

УЧЕБНОЕ
ПОСОБИЕ
ДЛЯ ВУЗОВ

Л.А. ФОКИНА

КАРТОГРАФИЯ С ОСНОВАМИ ТОПОГРАФИИ

ГУМАНИТАРНЫЙ
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР

 ВЛАДОС

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВУЗОВ

Л.А. ФОКИНА

КАРТОГРАФИЯ С ОСНОВАМИ ТОПОГРАФИИ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по специальностям педагогического образования Министерства
образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 050103 (032500) «География»*

Москва



2005

УДК 528.9(075.8)
ББК 26.17я73-1
Ф75

Фокина Л.А.

Ф75 Картография с основами топографии : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 050103 (032500) «География» / Л.А. Фокина. — М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2005. — 335 с. : ил. — (Учебное пособие для вузов).

ISBN 5-691-01433-1.

Агентство СІР РГБ.

Пособие написано по программе курса географических факультетов педагогических вузов «Картография с основами топографии». Оно содержит сведения о свойствах карт, рассматривает систему картографических произведений и их использование в науке и образовании, новые методы создания карт (в том числе и геоинформационных технологий). В пособии также дана краткая история географических карт.

Адресовано студентам географических факультетов высших педагогических учебных заведений.

УДК 528.9(075.8)

ББК 26.17я73-1

- © Фокина Л.А., 2005
- © ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 2005
- © Серия «Учебное пособие для вузов» и серийное оформление. ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 2005
- © Художественное оформление. ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 2005
- © Макет. ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 2005

ISBN 5-691-01433-1

ПРЕДИСЛОВИЕ

Картография с основами топографии — один из основополагающих курсов в системе подготовки учителей географии, цель которого — формирование картографического мировоззрения будущих специалистов.

С выхода последнего учебника по этой дисциплине прошло более десяти лет. За эти годы картография и смежные с ней науки достигли значительного прогресса. Появились современные методы, технологии и направления картографирования, получили признание новые теоретические концепции. Сегодня уже невозможно представить картографию без тесных связей с аэрокосмическими методами и геоинформатикой.

Задачи картографического образования в педагогическом вузе в значительной степени совпадают с целями изучения самой географии, которые в самом сжатом виде сводятся к формированию географического мышления, мерилom которого Н.Н. Баранский считал карту. Поэтому для результативной работы с картой учителю географии важно:

- знать законы построения карт и основные их свойства (математическая определенность, обобщенность, языковые особенности);
- уметь читать и «снимать» необходимую информацию с карты, используя ее информационную емкость, и творчески анализировать ее;
- знать основные виды и типы картографических произведений и способы их создания;
- иметь представления об эволюции географической карты, основных исторических этапах развития науки картографии.

Данный учебник соответствует программе курса «Картография с основами топографии» для студентов географических факультетов педагогических вузов и состоит из двенадцати глав.

В первой главе рассказывается о предмете картографии и составляющих дисциплинах, формулируется определение карты, рассматриваются функции и классификации карт.

Вторая, третья и четвертая главы посвящены свойствам карт, как моделям действительности — математической основе, языку и картографической генерализации.

Пятая, шестая и седьмая главы рассматривают систему картографических произведений, в том числе и систему картографических произведений для образования.

Восьмая и девятая главы посвящены использованию карт и составляющему его основу картографическому методу исследования. В них включены наиболее распространенные и утвердившиеся в практике приемы и способы работы как с отдельной картой, так и с их сериями.

В десятой главе дано представление о новом, но уже достаточно утвердившемся в науке и практике геоинформационном картографировании.

Одиннадцатая глава посвящена методам создания как крупномасштабных (видам наземных и дистанционных съемок), так и мелкомасштабных карт.

В двенадцатой главе кратко изложена история географической карты.

В конце учебника приведен список дополнительной литературы.

Учебник написан на основе многолетнего опыта преподавания картографии с основами топографии на географическом факультете государственного педагогического университета. Автор благодарит всех преподавателей кафедры физической географии и геоэкологии Московского педагогического государственного университета, принявших участие в обсуждении рукописи учебника.

Глава 1

КАРТОГРАФИЯ

1.1

Предмет и структура картографии

По определению Международной картографической ассоциации *картография* — это наука о картах как особом способе изображения действительности, их создании и использовании.

Государственный стандарт картографических терминов гласит, что *картография* — область науки, техники и производства, охватывающая изучение, создание и использование картографических произведений.

Существуют и другие определения картографии. Однако в каждом из них подчеркивается, что картография — это, *во-первых*, наука об отображении и исследовании явлений природы и общества, *во-вторых*, — это область техники и технологии производства картографической продукции (карт, атласов, глобусов и др.) и *в-третьих*, — это область науки, использующая картографические произведения.

Считается, что исходные положения картографии были впервые сформулированы еще Клавдием Птолемеем во II в. н. э. в его «Руководстве по географии». Обособление же картографии, как самостоятельной отрасли знания, произошло в XIX столетии.

Картография по структуре представляет целую систему научных дисциплин и технических отраслей. Важнейшими из них являются картоведение, математическая картография, проектирование и составление карт, картографическая семиотика, оформление карт (картографический дизайн), издание карт, использование карт, картографическая информатика, картографическая топонимика, история картографии.

Картоведение изучает общую теорию, предмет и проблемы картографии, а также вопросы методов создания и использования карт.

Математическая картография изучает математическую основу карт, разрабатывает теорию картографических проекций, исследует распределение и влияние искажений в них.

Проектирование и составление карт — дисциплина, разрабатывающая методики и технологии лабораторного (камерального) создания и редактирования картографических произведений.

Картографическая семиотика разрабатывает язык карты, систему картографических знаков (словарь) и правила их использования (грамматику языка). Картографическая семиотика изучает также информационную емкость картографических знаков и особенности восприятия их читателем карты.

Оформление карт (картографический дизайн) изучает теорию и методы художественного проектирования картографических произведений, их штрихового и красочного оформления, в том числе и с помощью компьютеров.

Издание карт — дисциплина, разрабатывающая технологии подготовки к изданию и печатания тиражей карт, атласов и других видов картографической продукции.

Использование карт — раздел картографии, разрабатывающий теорию и методы применения картографических произведений в различных областях научной, практической, культурной, образовательной деятельности. В основе его лежит картографический метод исследования.

Картографическая информатика занимается разработкой методов сбора, хранения и распространения информации о картографических произведениях.

Картографическая топонимика изучает географические названия и разрабатывает принципы передачи их на географических картах.

Кроме того, на стыке картографии и экономики находится раздел *экономика и организация картографического производства*, который представляет собой по сути отраслевую экономику. В рамках его изучаются проблемы планирования производства, использования оборудования, материалов, трудовых ресурсов с целью повышения эффективности картографического производства.

Безусловно в настоящее время можно предвидеть появление новых картографических дисциплин с появлением новых отраслей картографии, замедление развития одних разделов и бурный рост других.

1.2

Картография в системе наук

Картография тесно связана с многочисленными науками. Эти связи двусторонние. С одной стороны картография пользуется достижениями различных философских, естественных, технических наук и научных дисциплин, а с другой стороны — трудно найти какую-либо науку, которая не нуждалась бы в картографической форме выражения своих идей. Эти двусторонние контакты способствуют дальнейшему развитию и самой картографии и наук, использующих ее метод.

В первую очередь картография теснейшим образом связана со всеми науками о Земле и планетах. Для географических, геологических, геофизических, экологических, планетологических отраслей знаний картография является одним из основных методов познания и средств систематизации знаний. Результатом такого взаимодействия картографии с науками о Земле и планетах является бесчисленное множество тематических карт.

В результате тесного взаимодействия картографии с науками о Земле появляются новые виды и типы карт, стремительно развиваются современные направления тематического картографирования (медико-географическое, эколого-географическое и др.).

Основу социально-экономического картографирования составляют *социально-экономические науки* — экономика, демография, история, этнография, мировая и региональная политика и др.

Астрономо-геодезические науки — астрономия, геодезия, гравиметрия, спутниковая геодезия предоставляют картографии данные о форме и размерах Земли и планет, координаты геодезических сетей. Топография дает первичные топографические карты, служащие основой всех географических карт. Она находится как бы на стыке геодезии, разрабатывающей методы полевых измерений, и картографии, у которой она заимствует математическую основу, систему картографических знаков, принципы изображения и генерализации.

Дистанционное зондирование, включающее аэро-, космическую, подводную съемки, фотограмметрическую и фотометрическую обработку и дешифрирование изображений, поставляет данные для составления, обновления карт. На основе съемок формируются цифровые базы данных. С другой стороны, сами карты используются для привязки результатов съемок и их обработки.

Математика, издавна связанная с картографией, в настоящее время все больше усиливает свои позиции в связи с внедрением электронно-вычислительной техники. Активно используется математика в разработке картографических проекций, а также при математико-картографическом моделировании.

Геоинформатика (географическая информатика), методом которой является компьютерное моделирование, использует карты и атласы в качестве главных источников пространственной и временной информации. С другой стороны, вся «некартографическая информация» практически всегда привязывается с помощью системы координат к картографическому изображению. Таким образом, наметилась тесная интеграция картографии и геоинформатики, благодаря чему осуществляются двусторонние связи картографии и геоинформатики. Это взаимодействие обеспечивает обеим отраслям мощный технический подъем и доступ к огромным информационным ресурсам.

Картография также тесно связана с *логико-философскими науками*. При разработке теоретических концепций она использует теории отражения, моделирования, системный анализ, формальную логику. При исследовании вопросов восприятия картографического изображения картография применяет методы *психологии*.

