ГИС настольного типа. ГИС этого типа ориентированы на ПК и предназначены для использования широким кругом пользователей. Такие ГИС обладают меньшим набором функций. Они имеют низкую цену, более массово используются, на их базе организуются рабочие места в больших ГИС-проектах, где ГИС строится как многоуровневая система.

Интернет/Инtranет-ГИС. Отличительная черта таких систем – использование клиент-серверной технологии в их построении и Web-технологии. При этом все данные хранятся на сервере и становятся доступными на клиенте посредством сети Интернет (Инtranет). Клиенты находятся на ПК и бывают двух видов: «тонкие» и «толстые».

Тонкие клиенты традиционно основаны на использовании стандартного браузера, а толстые представляют собой отдельное приложение, взаимодействующее с сервером с картографическими и иными данными. Считается, что у таких ГИС большое будущее в разных областях человеческой деятельности.

1.4.3. Классификация ГИС по территориальному охвату

По территориальному охвату различают следующие ГИС:

- глобальные (планетарные, glonal GIS);
- субконтинентальные;
- национальные (государственные);
- региональные (regional GIS);
- субрегиональные;
- локальные (местные, local GIS);
- сублокальные.

Классификация ГИС по предметной области информационного моделирования

Проблемная ориентация ГИС определяется решаемыми в ней задачами (научными и/или прикладными), среди них инвентаризация природных ресурсов, анализ, оценка явлений природы, мониторинг, управление и планирование производства, поддержка принятия решений в различных областях человеческой деятельности и т. п.

По предметной области информационного моделирования различают ГИС:

- городские (муниципальные – МГИС, urban GIS);
- природоохранные (environmental GIS);
- земельные ИС;
- мониторинга водных ресурсов;
- геологии и геологоразведки и т. д.

1.4.4. Классификация ГИС по функциональным возможностям

По функциональным возможностям различают ГИС:

- универсальные (инструментальные, полнофункциональные);
- специализированные;
- ГИС-вьюверы.

Универсальные ГИС характеризуются открытостью, работают с различными форматами данных, обладают достаточно мощным графическим редактором, имеют средства разработки и внедрения различных приложений (увеличение набора функций). По мере развития и создания

новых версий эти ГИС снабжаются большим числом модулей как общего, так и специального назначения (например, ГИС MapInfo, ArcInfo и др.)

Это наиболее широко используемый класс ГИС, поскольку позволяет при необходимости адаптироваться и решать различные задачи во многих областях знаний, увеличивать число встраиваемых специализированных модулей, с помощью которых расширяется аппарат пространственного моделирования и анализа исходных данных.

Как правило, эти системы имеют собственные встроенные языки, работающие как с атрибутивной, так и с графической информацией, и средства для внедрения программных модулей, написанные на языках высокого уровня.

Специализированные ГИС решают узкий круг задач на заданном наборе параметров. Их основная задача – контроль протекания процессов и предотвращение нежелательных ситуаций, автоматизация документооборота и т. д.

ГИС-вьюеры предназначены для визуализации пространственной информации, вывода ее на печать. Эти системы не снабжены аппаратом для пространственного анализа и моделирования.

1.4.5. Классификация ГИС по используемой модели данных

Векторные ГИС основаны на принципах векторной графики и работают с топологическими или нетопологическими векторными моделями данных.

Растровые ГИС основаны на принципах растровой графики и работают с растровыми моделями данных.

Гибридные ГИС сочетают в себе возможности векторных и растровых ГИС.

Подавляющее большинство современных ГИС не являются строго векторными или строго растровыми. Обычно в векторной ГИС имеются некоторые средства работы с растровыми данными и, наоборот, в растровой ГИС имеются средства для работы с векторными моделями данных (подобное наблюдается и среди графических редакторов).

1.4.6. Другие виды классификации ГИС

Интегрированные ГИС (Integrated GIS, IGIS) совмещают функциональные возможности ГИС и систем цифровой обработки и интерпретации изображений (в первую очередь, аэрокосмических) в единой интегрированной среде.

Полимасштабные ГИС (масштабно-независимые ГИС, multiscale GIS) основаны на множественных или полимасштабных представлениях пространственных объектов (multiple representation), обеспечивая

графическое или картографическое воспроизведение данных на любом из избранных уровней масштабного ряда на основе единственного набора данных с наибольшим пространственным разрешением.

Пространственно-временные ГИС (spatio-temporal GIS) оперируют пространственно-временными данными.

Возможна классификация ГИС, в основе которой лежат два, а иногда и три признака.

1.5. Схема функционирования ГИС

Набор функций, реализованный в ГИС, зависит, в первую очередь, от назначения системы в целом. Обобщенная схема функционирования ГИС представлена на рис. 1.1. В разных системах отдельные блоки реализованы более или менее универсальными или узкоспециализированными и имеют различные наборы конкретных функций. Рассмотрим подробнее эту схему.



Рис. 1.1. Обобщенная схема функционирования ГИС

Блок 1 – ввода исходных данных. Исходными данными, как правило, являются наборы данных, сформированные в стандартных форматах (например, DBF, MDB (Access), XLS (Excel), ASCII-кодах, внутренние форматы других систем, обменные форматы ГИС). Исключением являются специализированные ГИС, являющиеся программной надстройкой над аппаратными комплексами, где с электронных устройств происходит считывание исходных данных, которые преобразуются затем в ГИС во внутренние форматы данных и подвергаются дальнейшей расшифровке и обработке (например, регистрирующая аппаратура для сейсморазведки, датчики контроля состояния технологического оборудования и т. д.).

Блок 2. Исходными данными в ГИС могут быть атрибутивные, графические (как правило, пространственные) или те и другие данные вместе (например, информация о состоянии в скважине может содержать: режимы функционирования, длительность ее жизни, данные о слоях геологической среды; координаты устья скважины; результаты аэро- и космосьемки участка скважины представлены снимками (растровыми изображениями), снабженными метаданными (место и время съемки, метеоусловия, производитель и т. п.). Эти данные должны быть представлены и описаны с использованием соответствующих моделей.

Блок 3. Исходные данные, представленные в ГИС (блоки 1 и 2), визуализируются, т. е. наглядно отображаются в удобном пользователю виде (базы данных, таблицы, электронные карты и т. п.).

Блок 4. Является интеллектуальным блоком. С помощью его производится проверка корректности, истинности исходных данных, происходит выделение структур данных, которые участвуют в технологическом процессе, и ведется собственно обработка данных.

Блок 5. Представляет результаты обработки информации в блоке 4 в виде структур данных, пригодных для эксплуатации и применения специализированных функций, в первую очередь пространственного анализа.

Блок 6 пространственного анализа и моделирования – важный интеллектуальный этап у многих ГИС. Его средствами происходит интерпретация данных, получение вторичных характеристик параметров исследуемого пространственного объекта или явления. Включает в себя систему простых и сложных (гибких) запросов, применение различных расчетных алгоритмов. На этом этапе происходит пространственный анализ данных и моделирование поведения объектов исследования.

Блок 7. Результаты анализа, моделирования представляются наглядно, оцениваются аналитиком (пользователем) и происходит (если это необходимо) редактирование результатов (картографических баз данных в том числе).

Блок 8. Формируются отчеты и документы (электронные копии текстовых документов, например, результаты запросов; электронные карты с соблюдением требований стандартов оформления картографической информации и т. п.).

Блок 9. Получение твердых копий отчетных документов, сохранение результатов работы во внутренних и внешних базах данных для хранения и дальнейшего использования, экспорт данных в другие системы.

Схема функционирования ГИС, представленная на рис. 1.1, описывает работу ГИС в целом. Однако в различных ГИС отдельные блоки реализованы с различной функциональностью, а отдельные блоки вообще отсутствуют.

Так, узкоспециализированные ГИС, предназначенные для обработки конкретных данных и решения заданного (обычного малого) набора задач, учитывают специфику исходной информации и выполняют только операции, необходимые для эффективного сбора, хранения и анализа соответствующих данных. В некоторых ГИС блок вывода графической и атрибутивной информации. Так, например, если это автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера предприятия, транспортирующего газ, то такое АРМ должно позволять формировать отчеты о состоянии оборудования, наличии сырья в отдельных сегментах газопровода и т. д.

Все запросы, в том числе и пространственные, можно заранее предусмотреть, а отчетная информация регламентируется нормативными документами.

Универсальные ГИС характеризуются качественной реализацией блоков ввода и вывода информации, мощным графическим редактором, а блок моделирования и пространственного анализа представлен гибкой системой запросов и мощными процедурами анализа пространственных объектов.

1.6. Структура универсальных ГИС

Рассмотрим структурную схему типовой универсальной ГИС (рис. 1.2). На схеме такой ГИС можно выделить четыре больших компоненты: ядро, подсистемы импорта/экспорта данных, средства расширения функционала ГИС и графический интерфейс пользователя.

Ядро ГИС состоит из следующих основных подсистем.

Внутренняя СУБД – система управления базами данных. В современных ГИС все данные (пространственные и атрибутивные), как правило, хранятся и обрабатываются с помощью внутренней СУБД. Такая СУБД может быть основана как на традиционной реляционной СУБД, дополненной пространственными функциями, так и разработанной с нуля. С помощью такой СУБД можно эффективно, используя механизм запросов (в том числе и SQL-запросов), решать задачи поиска, обобщения, группировки данных и т. п.

Во многих ГИС имеется возможность использования *внешних СУБД*. Обычно во внешних базах данных хранят атрибутивные данные, а пространственные данные хранят локально или на файл-сервере. Это связано с тем, что большинство реляционных СУБД не поддерживает работу с пространственными данными. Однако для некоторых промышленных СУБД существуют решения, позволяющие не только хранить такие данные, но и эффективно их обрабатывать (Oracle Spatial, MapInfo SpatialWare и др.).