Следует сказать и о связи картографии с *искусством*. В древние времена карты вручную вычерчивались или гравировались и даже существовали различные художественные стили и школы. Многие старинные карты и сегодня считаются произведениями искусства. Составлением карт занимались великие художники средневековья, Высокого (Италия) и Северного (Германия, Нидерланды) Возрождения, а также голландские мастера XVII в. Использование картографией графических средств, однако, не означает, что она целиком принадлежит искусству. Любое искусство, и, в частности, живопись, с помощью графических средств оперирует художественными образами. Карты же с их знаковыми системами отражают действительность посредством научных категорий и понятий. При этом, естественно, при оформлении карт, особенно предназначенных для широкого круга потребителей, важна эстетическая форма и картографы всегда используют достижения художественного дизайна и машинной графики. Это способствует в значительной степени улучшению восприятия содержания карт. Кроме того, красивая, выразительная карта формирует у потребителя хороший вкус.

1.3 Карта: термин и определение

Карта — это уменьшенное, обобщенное изображение поверхности Земли, других небесных тел или небесной сферы, построенное по математическому закону на плоскости и показывающее размещение и свойства объектов этих поверхностей в принятой системе условных знаков.

В определении карты выделяется 3 ее особенности (свойства).

1. Математическая определенность картографического изображения.
2. Наличие у карты особого языка (применение особых знаковых систем).
3. Отбор и обобщение изображаемых на ней объектов и явлений.

1.4 Элементы географической карты

В карте различают ее составные части — собственно картографическое изображение, математическую основу, вспомогательное оснащение, дополнительные данные (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Элементы географической карты

Картографическое изображение — это основной элемент карты. Оно включает в себе некоторую совокупность сведений о показанных на карте объектах и явлениях, их размещении, свойствах, взаимосвязях, развитии. Эти сведения составляют содержание карты, которое может быть расчленено на отдельные элементы (элементы содержания). Элементы содержания на разных картах различны. Так, на общегеографических картах элементами содержания являются рельеф, гидрография, растительность и грунты, населенные пункты, социально-экономические и культурные объекты, пути сообщения и линии связи, политико-административные границы.

На тематических картах различают, во-первых, географическую основу (общегеографическую часть содержания). Во-вторых, это тематическое содержание, например, различные типы почв территории. В зависимости от содержания тематической карты на ней присутствуют различные элементы географической основы. Так, например, на экономические карты наносят административные границы и транспортные сети. На картах же природы они отсутствуют. Но один элемент — гидрография (береговая линия, речная и озерная сеть) есть на картах любой тематики, так как он важен для ориентировки по карте. Кроме того, он обеспечивает привязку элементов тематического содержания.

Картографическое изображение строится на *математической основе*, к которой относятся:

- геодезическая опорная сеть (геодезическая основа);
- масштаб;
- картографическая проекция и связанная с ней координатная сетка;
- компоновка карты, т. е. взаимное размещение на листе самого картографического изображения, названия карты, легенды, дополнительных карт, различных графиков, пояснительного текста и т. д.

Вспомогательное оснащение карты включает легенду, разные картометрические графики для проведения различного рода измерений по карте (расстояний, углов наклона и т. д.), название карты, сведения об исполнителях и источниках составления, справочные данные. Одним словом — вспомогательное оснащение это все те сведения на карте, которые помогают читать и использовать карту.

К *дополнительным данным* относят карты-врезки, графики, профили, диаграммы, слайды и т. п. сведения, размещаемые, как

правило, на свободных местах, внутри рамки или на полях карты. Эти сведения не принадлежат непосредственно к содержанию карты, но в значительной степени дополняют и поясняют его.

1.5

Теоретические концепции в картографии

Под теоретической концепцией понимают систему взглядов на предмет и метод в любой науке, в том числе и в картографии. Концепции не остаются неизменными, они меняются по мере накопления знаний и опыта, внедрения новых методов и технологий.

В настоящее время в картографии существует несколько теоретических концепций.

Познавательная концепция рассматривает карту как *модель действительности*. Картография же в ее трактовке предстает как наука о познании действительности посредством картографического моделирования. Эта концепция была сформулирована и разрабатывалась в основном отечественными картографами Н.Н. Баранским, К.А. Салищевым, А.В. Гедыминым, А.Г. Исаченко и др. в середине XX в.

Коммуникативная концепция рассматривает карту как средство (канал) передачи и хранилища информации, а картографию — как науку о передаче информации, т. е. одной из отраслей информатики. Коммуникативная концепция была сформулирована и разрабатывалась в основном западными картографами в 60—70-е годы XX в.

Языковая концепция определяет карту как языковой материал или особый текст, написанный на языке карты с помощью условных знаков. Картография в данном случае выступает как область лингвистики и семиотики, а предметом ее исследований являются картографические знаковые системы. Разработке языковой концепции были посвящены работы А.Ф. Асланикашвили, А.А. Лютого и др.

Существуют и другие теоретические концепции в картографии (метакартографии, картологии), построенные на других принципах и представлениях о картах. Все они имеют право на существование и свидетельствуют о многогранности карт и разнообразии их функций — познавательной, коммуникативной, оперативной, прогностической. Одновременно карта является особым языком географии и других наук о Земле.

В конце XX столетия стала формироваться новая, *геоинформационная концепция*. Карта в этой концепции рассматривается как геоинформационная модель действительности и средство передачи информации в цифровом виде, а картография предстает как наука об информационно-картографическом моделировании геосистем. Картография при таком подходе тесно связана не только с науками о Земле и обществе, но и с геоинформатикой.

1.6

Классификация карт

Число карт, изданных в разное время, в разных странах мира огромное множество и чтобы в них ориентироваться, необходимо их классифицировать, т. е. разбить на группы по какому-либо избранному признаку (признакам). Классификация карт необходима для хранения, научной систематизации, создания банков данных, списков и каталогов, обеспечивающих поиск карт.

Для деления карт на группы может быть избран любой признак (свойство) карты: масштаб, тематика, картографируемое пространство, территориальный охват, год издания, язык и т. д.

По *масштабу* карты делят на следующие группы:

- планы — 1:5 000 и крупнее;
- крупномасштабные — 1:10 000 — 1:200 000;
- среднемасштабные — 1:200 000 — 1:1 000 000;
- мелкомасштабные — мельче 1:1 000 000.

По *картографируемому пространству* выделяют карты Солнечной системы, звездного неба, планет (Земли, Марса, Венеры и т. д.) и их спутников.

По *территориальному охвату* для Земли принято выделять:

- карты мира (карты всей земной поверхности);
- крупнейших планетарных структур — материков и океанов;
- карты групп государств;
- карты отдельных государств;
- карты частей государств, выделяемых по административному признаку (например, республик, краев, областей и т. д. для России; штатов, графств, для США), экономических или физико-географических районов;
- населенных пунктов, например городов;
- городских районов и т. д.

В зависимости от содержания все карты делят на общегеографические и тематические.

Общегеографические карты отображают лик (внешний облик) Земли. Они предназначены для общего знакомства с территорией. Элементами содержания этих карт являются как объекты природы, так и социально-экономические объекты. На общегеографических картах показывают гидрографию (береговую линию морей и океанов, реки, озера, водохранилища, каналы и другие водные объекты), рельеф и некоторые черты почвенного и растительного покрова.

Из социально-экономических элементов на общегеографических картах показывают населенные пункты, транспортную сеть, некоторые хозяйственные и культурные объекты, государственные и административные границы (политико-административное деление территории).

И элементы природы, и социально-экономические элементы на общегеографических картах изображаются с одинаковой степенью подробности, ни одному из них не уделяется особого внимания.

Помимо их основного назначения общегеографические карты также используются для создания любых тематических карт. На основу, состоящую из общегеографических элементов, накладывается тематическое содержание.

Тематическими называют географические карты, на которых один или несколько природных или социально экономических элементов показаны с большей подробностью и глубиной.

Предложено множество классификаций тематических карт, однако основным принципом их деления на классы, рода и виды является соответствие структуре наук о Земле (табл. 1).

Понятно, что классификация тематических карт, приведенная в таблице, не отличается высокой строгостью, так как не всегда возможно провести границу между картами того или иного содержания. Кроме того, в связи с активным воздействием человека на окружающую среду появилось множество тематических карт, отражающих и природные, и социально-экономические явления. Их трудно отнести к какому-то одному классу. Класс специальных карт также нарушает строгость деления тематических карт по содержанию.

Приведенные в третьей колонке таблицы примеры видов карт можно значительно расширить и детализировать. Например,

Таблица 1

Классификация тематических карт

Класс	Род	Вид
Карты территориально-природных систем (карты физико-географические или карты природы)	1. Геологические карты	Тектонические и неотектонические, четвертичных отложений, стратиграфические и т. д.
	2. Геофизические карты	Гравитационного поля, магнитного поля, сейсмометрические и т. д.
	3. Карты рельефа земной поверхности и дна океана	Гипсометрические и батиметрические, морфометрические и геоморфологические и т. д.
	4. Климатические карты	Климатообразующих факторов, температурного и ветрового режимов, условий увлажнения и т. д.
	5. Карты вод суши (гидрологические)	Гидрографические, водного режима, физико-химических свойств вод, загрязнения и т. д.
	6. Карты океанологические (вод морей и океанов)	Физических, химических и других свойств вод океанов и морей, загрязнения и т. д.
	7. Почвенные карты	Генетических типов почв, механических свойств почв, почвенно-геохимические, деградации и загрязнения и т. д.
	8. Ботанические карты	Современного растительного покрова, распространения отдельных видов растений, фенологические, нарушенного растительного покрова и т. д.
	9. Зоогеографические карты	Ареалов распространения отдельных видов животных, зоогеографического районирования и т. д.
	10. Общие физико-географические карты	Ландшафтные, охраны природы, нарушения природной среды и т. д.

Окончание табл. 1

Карты территориально-производственных систем (общественных явлений или социально-экономические)	1. Карты населения	Плотности населения, национального, половозрастного состава, религий, социальной структуры и т. д.
	2. Экономические карты	Промышленности в целом и по отраслям, общеэкономические, сельского хозяйства в целом и по отраслям, агропромышленного комплекса, энергетики, транспорта и связи, торговли, финансов и т. д.
	3. Карты обслуживания	Образования, науки, культуры, здравоохранения, физкультуры и спорта, отдыха и туризма и т. д.
	4. Политические и политико-административные карты	Геополитические, административного деления, политических партий, электоральные и т. д.
	5. Исторические карты	Общественных формаций, археологические, военно-исторические, историко-политические, историко-культурные и т. д.
Специальные карты	1. Навигационные карты	Морские, аэро- и космические навигационные, лоцманские и т. д.
	2. Кадастровые карты	Земельного, городского, лесного и т. д. кадастра и др.
	3. Технические карты	Подземных коммуникаций, инженерно-строительные и т. д.
	4. Проектные карты	Лесоустроительные, землеустроительные и т. д.

карты температурного режима объединяют карты температуры воздуха среднегодовые, января, июля, среднесуточные, среднемноголетние на разных уровнях атмосферы и т. д.

Приведенные выше классификации по масштабу, картографируемому пространству, территориальному охвату и содержанию являются всего лишь *частными классификациями*. В основе

общей классификации должен лежать наиболее *существенный признак сходства или отличия карт*. Кроме того, одними из требований к общим классификациям является их последовательность (переход от общего к частному), полнота и, с другой стороны, резервность, т. е. классификация должна давать возможность включать в нее вновь появляющиеся виды карт. Таким существенным признаком для карт является *общее назначение*. По этому признаку все карты делятся на *справочные и учебные*. Дальнейшее деление каждого класса производится по *конкретному назначению*. В частности, все учебные карты создаются для начальной, средней и высшей школы. Справочные — для общегосударственных, народохозяйственных, военных, научных и других целей.

На последующих ступенях общей классификации производится деление по признаку охвата картографируемого пространства, общего содержания. Далее включаются признаки — масштаб и частное содержание (рис. 1.2).

Наряду с видами карт, т. е. их группировкой по тематике, различают и типы карт.

Аналитические карты отображают отдельные стороны или свойства явления отвлеченно от целого, без отражения связей с другими сторонами или свойствами этого явления. Примером аналитических карт являются карты отдельных метеорологических сторон климата (температур, осадков, ветров), ареалов распространения одного какого-либо вида растения и т. д. Достоинство аналитических карт состоит в том, что с их помощью явление как бы «расчленяется» на составные части, каждая из которых детально рассматривается на разных картах изолированно друг от друга.

Близки к аналитическим так называемые *частные или отраслевые карты*. Они также имеют узкую, как правило, социально-экономическую тематику. Примером могут служить карты отдельных отраслей промышленности (машиностроения, химической, легкой и т. д.) или отдельных сельскохозяйственных отраслей.

Комплексные карты показывают совместно несколько свойств одного и того же явления или несколько взаимосвязанных явлений. Например, на синоптических картах представлены сразу несколько показателей — давление, ветры, температуры, осадки, фронты. Каждый элемент содержания на комплексных

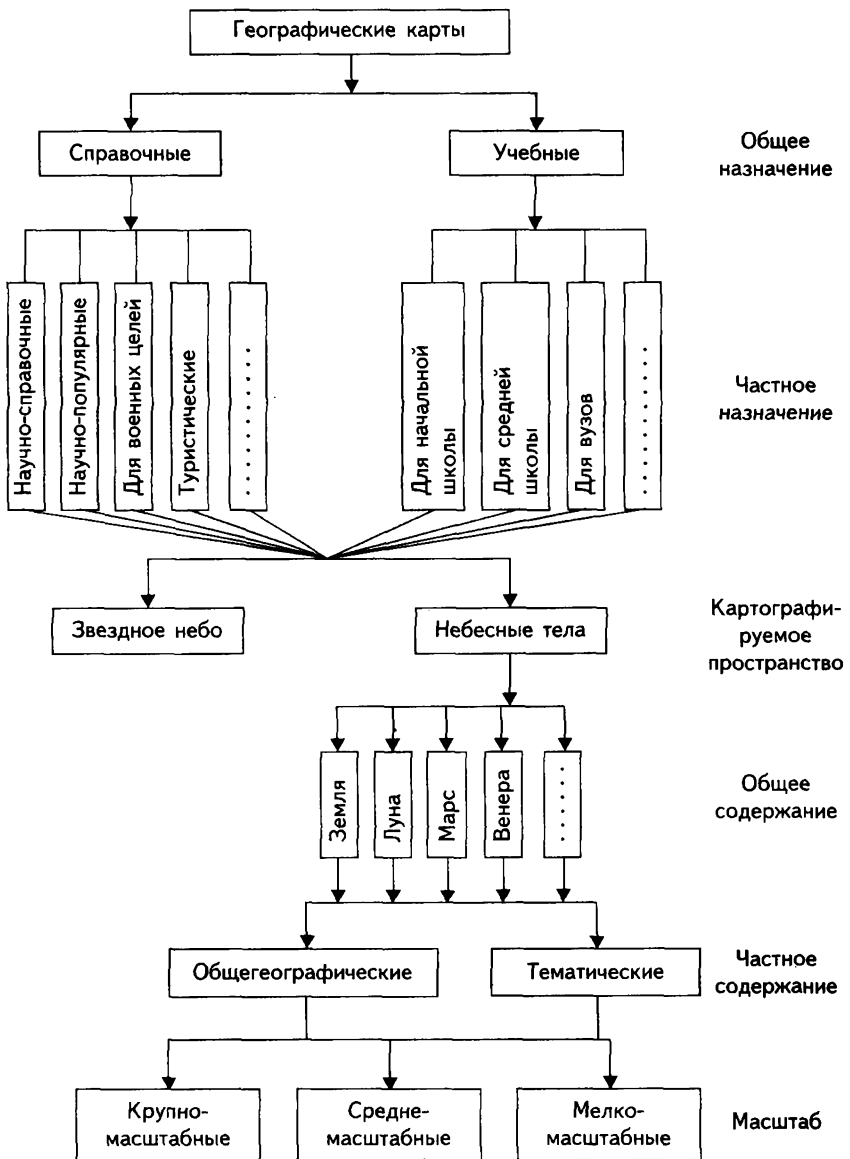


Рис. 1.2. Общая классификация карт

картах отображается в своих показателях. Это позволяет их рассматривать совместно, устанавливать взаимосвязи между ними, выявлять особенности размещения относительно друг друга.

Синтетические карты дают целостную интегральную характеристику объектов, явлений, процессов, при формировании которой учитываются составные части этих объектов, явлений и процессов. Таковы, например, карты климатического районирования, на которых отсутствуют отдельные компоненты климата, но выделены области по совокупности показателей (температура, осадки и др.), карты сельскохозяйственного районирования, при разработке которых учитывается специализация сельского хозяйства в различных областях картографируемой территории, структура товарной продукции, объемы производящейся продукции, ландшафтные карты и т. д. Как правило, большая часть карт районирования представляет собой синтетические карты. Чаще всего они являются результатом типологического деления территории. Для проведения районирования по комплексу показателей используется серия аналитических карт. При небольшом числе синтезируемых показателей районирование возможно провести вручную. Однако в большинстве случаев приходится прибегать к методам математического моделирования (факторный и корреляционный анализ и др.).

Синтетические карты всегда имеют обширные, довольно громоздкие легенды. Часто легенды выстроены в виде матриц, обладающих большей информативностью (например, легенда ландшафтной карты).

Проведение типологического районирования и создание синтетических карт в значительной степени усовершенствовалось с внедрением компьютерных технологий и в частности геоинформационных систем (ГИС), позволяющих проводить специальные процедуры по синтезу данных.

На многих картах используют сочетание синтетического изображения с аналитическими или комплексными показателями. Этот путь считается наиболее продуктивным. Например, на общеэкономических картах принято для изображения сельского хозяйства использовать синтетический подход, а для промышленности (добывающей и обрабатывающей) — аналитический.

Карты принято также выделять по другим критериям, например, по достоверности информации. *Карты-наблюдения* или *документальные (инвентарные) карты* делаются на основе

всевозможных съемок (топографических, геологических, гидрологических и т. п.). На их основе могут быть созданы *карты-выводы*, учитывающие также и данные о связях и зависимостях картографируемых явлений. Многие карты-выводы можно отнести к *гипотетическим*, которые по мере накопления фактологического материала о картографируемых явлениях уточняются.

К гипотетическим картам относятся и *прогнозные карты*, которые отражают неизвестные, несуществующие или недоступные для исследования в настоящее время явления или процессы. Такие карты могут отражать прогнозы как во времени (например будущую синоптическую ситуацию), так и в пространстве (например, лавиноопасные районы, районы землетрясений, извержения вулканов).

К особому типу карт относятся так называемые *прикладные карты* (регистрационные, оценочные, рекомендательные, прогнозные), которые создаются для нужд отдельных отраслей хозяйства, например, для автодорожного строительства. На этих картах отмечены показатели, которые используют в каждой конкретной отрасли.

В заключении следует отметить, что карты также принято делить по способу их использования на *стенные*, *настольные* и *текстовые*.

Глава 2

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОСНОВА КАРТ

2.1

Геодезическая основа

Математическая определенность карт предполагает установление строгой функциональной зависимости между координатами точек земной поверхности (обычно географическими) и прямоугольными тех же точек на карте. Такое построение географической карты как бы включает 3 действия для перехода от физической поверхности Земли к ее изображению на плоскости.