Подсистема пространственного анализа представляет собой библиотеку функций для анализа пространственных отношений, выполнения оверлейных операций, построения буферных зон и др. (подробнее задачи анализа описаны в главе 5).

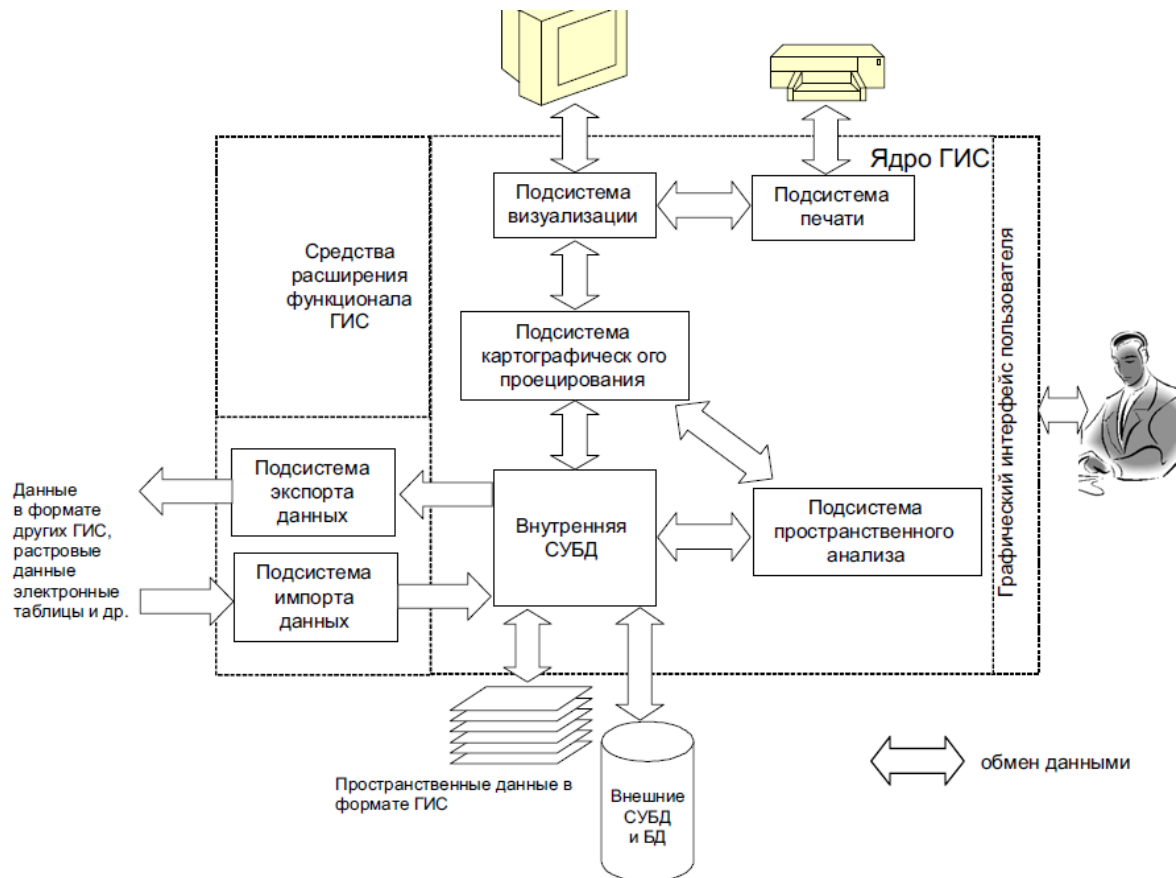


Рис. 1.2. Структурная схема универсальной ГИС

Подсистема картографического проецирования предназначена для выполнения координатных преобразований из одной картографической проекции в другую или в экранную систему координат.

Подсистема визуализации позволяет отображать пространственные данные в виде многослойной карты, используя средства машинной графики. При этом подсистема может работать как с векторными, так и с растровыми данными. Неотъемлемой частью подсистемы является *векторный редактор*, позволяющий вводить новые и редактировать существующие данные. Подсистема визуализации тесно связана с подсистемой картографического проецирования.

Подсистема печати позволяет выводить на печать карты, отчеты и другие материалы, сформированные в ГИС. Как правило, в ГИС существует возможность формирования *макета печати*, в котором можно разместить сформированные картографические материалы, настроить их внешний вид и свойства и затем вывести на печать.

Средства расширения функционала ГИС могут представлять собой среду для исполнений приложений, написанных на внутреннем язы-

ке ГИС или являться надстройкой с поддержкой технологий VBA, COM или Net. Возможны и иные варианты расширения функционала ГИС.

Подсистемы импорта/экспорта данных предназначены для обмена данными с другими внешними системами.

Именно благодаря наличию средств расширения функционала ГИС и подсистем импорта/экспорта данных универсальные ГИС являются *открытыми* системами.

Графический интерфейс пользователя является неотъемлемой частью любой системы, работающей с графической информацией. С его помощью осуществляется интерактивное взаимодействие пользователя с ГИС. К основным элементам интерфейса пользователя относятся: главное окно, основное меню, панели инструментов, окно карты, окно слоев и др. Интерактивное взаимодействие позволяет пользователю взаимодействовать, в первую очередь, с окном карты с помощью традиционных инструментов изменения масштаба, панорамирования карты и т. п.

1.7. Аппаратное и программное обеспечение ГИС

Геоинформационную систему можно рассматривать как совокупность аппаратных и программных средств, предназначенных для ввода, хранения, визуализации и обработки пространственных данных. Основными аппаратными средствами ГИС являются серверы и рабочие станции. Однако для работы также необходимы различные периферийные устройства ввода и вывода данных. Рассмотрим их подробнее.

Периферийные устройства ввода данных. К таким средствам относятся:

1. *Клавиатура.* Предназначена для ввода алфавитно-цифровой информации. С ее помощью можно вводить как атрибутивные данные, так и графические (пространственные). В последнем случае такой ввод производится посредством ввода *координат* объектов в той или иной системе координат.
2. *Мышь.* Традиционно мышь используется как основное средство ввода графической информации посредством векторного редактора.
3. *Сканер.* Сканер используется для формирования растрового представления по исходным бумажным или иным материалам. Сканеры различаются:
 - по способу подачи исходного материала для считывания (ручные, планшетные, протяжные, например, роликовые и барабанные);
 - по принципу считывания информации (работающие на просвет или на отражение);
 - по глубине цвета;

- по разрешению;
 - по геометрической точности;
 - по скорости сканирования;
 - по формату (максимальному размеру сканируемого источника).
4. *Дигитайзер*. Это устройство предназначено для ручного цифрования (сколки) графических документов. Результат сколки представляется в виде множества или последовательности точек, образующихся при обходе контуров объектов, положение которых описывается прямоугольными декартовыми координатами.
 5. *Графический планшет*. Является альтернативой мыши и позволяет позиционировать курсор с помощью специального пера и планшета, имитируя рисование обычной ручкой.

Помимо перечисленных периферийных средств существуют и другие, также предназначенные для ввода пространственных данных. Например, GPS-приемники, автоматически формирующие данные о местоположении пользователя с помощью спутников, могут быть подключены к компьютеру для передачи этих данных, как в режиме реального времени, так и после выполненных замеров.

Периферийные устройства вывода данных. Основным устройством вывода информации является монитор. Однако когда необходимо вывести данные на твердый носитель могут использоваться следующие устройства.

1. *Принтер*. Это наиболее распространенное периферийное устройство вывода данных. Принтеры различаются:
 - по способу подачи материала для печати;
 - по принципу печати (струйные, лазерные, матричные, барабанные, термические, термовосковые и др.);
 - по разрешению;
 - по скорости печати.
2. *Графопостроитель* (плоттер). Это устройство, предназначенное для вывода данных в графической форме на бумагу, пластик, фоточувствительный материал или иной носитель путем черчения, гравирования, фоторегистрации или иным способом. Графопостроители различают:
 - по способу подачи материала для печати (планшетные, рулонные или роликовые);
 - по исполнению (напольные, настольные);
 - по принципу построения графических объектов (векторные, растровые);
 - по способу печати (электростатические, струйные, лазерные, светодиодные и др.);
 - по размеру рабочего поля;

- по точности;
- по скорости прорисовки (печати).

В настоящее время наиболее популярны растровые плоттеры со струйной печатью. Как правило, такие плоттеры имеют формат А3–А0 и выполнены в виде напольного изделия с рулонной подачей бумаги.

Программное обеспечение ГИС может состоять из нескольких основных и вспомогательных модулей (приложений). Как правило, основные функции ГИС реализуются одним основным приложением, имеющим традиционный графический интерфейс пользователя. К вспомогательному программному обеспечению таких систем обычно относятся всевозможные программы-конверторы, менеджеры печати, вьюверы данных, модули сопряжения с различными внешними устройствами и др.

Естественно, что программное обеспечение ГИС функционирует на компьютерах с предустановленными операционными системами. Более подробно программное обеспечение ГИС будет рассмотрено в главе 7.

Глава 2

ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ КАРТОГРАФИИ

Ниже рассматриваются модели Земли, приводятся основные системы координат, применяемые в геодезии и картографии. Дается понятие картографической проекции, рассматриваются различные проекции и их искажения.

2.1. Фигура и размеры Земли, используемые модели

2.1.1. Понятие о карте

Определение 2.1. Картография – это наука, которая занимается созданием, изучением и использованием картографических произведений.

Определение 2.2. Карта – это модель пространственно-временных отношений объектов и явлений на земной поверхности. Есть бумажные и электронные карты.

Математическая основа карты состоит из совокупности математических элементов карты, которые определяют математическую связь между картой и отображаемой с её помощью поверхностью Земли. К математическим элементам относятся:

- элементы геодезической основы;
- масштаб;
- картографическая проекция;
- элементы компоновки и система разграфки карты.

2.1.2. Геодезическая основа карт

Поверхность Земли общей площадью 510 млн кв. км. разделяется на Мировой океан, составляющий 71 % от всей площади, и сушу, занимающую 29 % площади поверхности Земли. Исходя из того, что поверхность Мирового океана составляет без малого три четверти поверхности Земли, она была принята за поверхность (форму) нашей планеты.

Представим себе поверхность, совпадающую со средним уровнем Мирового океана в спокойном состоянии. Такая поверхность называется *уровенной*. Уровенная поверхность всюду горизонтальна, т. е. в любой ее точке перпендикулярна к направлению отвесной линии в этой точке.

Определение 2.3. Поверхность воды Мирового океана в спокойном состоянии, мысленно продолженная под материи, названа *уровенной поверхностью* Земли и принята за действительную форму Земли.

В 1873 году немецким физиком Листингом тело (земной шар), ограниченное уровнем поверхностью, названо *геоидом*.

Вследствие неравномерного распределения масс внутри Земли поверхность геоида является весьма сложной и установить ее форму, а тем более установить его (геоида) размеры не удалось, она не выражается ни одной из рассматриваемых в математике поверхностей. Поэтому возникла необходимость замены поверхности геоида вспомогательной поверхностью, наиболее близко к ней подходящей.

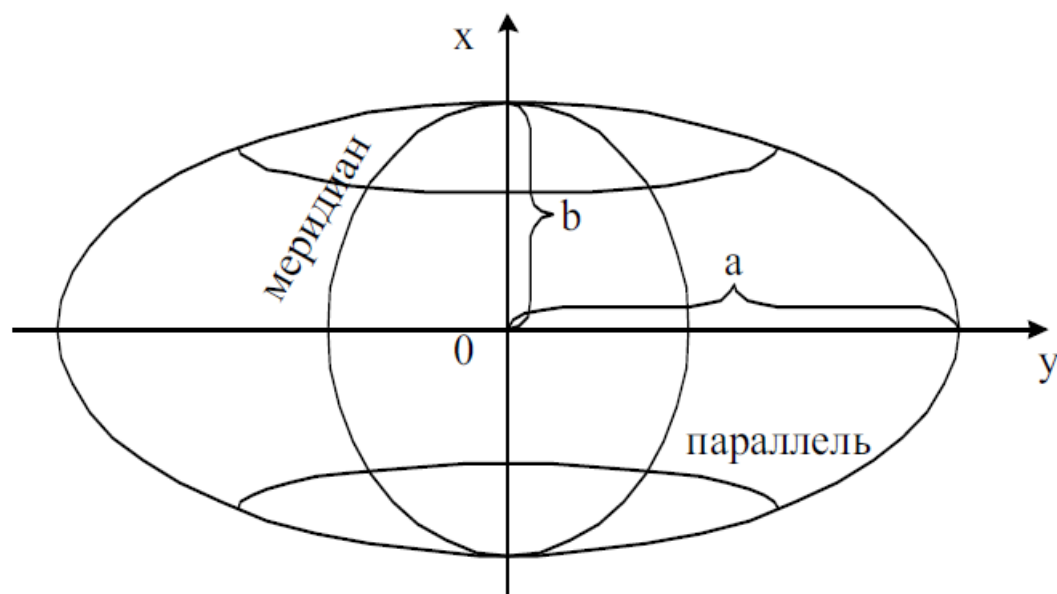


Рис. 2.1. Референц-эллипсоид Красовского¹

$a = 6\,378\,245\text{ м};$

$b = 6\,356\,863\text{ м};$

$\alpha = 1/298,3;$

начальный пункт Пулково;

превышение геоида над референц-эллипсоидом в начальном пункте равно нулю;

принята Балтийская система высот; счет высот ведется от нуля Кронштадтского футштока;

$$\alpha = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{298,3};$$

начало координат системы совпадает с центром тяжести Земли.

¹ В картографии принято обозначать x вертикальную ось координат, а через y – горизонтальную ось координат

Наиболее близкой к геоиду математической поверхностью является эллипсоид вращения.

Определение 2.4. Эллипсоид вращения, определенно расположенный в теле Земли, на поверхность которого, достаточно близкую к поверхности геоида, переносятся все геодезические пункты и на ней определяются затем в той или иной системе координат, называется *референц-эллипсоидом* или *поверхностью относимости*.

Выбор размеров референц-эллипсоида и установление его ориентировки в теле Земли осуществляют таким образом, чтобы обусловить возможно большую близость его поверхности к поверхности геоида в пределах рассматриваемой территории.

В работах по геодезии, топографии и картографии, выполняемых в нашей стране с 1942 г., принят референц-эллипсоид Красовского и так называемая система координат 1942 года. Размеры этого эллипсоида характеризуются (рис. 2.1):

При мелкомасштабном картографировании (попадают только крупные объекты) фигуру Земли можно принять за шар радиусом, равным

$$R = (a + b) / 2 = 6\,367\,600 \text{ м.}$$

Также шаром можно воспользоваться при применении способа двойного отображения, когда в начале эллипсоид отображают на шар, а затем шар – на плоскость.

2.2. Системы координат, применяемые в геодезии и картографии

При производстве топографо-геодезических работ используют географическую (астрономическую), плоскую прямоугольную, полярную, геодезическую и зональную системы координат и высот.

2.2.1. Географическая (астрономическая) система координат

Положение любой точки М, лежащей на поверхности земного шара – геоида (рис. 2.2), определяется ее географической широтой φ и географической долготой λ , которые получают из астрономических наблюдений.

При этом координаты φ λ определяются следующим образом. Пусть МО – отвесная линия (нормаль к уровню поверхности); φ – угол между отвесной линией и плоскостью экватора (на север берется со знаком «+», на юг – со знаком «–»); а λ – двугранный угол между меридианом данной точки М и начальным меридианом (Гринвичским). Счет долготы ведется от Гринвича на 180° на запад со знаком «–», а на восток со знаком «+». P_N , P_S – обозначение точек полюсов, соответственно северного и южного. QQ_1 – линия экватора.

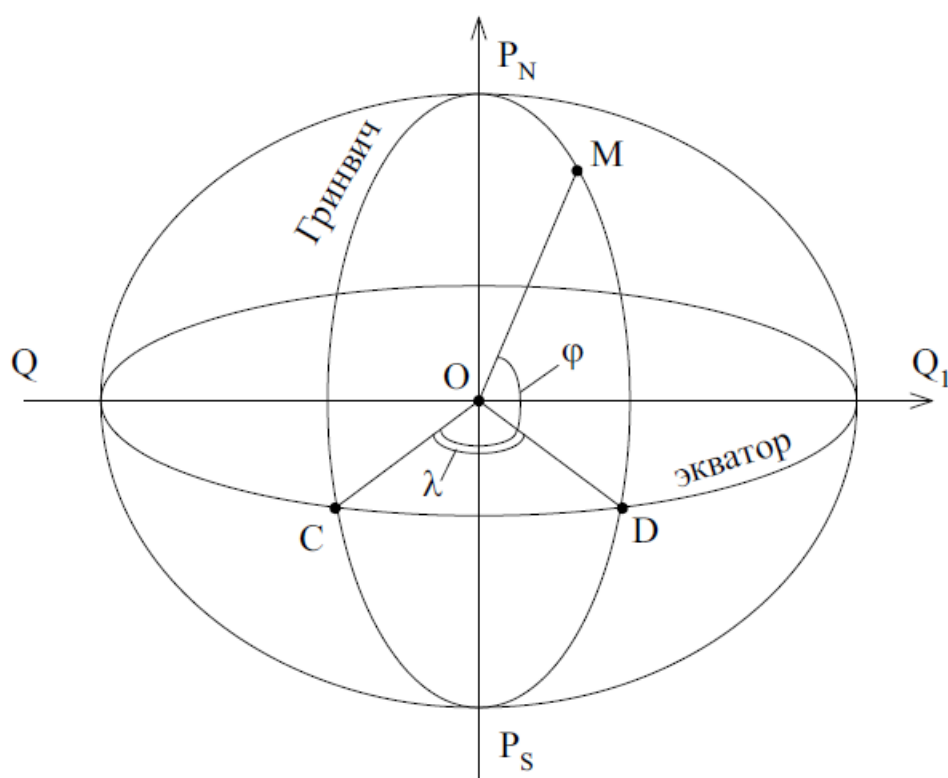


Рис. 2.2. Схема определения положения точки в географической системе координат

2.2.2. Геодезическая система координат

Положение любой точки A на поверхности референц-эллипсоида определяется геодезической широтой B и долготой L , которые определяют по результатам геодезических измерений (рис. 2.3). При этом L – это угол между гринвичским меридианом и меридианом, проходящим через точку A .