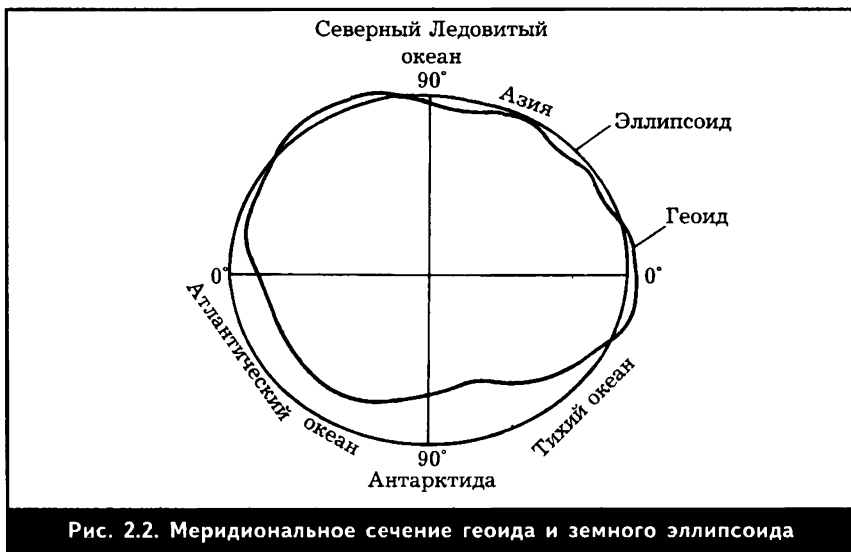
Первое действие. Проектирование *физической (топографической) поверхности*, отличающейся сложным рельефом, множеством явлений и объектов, на *условную, более простую поверхность Земли*.

Второе действие. Уменьшение этой условной поверхности до масштаба проектируемой карты и получение таким образом модели Земли.

Третье действие. Разворачивание уменьшенной модели Земли на плоскость.

Проектирование *физической* поверхности на условную поверхность Земли производится *по нормальям* (рис. 2.1). За нее принимают *уровненную поверхность* Мирового океана, мысленно продолженную под материками. Эта поверхность более сглаженная по сравнению с физической и имеет очень плавные повышения и понижения. Фигуру Земли, ограниченную *уровненной* поверхностью, называют *геоидом* (т. е. подобная Земле). Форма геоида сложная, точно описать ее уравнениями трудно. Поэтому в картографии ее заменяют близкой по форме поверхностью *эллипсоида* (рис. 2.2).

Эллипсоид — это геометрическая фигура, образованная вращением эллипса вокруг его малой оси.



В разных странах размеры эллипсоида несколько отличаются. В России принят эллипсоид Ф.Н. Красовского, вычисленный в 1940 г. Его параметры таковы:

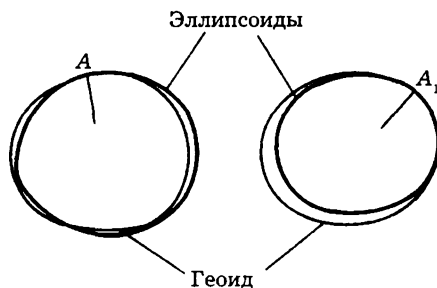
- большая полуось (a)= 6 378 245 м;
- малая полуось (b)= 6 356 863 м;

- разность полуосей $a - b = 21\,382$ м;

- сжатие $\propto \frac{a-b}{a} = 1:298,3$.

Вычисление и уточнение размеров земного эллипсоида продолжается и в настоящее время. Теперь для этого используются спутниковые наблюдения и точные гравиметрические измерения.

Но не только размеры земного эллипсоида, но его положение относительно геоида может быть разным. Точка, в которой *нормаль* совмещена с *отвесной линией* считается *началом плановых координат* (рис. 2.3). В разных странах оно также разное. У нас в стране за начало плановых координат принят центр круглого зала главного здания Пулковской обсерватории, а за начало высот — ноль Кронштадского футштока.



Показаны земные эллипсоиды, имеющие разные размеры и разное положение по отношению к геоиду. Нормаль совпадает с отвесной линией в точках A и A_1 .

Рис. 2.3. Два одинаковых схематических разреза геоида по меридиану

Размеры земного эллипсоида и принятое начало координат составляют *геодезическую основу* карт, от которой зависит положение точек земной поверхности, изображаемых на картах. Карты, составленные на разной геодезической основе, различаются координатными системами, что проявляется в сдвиге картографического изображения одной и той же территории на различных картах. Однако этот сдвиг заметен лишь на картах очень крупного масштаба. Для мелкомасштабных карт различия величин большой и малой полуосей малозаметны. Поэтому при построении

этих карт для простоты расчетов принимают за шар с радиусом 6371,1 км.

Таким образом проектирование точек физической поверхности производится на эллипсоид по нормальям, которые перпендикулярны к принятой условной математической поверхности Земли (поверхности *референц-эллипсоида*).

Положение спроектированных на земной эллипсоид точек физической поверхности Земли и различных географических объектов определяются их географическими координатами широтой φ и долготой λ (рис. 2.4, 2.5).

Географической широтой φ точки называется угол между проведенной из нее нормалью и плоскостью экватора. *Географической*

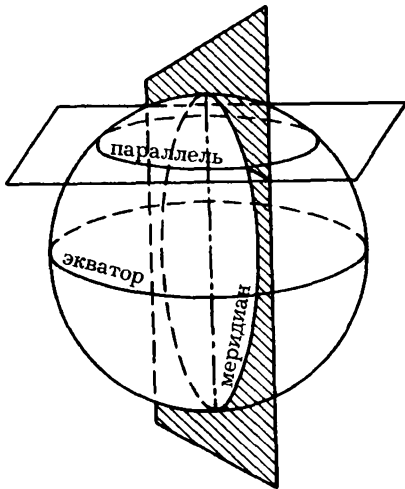
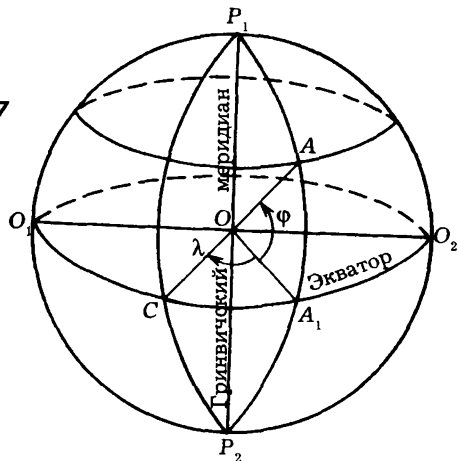


Рис. 2.4. Меридианы и параллели



ОА — отвесная линия;
 φ и λ — географические широта и долгота точки А

Рис. 2.5. Система географических координат

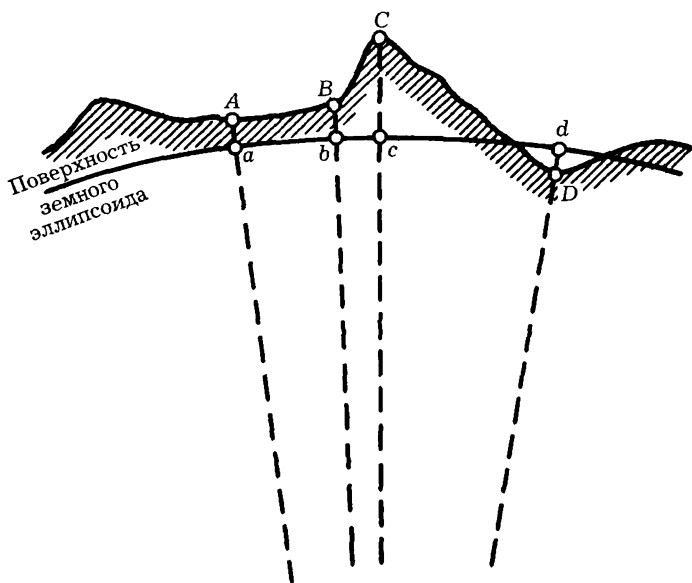
долготой λ данной точки называется двугранный угол между плоскостями Гринвичского «нулевого» меридиана и меридиана данной точки.

На рис. 2.5 угол AOA_1 — широта, двугранный угол COA_1 — долгота.

2.2 Масштабы карт

Второе действие при теоретическом построении карты предполагает уменьшение этой поверхности эллипсоида до масштаба проектируемой карты и получение таким образом модели Земли.

На рис. 2.6 $ABCD$ — участок физической поверхности Земли. $abcd$ — проекция этого участка на поверхность эллипсоида. Ее называют *горизонтальной проекцией* и именно она изображается на карте. Отрезки Aa , Bb , Cc , Dd перпендикулярны поверхности эллипсоида. Каждый из этих отрезков называется *нормалью*. Как видно из рисунка, различные участки физической поверхности при проектировании на поверхность эллипсоида либо остаются теми же по величине, либо сокращаются. Величина этого сокращения зависит от размера угла наклона физической поверхности.



$abcd$ — горизонтальная проекция линии $ABCD$

Рис. 2.6. Проектирование физической поверхности Земли на поверхность земного эллипсоида

Масштабом географической карты называется отношение длины линии на карте к длине этой линии на поверхности эллипсоида или (что одно и то же) к горизонтальной проекции соответствующей линии на местности.

Масштаб указывается на карте в виде отношения чисел (численный масштаб), а также в виде именованного и линейного.

Численный масштаб — это дробь, в числителе которой единица, а в знаменателе число, показывающее степень уменьшения:

$$M = \frac{1}{m}.$$

Так, например, на карте масштаба 1:500 000 длины уменьшены по сравнению с их горизонтальными проекциями в 500 000 раз.

Именованный масштаб — пояснение, указывающее, какая величина линии на местности соответствует 1 см на карте. При численном масштабе 1:500 000 1 см на карте соответствует 5 км.

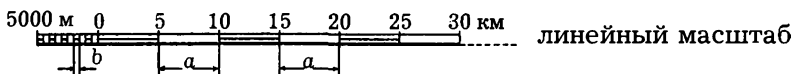
Линейный масштаб — это графическое построение в виде линейки, разделенной на равные отрезки (обычно сантиметровые) с подписями, означающими соответствующие расстояния на местности. Линейный масштаб предназначен для измерений длин линий на карте и одновременного перевода их в натуру.

1:500 000

численный масштаб

1 см на карте 5 км

именованный масштаб



Для повышения точности измерений с помощью линейного масштаба левый от нуля отрезок делится на 10 равных частей.

Расстояния на местности, равные 1 см на карте, называют основанием масштаба.