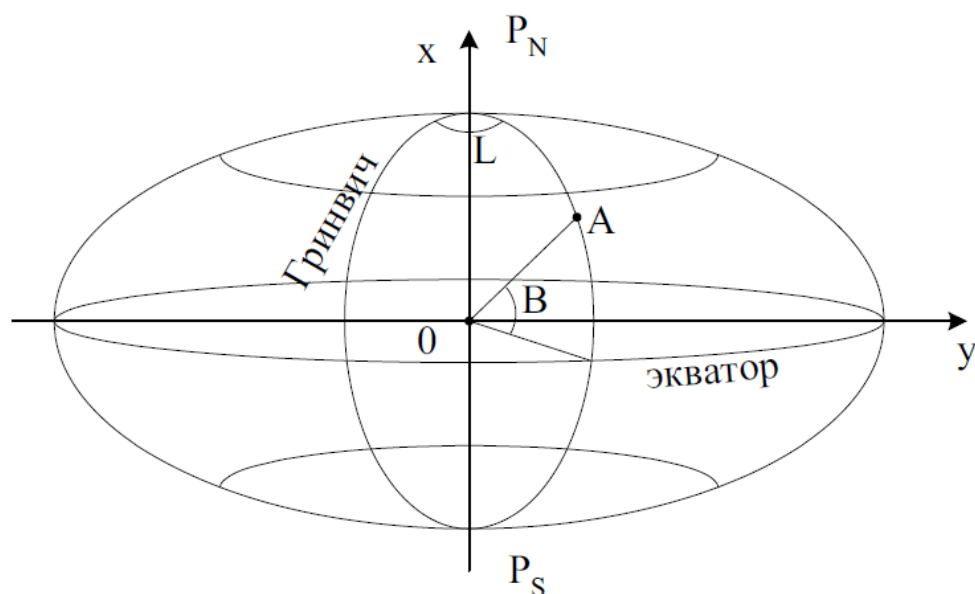


Рис. 2.3. Схема определения положения точки в геодезической системе координат

B – угол между нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью экватора.

Взаимное расположение отвесных линий и нормалей к поверхности референц-эллипсоида и геоида приведено на рис. 2.4.

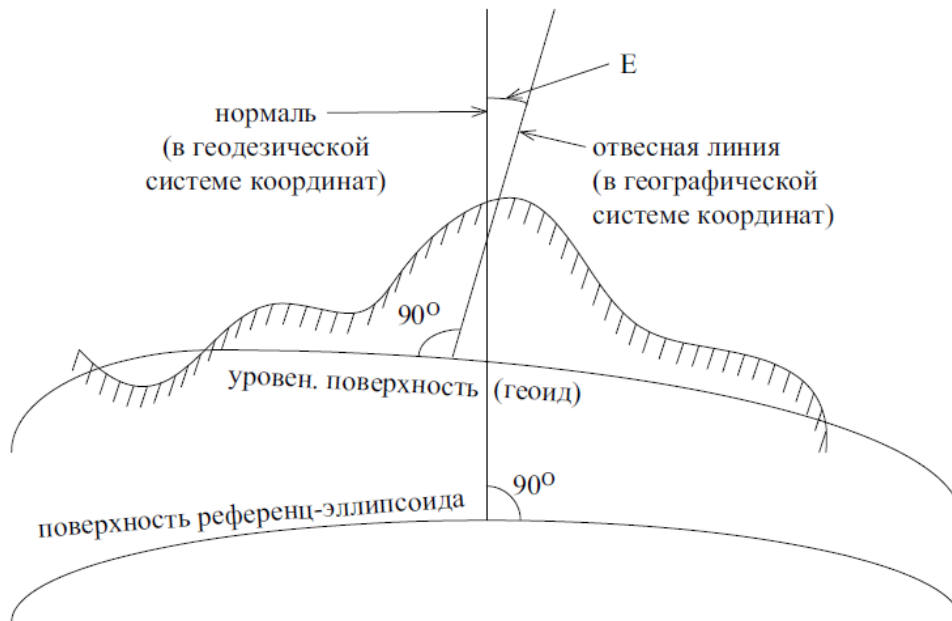


Рис. 2.4. Схема расположения отвесных линий и нормалей к поверхности референц-эллипсоида и геоида

E – уклонение отвесной линии от нормали, $E \approx 3-4''$, в отдельных регионах до десятков секунд. Учтем, что $1'' \approx 31$ м на поверхности Земли. Следовательно, координаты одной и той же точки в географической и геодезической системах координат могут различаться на 100 м и более.

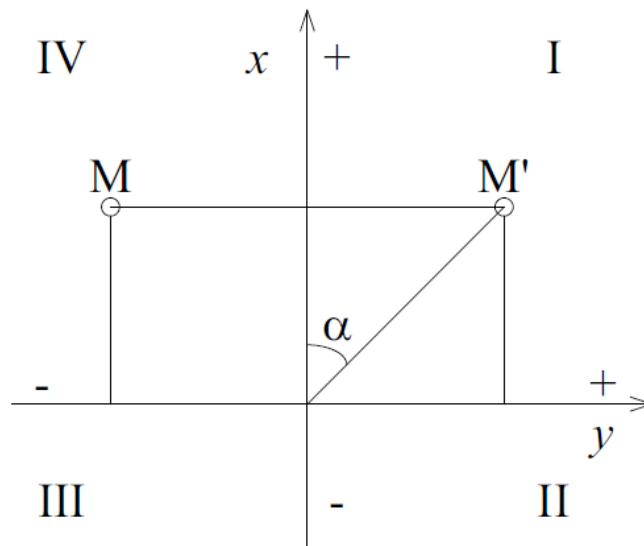


Рис. 2.5. Положение точек M и M' в системе прямоугольных координат

2.2.3. Система прямоугольных координат

Схема использования прямоугольных координат изображена на рис. 2.5.

Углы отсчитываются от положительного направления оси x по ходу часовой стрелки. Положение любой точки M в этой системе определяется координатами x и y с соответствующими знаками.

2.2.4. Полярная система координат

Схема использования полярной системы координат изображена на рис. 2.6.

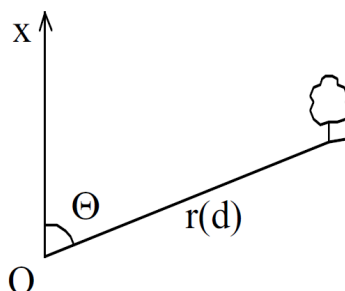


Рис. 2.6. Система полярных координат

O – полюс

Ox – полярная ось (меридиан)

Положение любого пункта можно определить по радиусу $r(d)$ и углу Θ .

2.2.5. Зональная система координат

Зональная система координат используется для определения прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера. Поверхность Земли разбивается на 60 зон, каждая по 6° шириной. Так как абсциссы x отсчитываются от экватора к полюсам, то для территории России, расположенной в северном полушарии, они будут всегда положительные. Ординаты же в каждой зоне будут как положительными, так и отрицательными, в зависимости от того, где находится точка по отношению к осевому меридиану (запад –; восток +).

Для удобства в работе необходимо избавиться от отрицательных значений ординат в пределах каждой зоны. Расстояние от осевого меридиана зоны до крайнего меридиана даже в самом широком месте зоны ≈ 330 км. Но для расчетов удобнее взять расстояние, равное круглому

числу километров. С этой целью, ординату осевого меридиана зоны условились считать равной 500 км. За начало координат для каждой зоны принимают точку с координатами $x=0$ км, $y=500$ км (рис. 2.7). Так как одинаковые координаты точек могут повториться в каждой из 60 зон, необходимо указывать номер зоны, в которой расположен данный пункт (при указании координаты y).

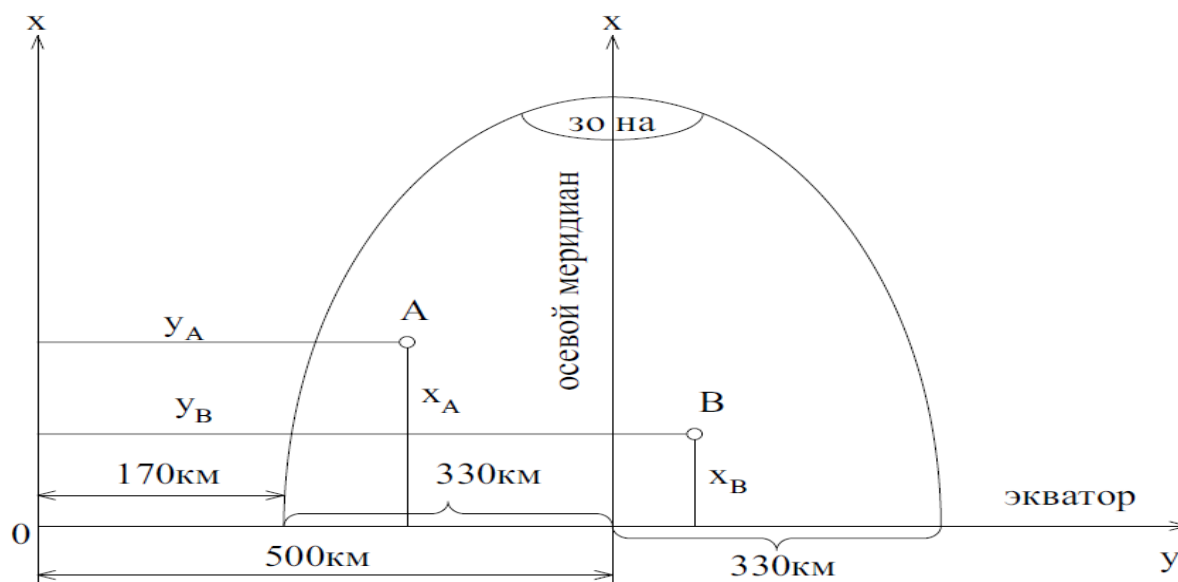


Рис. 2.7. Зональная система координат

Пример 7-й зоны:

$x_A = 6136000$ м., $x_B = 4200000$ м.

$y_A = 7316000$ м., $y_B = 7630000$ м.

2.3. Картографические проекции.

Искажения в картографических проекциях

2.3.1. Общие понятия

Определение 2.5. Картографической проекцией называют математически определенный способ отображения поверхности эллипсоида на плоскости. Картографическая проекция устанавливает соответствие между географическими (геодезическими) координатами точек геоида (земного эллипсоида) и прямоугольными координатами тех же точек на плоскости.

Эта зависимость в географической системе координат может быть выражена в общем виде двумя уравнениями

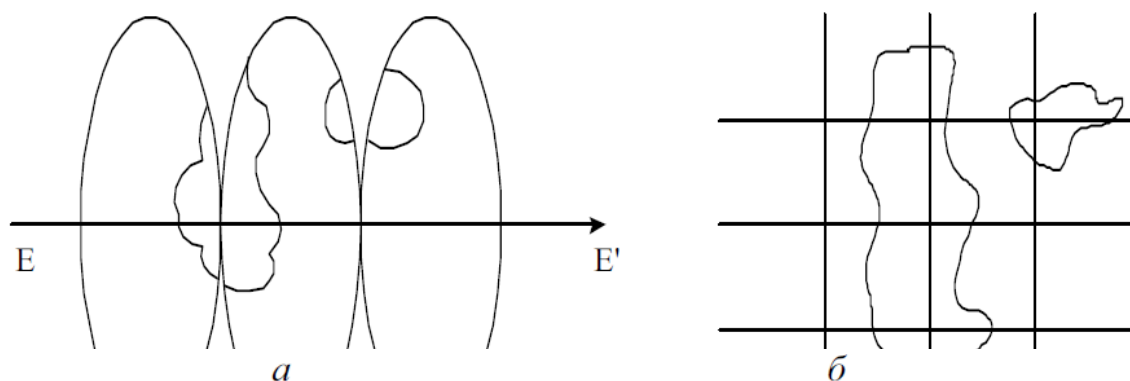
$$x = f_1(\varphi, \lambda) \quad y = f_2(\varphi, \lambda).$$

называемыми уравнениями картографических проекций.

В геодезической системе координат также используется два уравнения

$$x = f_3(B, L) \quad y = f_4(B, L).$$

Каждая пара уравнений позволяет вычислять прямоугольные координаты x и y изображаемой точки по геодезическим координатам B и L (φ и λ в случае географической системы координат). Число возможных функциональных зависимостей не ограничено. Необходимо только, чтобы изображение было однозначным и непрерывным (рис. 2.8).



*Рис. 2.8. Формирование непрерывного изображения
а – объекты на поверхности эллипсоида,
б – изображение объектов на карте*

Поскольку поверхность эллипсоида или шара нельзя развернуть в плоскости без искажений, непрерывность и однозначность изображения на плоскости достигаются как бы за счет неравномерной деформации поверхности эллипсоида при совмещении её с плоскостью. Отсюда следует, что масштаб изображения не может быть постоянным. Причем меняется масштаб не только от точки к точке, но и в одной и той же точке в зависимости от направления.

Определение 2.6. Главный масштаб длин – это масштаб, который показывает во сколько раз уменьшены линейные размеры эллипсоида или шара при их отображении на карте. Он сохраняется не по всей карте, а только в отдельных ее точках или линиях, где нет искажения длин.

Линейный масштаб во всех остальных точках характеризуется частным масштабом длин, выраженным в долях главного масштаба.

Определение 2.7. Частным масштабом длин называют отношение длины бесконечно малого отрезка на карте ds' к длине соот-

ветствующего бесконечно малого отрезка dS на поверхности эллипсоида или шара

$$= \frac{S'}{S}$$

На карте чаще всего подписывается главный масштаб длин.

Определение 2.8. *Главный масштаб площадей* есть отношение, показывающее во сколько раз уменьшены площадные размеры поверхности эллипсоида или шара при их отображении на карте.

Он сохраняется на картах только в тех местах, где нет искажений площадей. В других местах карты масштабы площадей отличаются от главного и их называют *частными масштабами площадей*.

2.3.2. Искажения в картографических проекциях

Карте присущи искажения длин, площадей, углов и форм.

Искажения длин на карте выражаются в том, что масштаб длин на ней изменяется при переходе от одной точки к другой, а также при изменении направления в данной точке. Вследствие этого соотношения линейных размеров географических объектов передаются с искажениями.

Искажения площадей выражаются в том, что масштаб площадей в различных местах карты различен, и нарушаются соотношения площадей различных географических объектов.

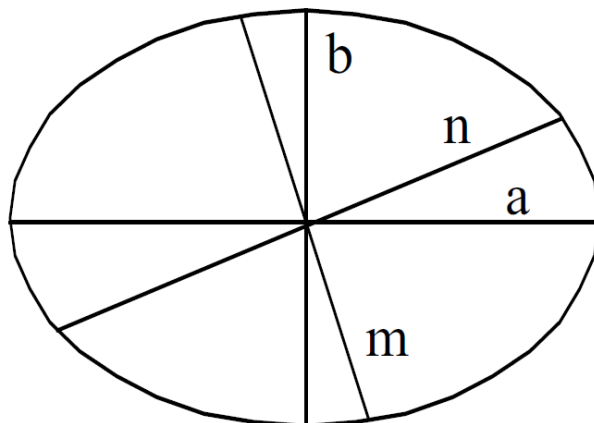
Искажения углов заключаются в том, что углы между направлениями на карте не равны соответствующим углам на поверхности эллипсоида и, следовательно, не равны соответствующим углам на местности. Углы между линиями очертаний географических объектов искажены. Это приводит к искажению форм самих объектов.

Искажения форм заключаются в том, что фигуры на карте не подобны фигурам соответствующих географических объектов на местности.

Все виды искажений связаны друг с другом, и изменение одного из них влечет за собой изменение других. Особый характер имеет связь между искажениями углов и площадей, находящихся в постоянном противоречии друг с другом: уменьшение одного из них влечет за собой увеличение другого.

Нет карт без искажений, однако имеются карты, в которых либо отсутствуют искажения углов, либо площадей, либо оба этих вида искажений как бы уравнивают друг друга.

Наиболее полно все виды искажений в данной точке на карте характеризуются эллипсом искажений (рис. 2.9). Эллипс искажений в данной точке



m – частный масштаб длин по меридианам;
n – частный масштаб длин по параллелям;
a – максимальный частный масштаб длин в точке;
b – минимальный частный масштаб длин в точке.

Рис. 2.9. Эллипс искажений

карты изображает бесконечно малый круг на поверхности относимости. Полуоси эллипса искажений равны величинам максимального и минимального частных масштабов длин в данной точке. Форма эллипса характеризует искажения углов и форм – они искажены тем больше, чем больше эллипс отличается от окружности. Площадь эллипса пропорциональна искажению площадей и тем она больше, чем больше искажены площади.

2.4. Классификация картографических проекций

Проекции классифицируют:

- по характеру искажений;
- по виду вспомогательной поверхности;
- по ориентировке;
- по виду нормальной картографической сетки;
- по способу получения;
- по особенностям использования.

2.4.1. Классификация проекций по характеру искажений

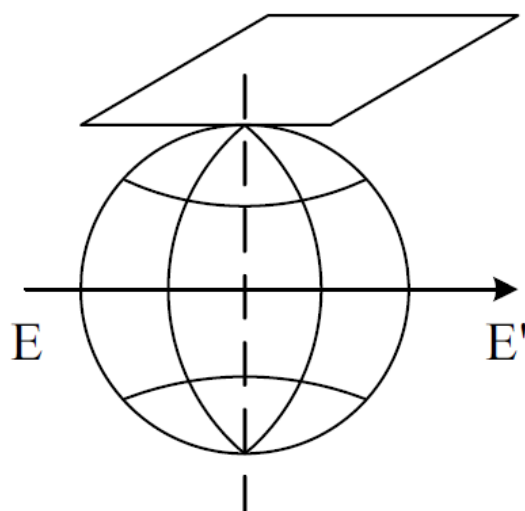
Равновеликие проекции, в которых на карте отсутствуют искажения площадей, следовательно, соотношения площадей территорий передаются правильно. В этих проекциях карты больших территорий отличаются значительными искажениями углов и форм.

Равноугольные проекции, в которых на карте отсутствуют искажения углов. Вследствие этого в них не искажаются также формы бесконечно малых фигур, а масштаб длин в любой точке по любому направлению остается одинаковым. В этих проекциях карты больших территорий отличаются большими искажениями площадей.

Равнопромежуточные проекции, в которых масштаб длин по одному из главных направлений сохраняется постоянным. В них искажения углов и искажения площадей как бы уравновешены.

Произвольные проекции, в которых на карте в любых соотношениях имеются искажения и углов, и площадей.

2.4.2. Классификация проекций по виду вспомогательной поверхности

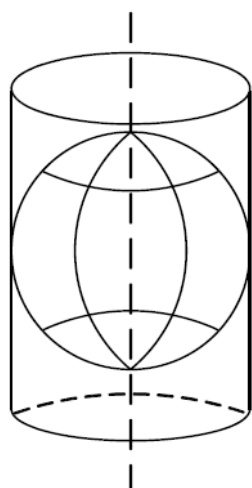


*Рис. 2.10. Азимутальная проекция.
Случай касательной плоскости*

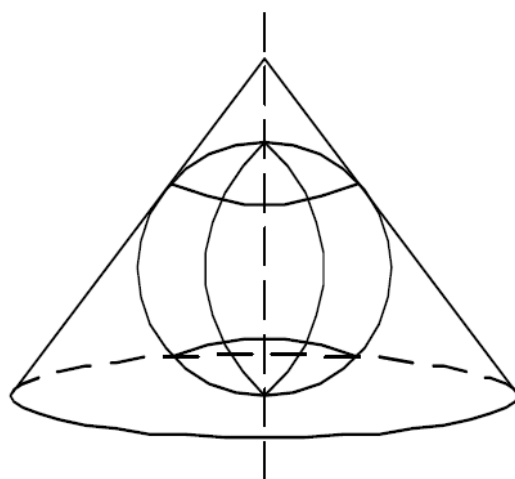
Азимутальные проекции, в которых поверхность эллипсоида или шара переносится на касательную к ней или секущую ее плоскость (рис. 2.10).