Расстояния на местности, равные $1/_{10}$ части основания ($1/_{10}$ см), называются точностью масштаба.

Предельная точность масштаба равна $1/_{10}$ его точности или точнее — это отрезок на местности, соответствующий 0, 1 мм на карте.

Для численного масштаба	1:500 000:
основание масштаба (a)	— 5 км
точность масштаба (b)	— 500 м
предельная точность	— 50 м.

2.3 Искажения на картах

Третья операция при теоретическом построении карты — разворачивание уменьшенной модели Земли (уменьшенного эллипсоида) на плоскость. Это сложная математическая задача и ее нельзя осуществить, не нарушая формы объектов, расстояний и взаимоположений между ними (рис. 2.7). Для сохранения

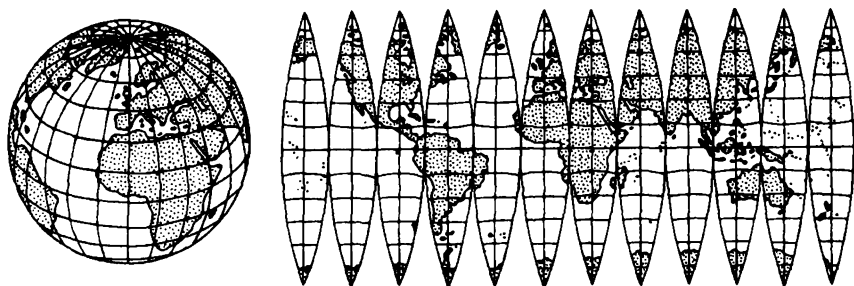


Рис. 2.7. Схема, подтверждающая, что сферическая поверхность Земли не может быть развернута без разрывов

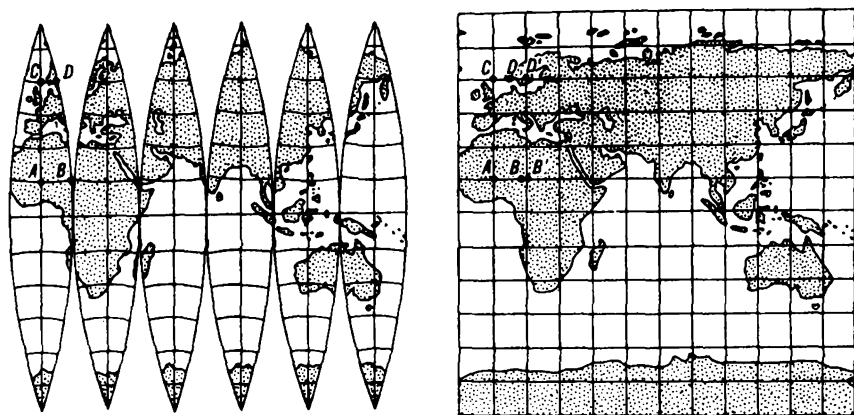


Рис. 2.8. Результат растяжения в непрерывное картографическое изображение полосок, вырезанных с поверхности глобуса

непрерывности изображения в местах разрывов при разрезании модели Земли необходимо его (изображение) растянуть, а в местах перекрытий — сжать (рис. 2.8). В результате чего на полученном плоском изображении получаются *искажения (искажения длин, площадей, углов)* по сравнению со сферической (эллипсоидальной) поверхностью и масштаб карты меняется от места к месту и даже в одной и той же точке в разных направлениях он неодинаков. Поэтому различают главный и частный масштабы карт.

Главный масштаб действует в точках или линиях, где отсутствуют искажения. Именно его подписывают на карте. В остальных точках карты действуют частные масштабы, которые отличаются от главного. Они могут быть больше или меньше главного.

Частный масштаб длин — это отношение длины бесконечно малого отрезка на карте к длине бесконечно малого отрезка на поверхности эллипсоида или шара. Чем мельче масштаб карты и чем больше территория, изображаемая на карте, тем сильнее отличаются главный и частный масштабы друг от друга по величине.

Искажения длин линий проявляются в том, что расстояния, одинаковые на уровенной поверхности Земли, изображаются на карте отрезками разной длины. Величина искажений длин тем больше, чем сильнее частный масштаб отличается от главного масштаба. Принято величину (показатель) искажений длин определять как отношение частного масштаба к главному.

$$\mu = \frac{\text{частный масштаб}}{\text{главный масштаб}}$$

Этот показатель выражается отвлеченным целым или дробным числом. Он может быть больше или меньше единицы. При равенстве главного и частного масштабов в данной точке показатель равен единице, искажения длин отсутствуют.

Судить об искажениях длин по меридианам можно, сравнив их дуги между соседними параллелями. Если эти дуги на разных участках карты одинаковы, то искажения длин по меридианам отсутствуют. Искажения длин по меридианам обозначают (*m*).

Искажения длин по параллелям легко определить, зная, что параллель с широтой 60° в 2 раза меньше длины экватора. И если

дуга параллели 60° между соседними меридианами действительно в 2 раза меньше, чем дуга экватора между теми же меридианами, то искажений по параллелям нет. При не соблюдении этого соотношения искажения по параллелям имеются. Искажения длин по параллелям обозначают (n). Максимальный показатель искажения длин в данной точке обозначают a , а самый минимальный — b . *Направления, вдоль которых частные масштабы принимают минимальное и максимальное значения, называются главными направлениями.*

Искажение углов состоит в том, что на карте углы между выбранными направлениями не равны углам между теми же направлениями на поверхности земного эллипсоида. По карте легко установить искажены ли углы по отклонению углов между меридианами и параллелями от прямого угла.

Поскольку в каждой конкретной точке величина искажения углов может изменяться в зависимости от направления, за общий показатель искажения углов ω (омега) принимают наибольшее искажение угла в данной точке.

Если на карте присутствуют искажения углов и длин и показатели этих искажений в разных направлениях различны, то это сказывается на форме объектов (*искажение форм*).

Искажения площадей p проявляются в том, что площадь какого-либо контура на карте отличается от его действительной площади на поверхности эллипсоида. Показатель искажения площадей вычисляют как произведение наибольшего и наименьшего искажения длин в данной точке карты: $p = a \times b$.

Виды искажений и их величину на карте можно проследить по изображению бесконечно малых окружностей, взятых в различных точках поверхности эллипсоида. В теории картографических проекций доказано, что бесконечно малая окружность на эллипсоиде в общем случае на плоскости изображается эллипсом, называемым *эллипсом искажений*. В точках или линиях на карте, где искажения отсутствуют, эллипсы искажений имеют форму круга. В других же точках (рис. 2.9), где искажения есть, по виду эллипса, его полуосям можно судить, в каком направлении длины укорочены (частный масштаб длин мельче главного), а в каком увеличены (частный масштаб крупнее главного).

Изменения величин искажений с переходом от одного участка карты к другому показывают с помощью изокол. *Изоколы — это линии равных искажений данного вида.* При измерениях,

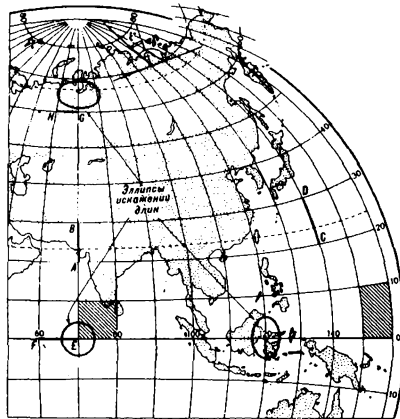


Рис. 2.9. Часть карты восточного полушария с показом картографических искажений

Поперечная равновеликая азимутальная проекция

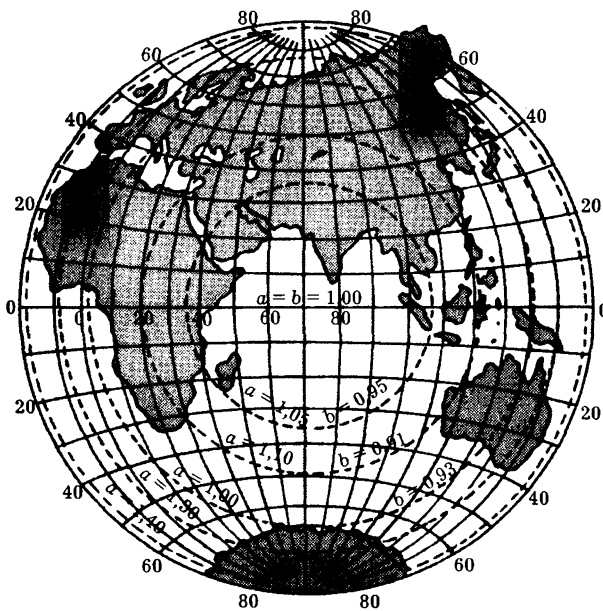


Рис. 2.10. Изоколы наибольшего и наименьшего масштабов длин (a и b)

Поперечная равновеликая азимутальная проекция

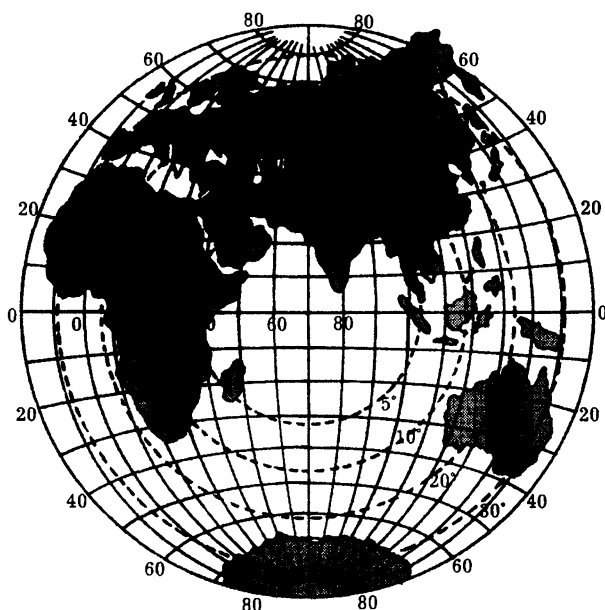


Рис. 2.11. Изоколы наибольших искажений углов (ω)

проводимым по картам, для получения значений величин длин, площадей, углов, близких к действительным, следует в измеренные величины ввести поправки за соответствующие искажения, полученным по изоколам (рис. 2.10, 2.11).

Величина искажений на разных географических картах зависит от величины изображенной на ней территории. Чем больше по территориальному охвату территория, показанная на карте, тем больше искажения. У многих карт величины искажений минимальны или отсутствуют вовсе в центральной части карты и становятся значительными к ее краям. Точки или линии на карте, где искажений нет, называют *точками или линиями нулевых искажений*.

Величина искажений на картах также зависит от способа построения математической основы, или от картографической проекции, в которой карта построена.

2.4 Картографические проекции

Картографической проекцией называется математический способ изображения на плоскости поверхности земного эллипсоида или шара, устанавливающий аналитическую зависимость (соответствие) между географическими координатами точек эллипсоида и прямоугольными координатами тех же точек на плоскости. Эта зависимость может быть выражена общими уравнениями:

$$X = f_1(\varphi, \lambda); Y = f_2(\varphi, \lambda)$$

Эти уравнения называются уравнениями проекций. Они позволяют вычислять прямоугольные координаты X и Y по географическим координатам φ и λ . Число функциональных зависимостей, а следовательно и число проекций неограниченно. Необходимо лишь, чтобы каждая точка с географическими координатами φ и λ эллипсоида изображалась одной единственной точкой с координатами X и Y и чтобы изображение было непрерывным.

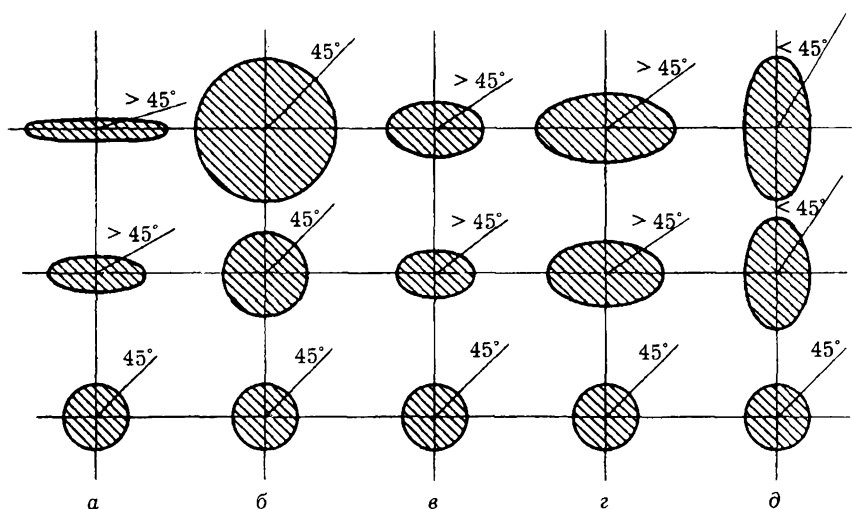
2.5 Классификации проекций

Как уже говорилось ранее, поверхность эллипсоида невозможно развернуть на плоскость без разрывов и сжатий. Поэтому на всех географических картах, в любых картографических проекциях присутствуют искажения.

По характеру искажений все картографические проекции делят на равноугольные, равновеликие и произвольные.

Равноугольные проекции передают углы и формы контуров без искажений. Элементарная окружность в таких проекциях всегда остается окружностью, но размеры ее меняются от места к месту (рис. 2.12, б). Такие проекции применяются для навигационных карт, предназначенных для определения направлений, прокладки курсов. Изображая углы без искажений, однако, эти проекции сильно искажают площади.

Равновеликие проекции сохраняют площади контуров без искажений. Элементарные окружности в этих проекциях превращаются в эллипсы. Изменяя полуоси, сильно нарушая подобие



а — равновеликих; б — равноугольных; в — произвольных, в том числе; г — равнопромежуточных по меридиану и д — равнопромежуточных по параллели.

На схемах показано искажение угла 45°

Рис. 2.12. Вид эллипсов искажений в проекциях

фигур, эллипсы, однако, остаются равными по площадям (рис. 2.12, а). Такие проекции удобны для измерения площадей объектов.

Существует множество проекций, которые по характеру искажений не относят ни к равновеликим, ни к равноугольным. Их называют *произвольными*, но нет проекций, которые были бы одновременно и равновеликими и равноугольными. И вообще, чем больше искажения углов, тем меньше искажения площадей и наоборот.

Среди произвольных картографических проекций выделяют *равнопромежуточные*. В этих проекциях масштаб длин по одному из главных направлений (полуосей эллипса искажений) остается постоянной величиной и обычно равен главному масштабу карты. Соответственно различают проекции *равнопромежуточные по меридианам* — в них без изменений остается масштаб вдоль меридианов, и *равнопромежуточные по параллелям* — в них масштаб постоянен вдоль параллелей. Эти проекции являются средними между равноугольными и равновеликими. Искажения углов и площадей в них хотя и присутствуют, но не достигают значительных

величин. При построении произвольных проекций задаются наиболее выгодным для каждого конкретного случая распределением искажений, например, минимальными искажениями в центральной части картографируемой территории.

Применяемые для построения географических карт картографические проекции принято также классифицировать *по виду нормальных картографических сеток (по виду меридианов и параллелей)*, который зависит от вспомогательных поверхностей, используемых для перехода от поверхности эллипсоида или шара к плоскости. Такими поверхностями могут быть цилиндр, конус, несколько конусов, плоскость и другие геометрические фигуры.

2.6 Цилиндрические проекции

Цилиндрические проекции могут рассматриваться как способ перехода от поверхности эллипсоида (шара) к боковой поверхности касательного или секущего цилиндра с последующим разворачиванием этой поверхности в плоскость (рис. 2.13). Если ось

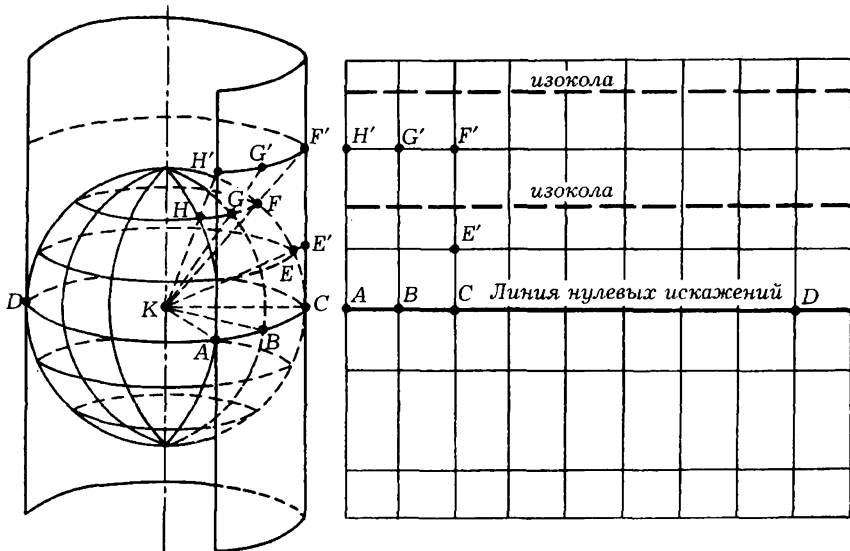
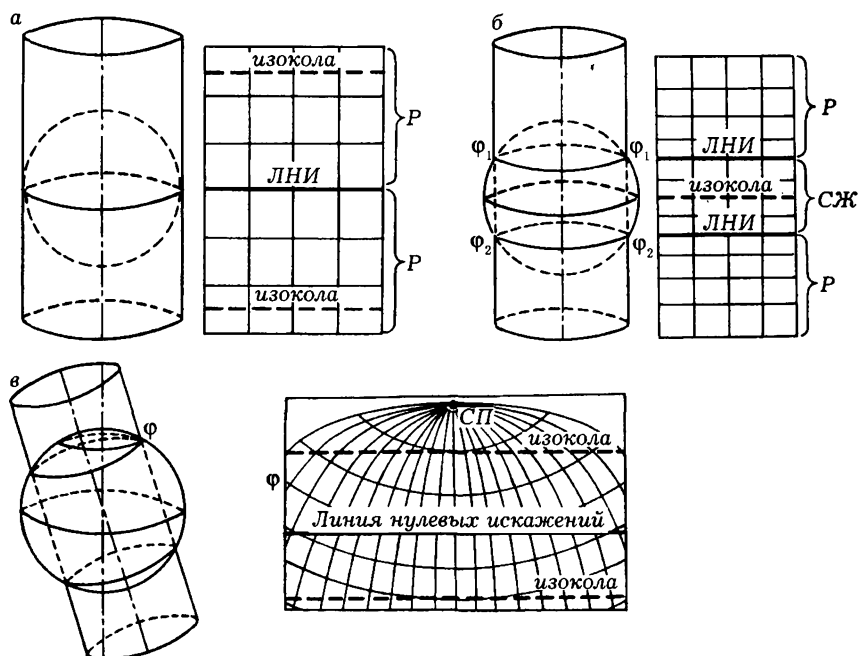


Рис. 2.13. Цилиндрическая проекция. Справа — развертка цилиндрической поверхности в плоскость с типичными для нее формами изокол

цилиндра совпадает с осью вращения Земли, а его поверхность касается шара по экватору или сечет его по двум параллелям, получается *нормальная цилиндрическая проекция*.

В нормальной цилиндрической проекции меридианы — равноотстоящие прямые линии, а параллели — перпендикулярные им прямые в общем случае не равноотстоящие. В нормальных цилиндрических проекциях при проектировании на касательный цилиндр линией нулевых искажений является линия экватора. При проектировании на секущий цилиндр нулевые искажения наблюдаются на параллелях сечения. При этом, вследствие сжатия участка сетки между линиями нулевых искажений, масштабы длин по параллелям оказываются здесь меньше главного; во внешнюю же сторону от линий нулевых искажений они больше главного — как результат растяжений параллелей при проектировании с глобуса на цилиндр (рис. 2.14).