Цилиндрические, в которых поверхность эллипсоида или шара переносится на боковую поверхность касательного к ней или секущего ее цилиндра, после чего последний разрезается по образующей и разворачивается в плоскость (рис. 2.11).

Конические проекции, в которых поверхность эллипсоида



*Рис. 2.11. Цилиндрическая проекция.
Случай касательного цилиндра*



*Рис. 2.12. Конические проекции.
Случай касательного конуса*

или шара переносится на боковую поверхность касательного или секущего конуса, который затем разрезается по образующей и разворачивается в плоскость (рис. 2.12).

2.4.3. Классификация проекций по ориентировке

Нормальные проекции, в которых ось вспомогательной поверхности совпадает с полярной осью земного эллипсоида или шара, в азимутальных проекциях плоскость перпендикулярна полярной оси (рис. 2.10 – рис. 2.12).

Поперечные проекции, в которых ось вспомогательной поверхности лежит в плоскости экватора и перпендикулярна полярной оси (рис. 2.13).

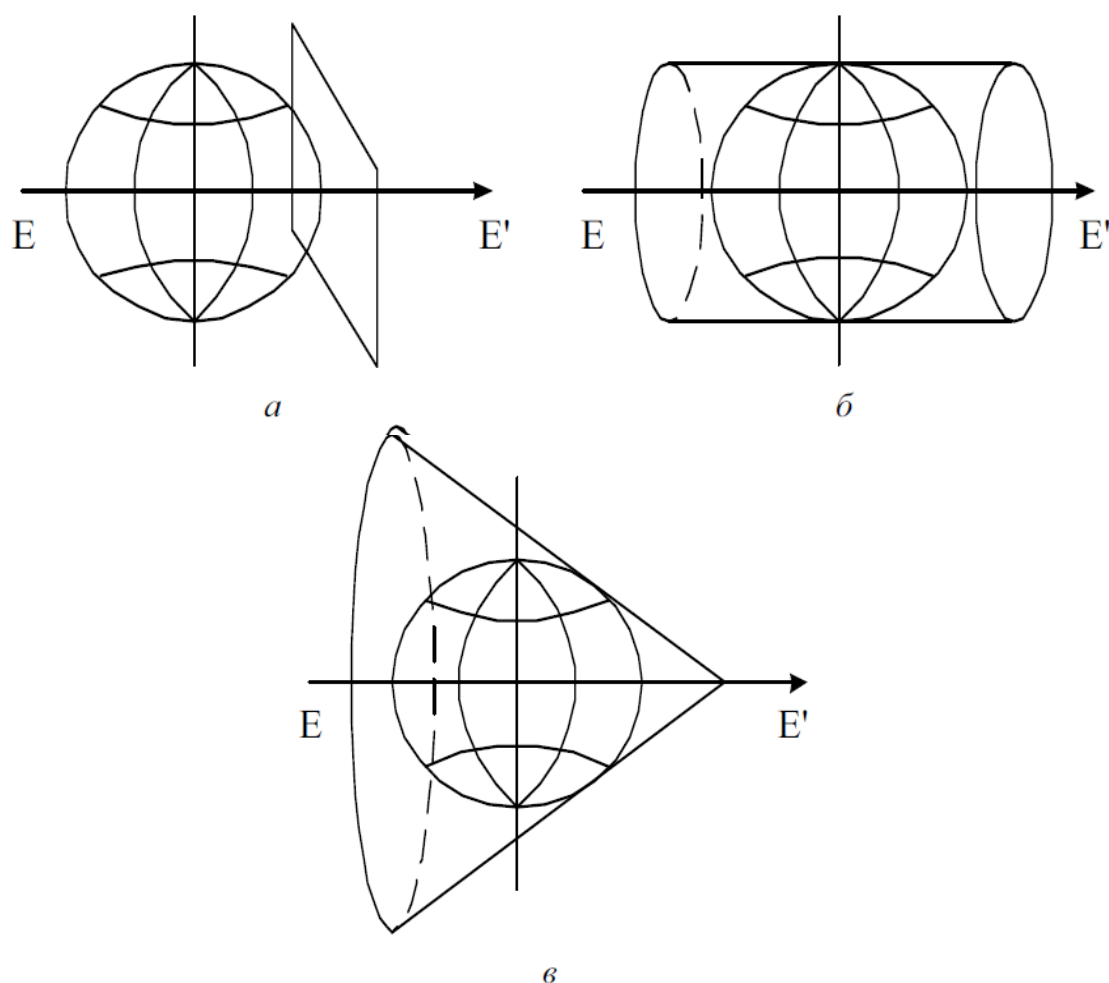


Рис. 2.13. Примеры поперечных проекций:
а – случай касательной плоскости;
б – цилиндрической поверхности;
в – конической поверхности

Косые проекции, в которых ось вспомогательной поверхности совпадает с нормалью, находящейся между полярной осью и плоскостью экватора (рис. 2.14).

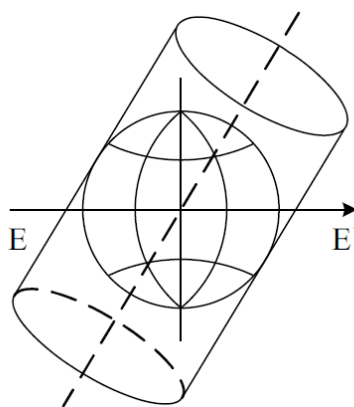


Рис. 2.14. Пример косо́й проекции

2.4.4. Классификация проекций по виду нормальной картографической сетки

Азимутальные проекции, в которых параллели изображаются концентрическими окружностями, а меридианы – прямыми, исходящими из общего центра параллелей, под углами, равными разности их долгот (рис. 2.15).

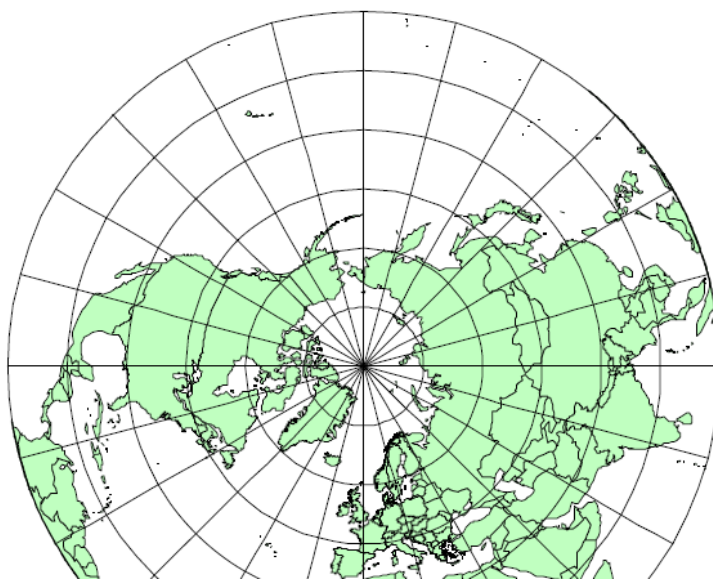


Рис. 2.15. Азимутальная проекция

Конические проекции, в которых параллели изображаются дугами концентрических окружностей, а меридианы – прямыми, расходящимися из общего центра параллелей, под углами, равными разности их долгот (рис. 2.16).



Рис. 2.16. Коническая проекция

Цилиндрические проекции, в которых меридианы изображаются равноотстоящими параллельными прямыми, а параллели перпендикулярными к ним прямыми, в общем случае не равноотстоящими (рис. 2.17).

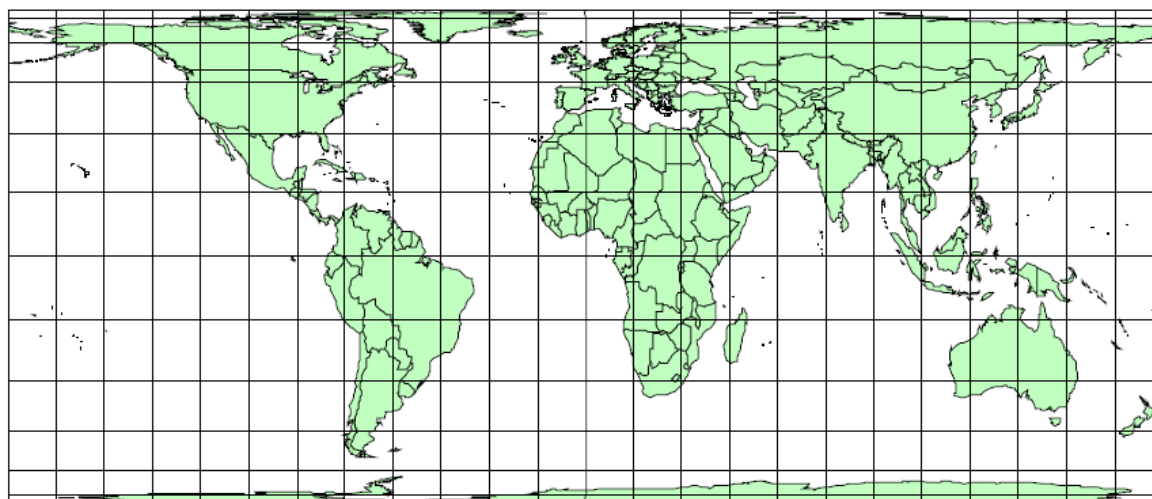


Рис. 2.17. Цилиндрическая проекция

Псевдоазимутальные проекции, в которых параллели изображаются концентрическими окружностями, меридианы – кривыми, сходящимися в точке полюса, средний меридиан – прямой.