а — нормальная на касательном конусе; б — нормальная на секущем конусе; в — косая на секущем конусе. ЛНИ — линии нулевых искажений. Р — область растяжения поверхности глобуса при проектировании на цилиндр, СЖ — область сжатия

Рис. 2.14. Виды цилиндрических проекций

Примером нормальной цилиндрической проекции может служить *нормальная равноугольная проекция Меркатора*, разработанная им в 1569 г. и нашедшая широкое применение для создания морских карт. Это связано с замечательным свойством картографической сетки, построенной в проекции Меркатора изображать прямой линией локсодромию любого направления (рис. 2.15).

Локсодромией называют линию на поверхности земного эллипсоида, образующую одинаковые углы с пересекающими ее меридианами. Именно по локсодромии движется морское судно. Кратчайшее же расстояние между пунктами на земном шаре — *ортодромия*. Но движение по ортодромии связано с необходимостью постоянно менять курс корабля.

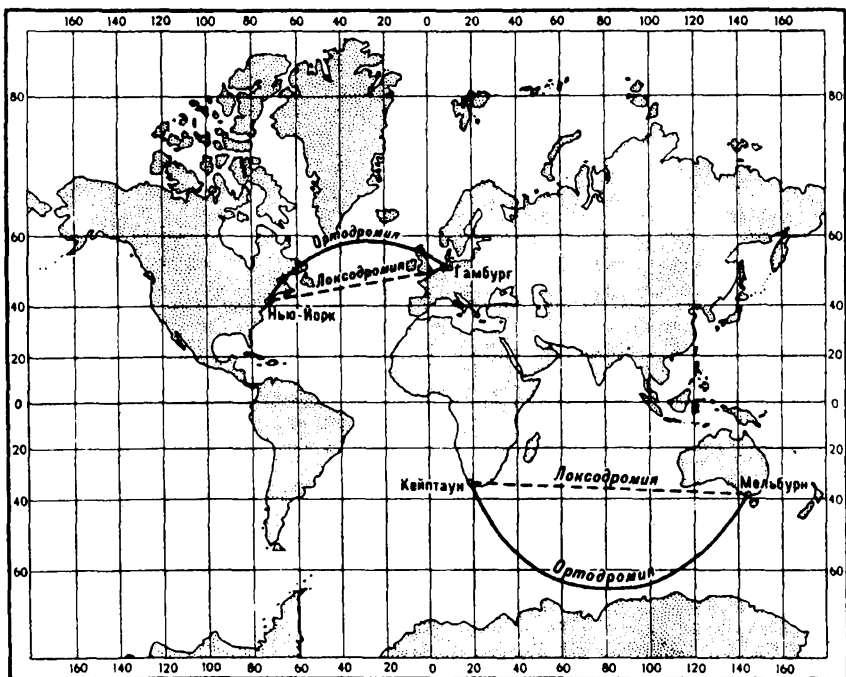


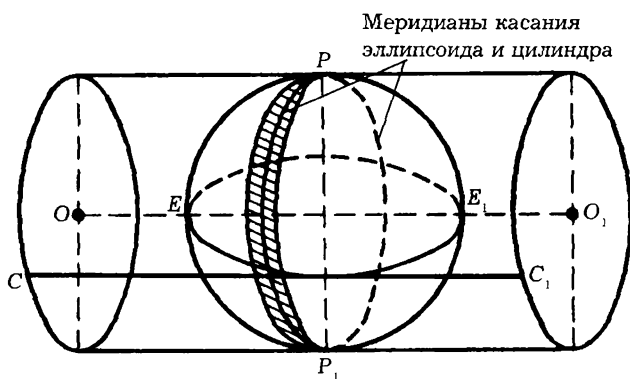
Рис. 2.15. Картографическая сетка в цилиндрической равноугольной проекции Меркатора с изображением ортодромий и локсодромий в северном и южном полушариях

Мировые карты в проекции Меркатора можно встретить в учебных атласах, которые издавались в России до 1917 г.

Проекция Меркатора используется и для навигационных карт планет и их спутников, например, для карт Луны и Марса.

Но оси цилиндра и Земного эллипсоида (шара) могут образовывать прямой угол, т. е. ось цилиндра может находиться в плоскости экватора. В этом случае проекция называется *поперечно-цилиндрической*. Вид картографической сетки такой проекции довольно сложный и данная проекция для карт больших территорий практически не находит применения. Однако, поперечно-цилиндрическую проекцию широко используют для топографических и обзорно-топографических карт. В данном случае при создании карт незначительных территорий проектирование производится по ее частям.

В России и ряде других стран при создании топографических и обзорно-топографических карт (кроме карт в масштабе 1:1 000 000) применяется *равноугольная поперечная цилиндрическая проекция Гаусса—Крюгера*, в которой поверхность эллипсоида разделяется на узкие шестиградусные зоны, образованные меридианами. Каждая зона проектируется на цилиндр, касающийся среднего меридиана данной зоны и затем изображается на плоскости отдельно (рис. 2.16; 2.17). При этом средний (осевой) меридиан зоны



PP_1 — малая ось эллипсоида; OO_1 — ось цилиндра; EE_1 — экватор; CC_1 — образующая цилиндра, касающаяся эллипсоида в точке экватора. Заштрихована зона — сферический двугрульник

Рис. 2.16. Взаимное положение эллипсоида и поперечного касательного цилиндра

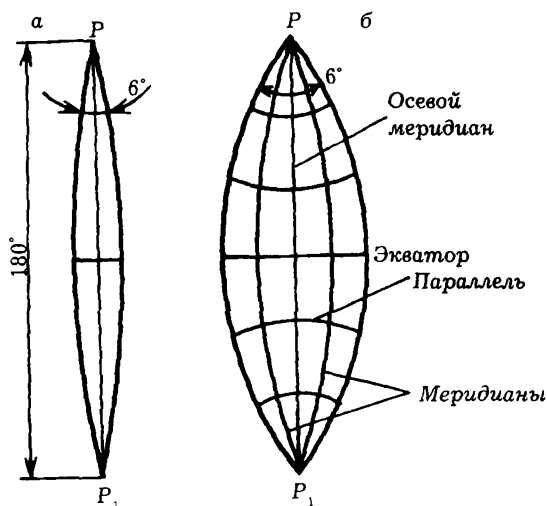


Рис. 2.17. Схематическое изображение зоны Гаусса—Крюгера на плоскости

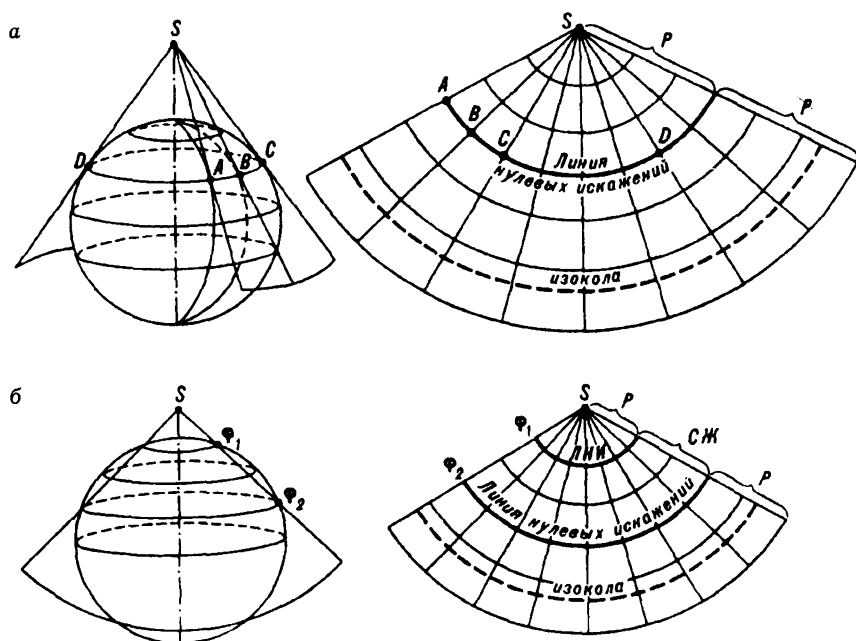
и экватор изображаются взаимно перпендикулярными прямыми без искажений. Остальные меридианы и параллели линиями, имеющими кривизну. С удалением от осевого меридиана искажения нарастают, однако в пределах одной зоны они минимальны и не превышают 0,0014, что значительно меньше погрешностей воспроизведения карт в печати и деформации бумаги. Таким образом можно считать, что изображение зоны в картографической проекции Гаусса—Крюгера не имеет искажений и поэтому измерения, проводимые по топографическим картам дают достаточно точные результаты.

Число шестиградусных зон на земном эллипсоиде 60. Они нумеруются арабскими цифрами, начиная от Гринвичского меридиана к востоку. Первая зона заключена между меридианами 0° и 6°, вторая — между 6° и 12° и т. д. Зоны получили название зон Гаусса—Крюгера (рис. 2.17). При создании карт зоны Гаусса—Крюгера разбиваются на отдельные листы. И таким образом каждый лист топографической карты имеет вид равнобедренной трапеции, северной и южной рамками которых являются дуги параллелей, а западной и восточной — дуги меридианов. Чем крупнее масштаб карты, тем менее заметны на глаз кривизна этих дуг.

Если ось цилиндра, на который идет проектирование точек земного эллипсоида образует с его осью угол, получается *косая цилиндрическая проекция*. Эта проекция в случае проектирования на секущий цилиндр имеет в северной части линию нулевых искажений в виде прямой, перпендикулярной к среднему меридиану карты и касательной к параллели с широтой φ ; параллели и меридианы в данной проекции — кривые линии (рис. 2.14).