Псевдоконические проекции, в которых параллели изображаются дугами концентрических окружностей, средний меридиан – прямой, проходящей через их общий центр, остальные меридианы – кривые.

Псевдоцилиндрические проекции, в которых параллели изображаются параллельными прямыми, средний меридиан – прямая, перпендикулярная к параллелям, остальные меридианы – кривые или прямые, наклоненные к параллелям (рис. 2.18).

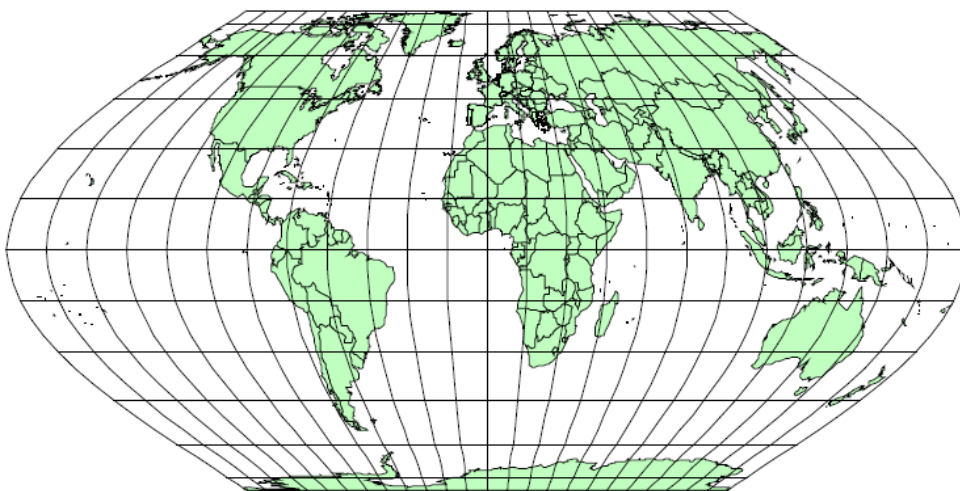


Рис. 2.18. Псевдоцилиндрическая проекция

Полиазимутальные проекции, в которых параллели изображаются эксцентрическими окружностями, меридианы – кривые, сходящиеся в точке полюса, средний меридиан – прямой.



Рис. 2.19. Поликоническая проекция

Поликонические проекции, в которых параллели изображаются дугами эксцентрических окружностей с радиусами тем большими, чем меньше их широта, средний меридиан – прямой, на которой расположены центры всех параллелей, остальные меридианы – кривые (рис. 2.19).

2.4.5. Классификация проекций по способу получения

Перспективные проекции, которые получают перспективным проектированием точек земной поверхности, чаще всего шара, на плоскость, цилиндр или конус. В зависимости от положения точки глаза различают:

- гномонические – точка глаза в центре шара;
- стереографические – точка глаза на поверхности шара;
- ортографические – точка глаза удалена в бесконечность.

Производные проекции, которые получают преобразованием одной или нескольких ранее известных проекций путем комбинирования и обобщения их уравнений.

Составные проекции, в которых отдельные части картографической сетки построены в разных проекциях или в одной проекции, но с разными параметрами.

2.4.6. Классификация проекций по особенностям использования

Многогранные проекции, в которых параметры проекции подобраны для каждого листа или группы листов многолистной карты.

Многополосные проекции, в которых параметры проекции подобраны для каждой отдельной полосы, на которые при отображении разбивается поверхность эллипсоида или шара.

2.5. Равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера

Для всех топографических карт в нашей стране применяется проекция Гаусса-Крюгера. Проекция равноугольная, средний меридиан изображается прямой линией без искажений, экватор изображается прямой, перпендикулярной к среднему меридиану. Все остальные меридианы криволинейны и симметричны относительно среднего меридиана и экватора.

Полоса отображения в проекции представляет собой шестиградусную или трехградусную зону.

Координатными осями для каждой зоны являются прямолинейный средний меридиан – ось абсцисс и прямолинейный экватор – ось ординат. Счет координатных зон при разбиении земного эллипсоида ведется с запада на восток. Долгота осевого меридиана первой зоны равна 3° (т. к. он

посередине зоны, а отсчет этой зоны идет от гринвичского меридиана). Номер зоны N и долгота осевого меридиана L° связаны равенством

$$L^{\circ} = 6^{\circ}N - 3^{\circ}.$$

Номер зоны N в проекции Гаусса-Крюгера отличается от номера колонны карты масштаба 1:1 000 000 на 30.

Например, если номенклатура листа N-45, то это значит, что лист расположен в 15 зоне проекции Гаусса-Крюгера и его осевой меридиан имеет долготу

$$L^{\circ} = 6^{\circ} \times 15 - 3^{\circ} = 90^{\circ} - 3^{\circ} = 87^{\circ}.$$

Для построения **топографических карт России** прибегают к многополосному изображению земного эллипсоида, когда на плоскость переносят зоны, протяженностью 6° (рис. 2.20).

Каждая зона строится на отдельном касательном поперечном цилиндре так, что ось касания проходит по среднему меридиану зоны PP', называемому *осевым* (рис. 2.21). У каждой зоны свой осевой меридиан.

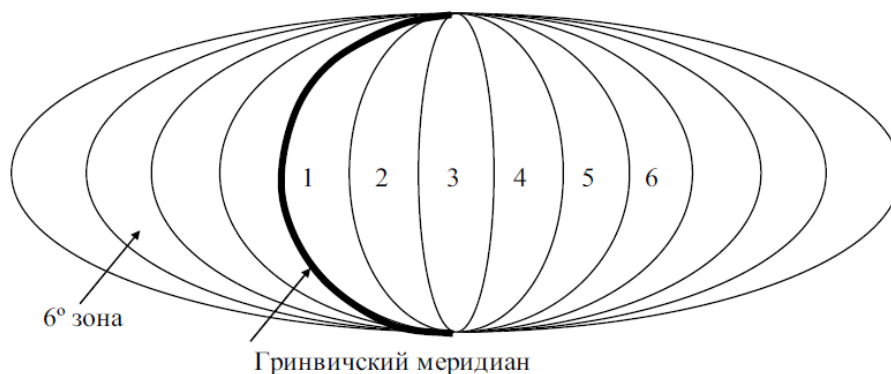


Рис. 2.20. Схема многополосного изображения земного эллипсоида

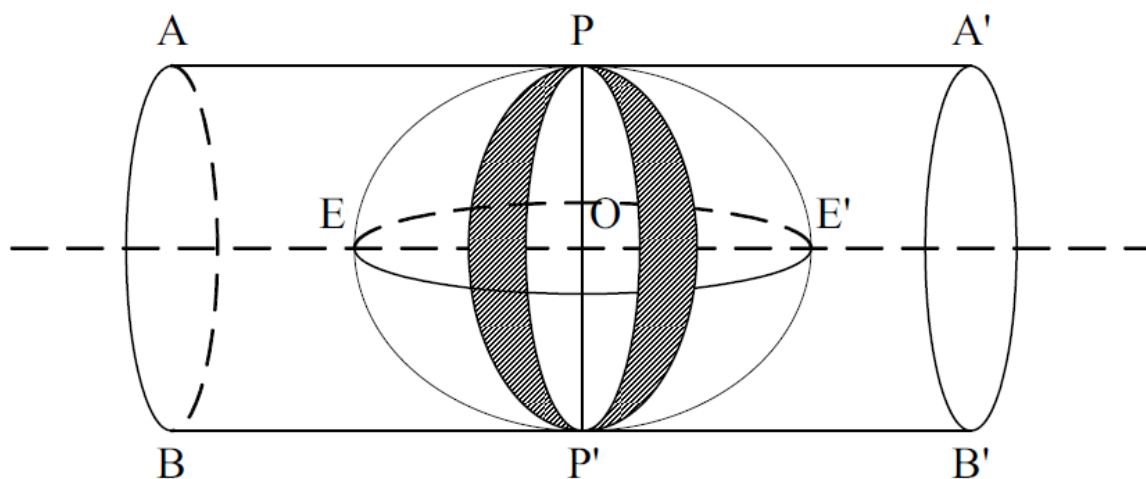


Рис. 2.21. Схема разворачивания поверхности эллипсоида с помощью цилиндра

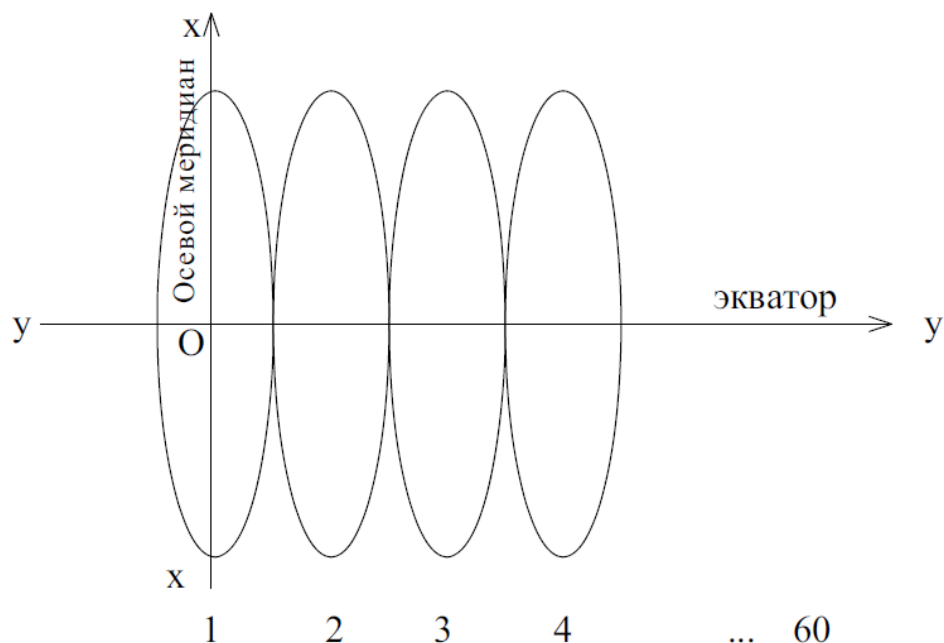


Рис. 2.22. Результат разворачивания цилиндра на плоскости

При разворачивании цилиндра в плоскость осевой меридиан изображается без искажения прямой PP' (рис. 2.22.) и его принимают за ось xx . Экватор EE' также изображается прямой, перпендикулярной к осевому меридиану. Он соответствует оси yy . Началом координат в каждой зоне служит точка O – пересечение осевого меридиана и экватора. Таким образом, положение любой точки определяется прямоугольными координатами x и y .

2.6. Разграфка и номенклатура листов топографических карт и планов

Классификация карт и планов по масштабу осуществляется так:

1. Планы
 - 1 : 500
 - 1 : 1 000
 - 1 : 2 000
 - 1 : 5 000
2. Крупномасштабные (детальные) топографические карты
 - 1 : 10 000
 - 1 : 25 000
 - 1 : 50 000
 - 1 : 100 000
3. Среднемасштабные (обзорно-топографические) карты
 - 1 : 200 000

1 : 300 000
1 : 500 000
1 : 1 000 000

4. Мелкомасштабные (обзорные) карты

1 : 2 500 000
1 : 4 000 000
1 : 8 000 000
1 : 20 000 000

Лист топографической карты любого масштаба по размерам должен быть удобным как при его создании, печатании тиража, так и при пользовании им. С учетом этого установлено, что размер одного листа не должен быть больше 50х50 см. Но на одном таком листе изображается незначительный участок местности, поэтому карты на значительную (обширную) территорию являются многолистными.

Определение 2.9. Система разделения карты или плана на отдельные листы называется *разграфкой* карты (плана).

Определение 2.10. Обозначение отдельных листов многолистных топографических карт и планов в единой системе есть *номенклатура*.

Система разграфки и номенклатура листов карт и планов отдельные листы называется *разграфкой* карты (плана).

Определение 2.10. Обозначение отдельных листов многолистных топографических карт и планов в единой системе есть *номенклатура*.

Система разграфки и номенклатура листов карт и планов отдельных масштабов дают возможность определять географические координаты углов рамки любого листа топографической карты всего масштабного ряда, а также по географическим координатам точки находить номенклатуру листа карты любого масштаба, на котором эта точка находится, а также находить прямоугольные координаты. Лист карты масштаба 1 : 1 000 000 получается разбиением параллелями через 4°, а меридианами – через 6°.

Географические координаты углов рамки листа карты масштаба 1 : 1 000 000 по его номенклатуре определяют следующим образом.

Порядковый номер в виде буквы латинского алфавита, которая принимает конкретное значение – числа натурального ряда и которой обозначен ряд, умножают на 4° и получают географическую (геодезическую) широту северной параллели. Для колонн с номерами 31–60 (к востоку от Гринвича) номер колонн уменьшают на 30. Тогда формула для расчета географической (геодезической) долготы восточного меридиана (правого угла листа) будет выглядеть

$$[n_{\text{зоны}}=(N_K-30)]6^\circ=M^\circ.$$

Соответствие масштабов и номенклатуры листов приведено в табл. 1.

Последние две строки для планов местности с площадью $S > 20 \text{ км}^2$.

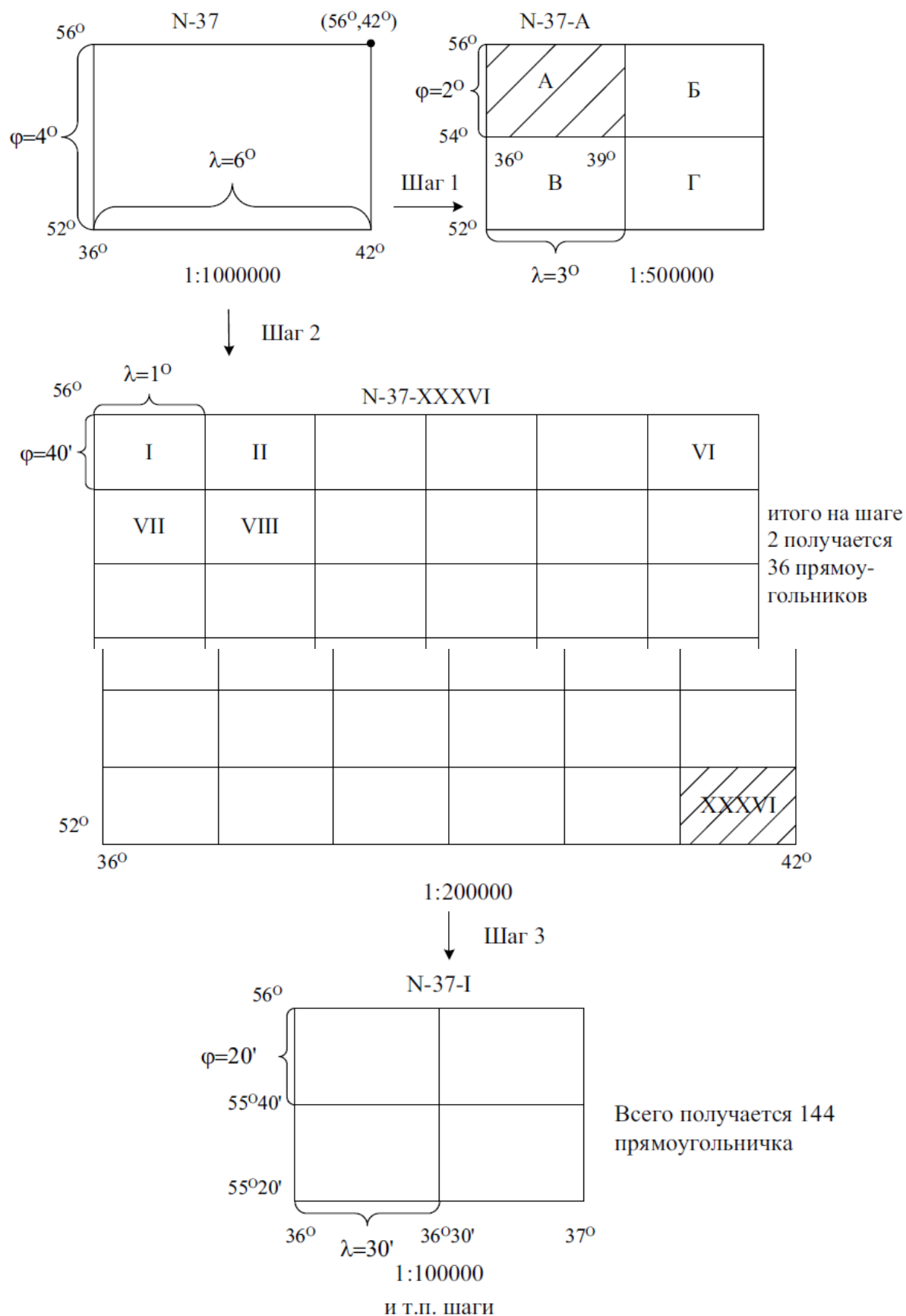


Рис. 2.23. Схема алгоритма разграфки

Таблица 1

Масштабы и номенклатура листов карты

Масштаб	Номенклатура	Размер листа	
		по широте	по долготе
1:1000000	N-37	4°	6°
1:500000	N-37-A (от А до Г)	2°	3°
1:200000	N-37-XXXVI (от I до XXXVI)	0°40'	1°
1:100000	N-37-144 (от 1 до 144)	0°20'	0°30'
1:50000	N-37-144-Г (от А до Г)	10'	15'
1:25000	N-37-144-Г-г (от а до г)	5'	7'30"
1:10000	N-37-144-Г-г-4 (от 1 до 4)	2'30"	3'45"
1:5000	N-37-144-256	1'15"	1'52"5
1:2000	N-37-144-256-и	0'25"	0'37"5

Пример. Пусть $N = 14$ – порядковый номер ряда, тогда
 $СШ = 14 \times 4^\circ = 56^\circ$; $ЮШ = 56^\circ - 4^\circ = 52^\circ$ (учли, что отсчет угла идет от плоскости экватора)

$$ВД = [n_{\text{зоны}} = (37-30)] 6^\circ = 42^\circ$$

$$ЗД = 42^\circ - 6^\circ = 36^\circ$$

Переход от листа карты масштаба 1 : 1 000 000 к листам карт других масштабов осуществляется по простейшему алгоритму, приведенному на рис. 2.23.