2.7 Конические проекции

Конические проекции получаются в случае использования конуса для перехода от поверхности земного эллипсоида (шара) (рис. 2.18). Сетка *нормальной конической проекции* имеет параллели — дуги концентрических окружностей, меридианы —



а — на касательном конусе; б — на секущем конусе; Р — область растяжений; СЖ — область сжатия. Показана типичная форма изокол

Рис. 2.18. Распространенные варианты нормальных конических проекций

прямые, расходящиеся из общего центра параллелей (точки полюса) под углами, пропорциональными разности долгот. У сеток конических проекций, полученных при проектировании на касательный конус — линия нулевых искажений — параллель касания конуса с шаром. С удалением от нее искажения увеличиваются. Изоколы в нормальной конической проекции имеют форму дуг окружностей, совпадающих с параллелями.

Сетки, построенные на секущем конусе, имеют тот же вид, но иное распределение искажений. Линий нулевых искажений у них две. Между ними частные масштабы вдоль параллелей меньше главного, а к северу и к югу от них — больше главного масштаба.

Конические проекции рекомендуется использовать для изображения территорий, вытянутых по долготе и расположенных в средних широтах, таких, например, как территория России.

Наиболее часто для карт России используют сетки нормальных конических проекций *Ф.Н. Красовского* и *В.В. Каврайского*, разработанные в свое время для карт СССР (рис. 2.19 и 2.20).

Сетка *нормальной конической проекции Ф.Н. Красовского* строится на секущем конусе. При ее расчете учитывается требование,

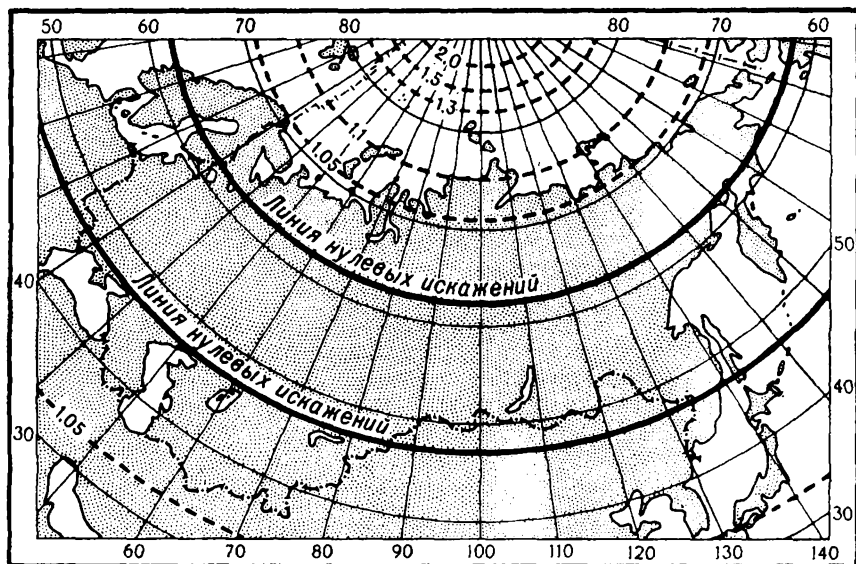


Рис. 2.19. Карта бывшего СССР, составленная в конической нормальной равнопромежуточной проекции *Каврайского*, с изоколами площадей

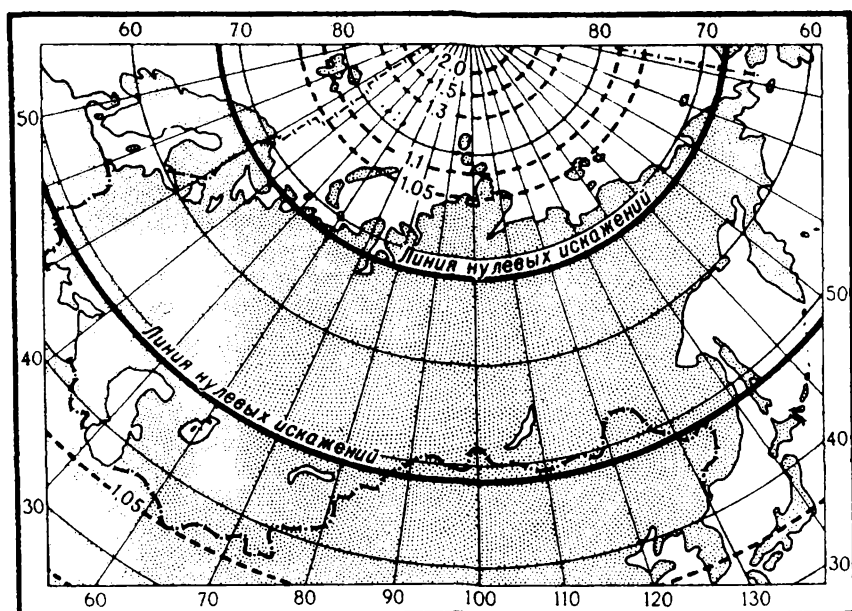


Рис. 2.20. Карта бывшего СССР, составленная в конической нормальной проекции Красовского, с изоколами площадей

чтобы на большей части картографируемой территории, а именно между параллелями 40° и 73° с. ш., искажения площадей были минимальны, а на крайних параллелях этого широтного пояса масштабы длин были бы равны. Линии нулевых искажений лежат на параллелях сечения 50° и 68° с. ш.

Длины дуг меридианов между соседними параллелями в этой проекции равны и масштабы вдоль них близки к главному ($m = 0,997$). Следствием этого является незначительные искажения длин и площадей по параллелям даже в северных широтах картографируемой территории (архипелаг Северная Земля, Новосибирские острова) и южных.

Нормальная коническая проекция В.В. Каврайского также построена на секущем конусе, но параллелями сечения здесь выбраны 47° и 62° с. ш. Это значит, что по сравнению с проекцией Красовского полоса с минимальными искажениями площадей здесь несколько уже.

Главный масштаб длин в этой проекции сохраняется на параллелях сечения и на всех меридианах.

Наибольшие искажения углов в данной проекции $0,5^\circ$, что делает допустимым измерение углов транспортиром. В пределах материковой части России искажения незначительны. Между параллелями сечения на широте 55° с. ш. они равны 0,99, а во внешнюю сторону от параллелей сечения эти показатели больше единицы.

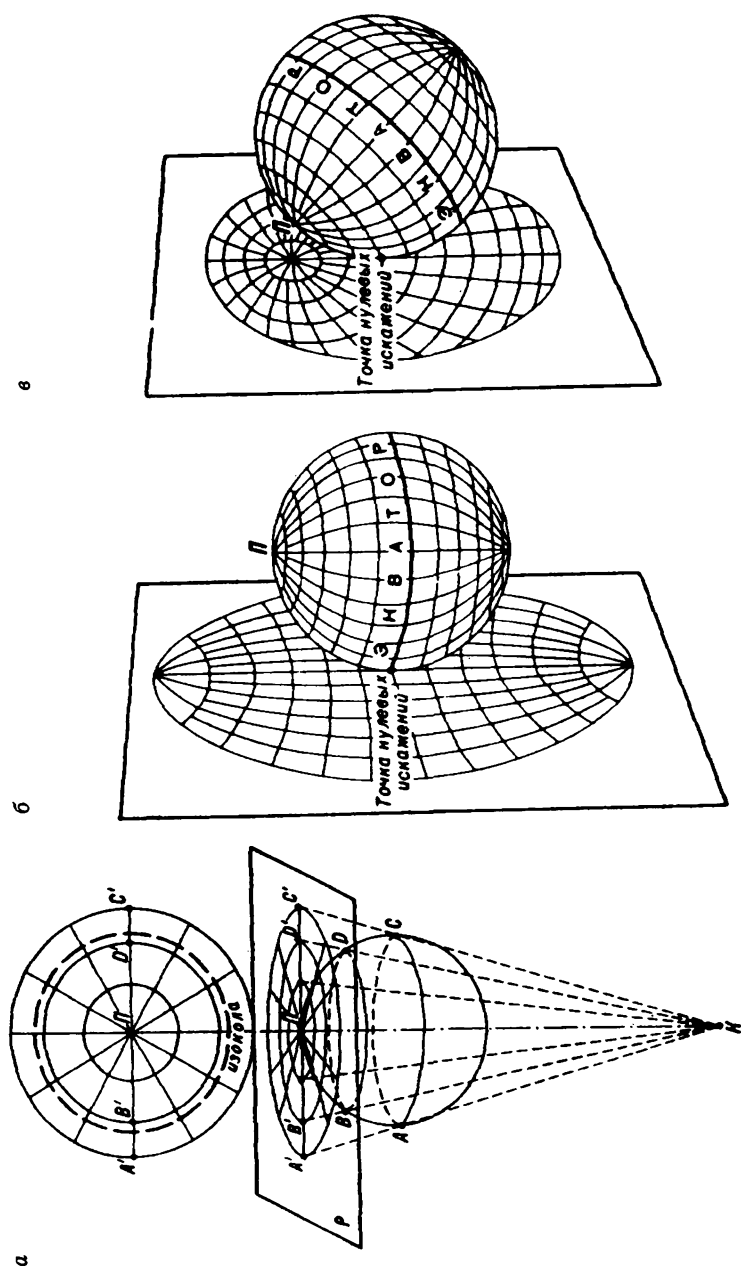
2.8 Азимутальные проекции

Азимутальные проекции получаются при проектировании земного эллипсоида (шара) на касательную плоскость. В случае, если плоскость касается шара в точке полюса, получается *нормальная азимутальная проекция*. В нормальной азимутальной проекции параллели — полные концентрические окружности, меридианы — прямые, расходящиеся из общего центра под углами, равными разности долгот (рис. 2.21, а). Нормальные азимутальные проекции используют для картографирования полярных областей Земли и других планет.

Поперечную азимутальную проекцию получают в результате переноса точек земного шара на плоскость, касательную к шару в точке экватора (рис. 2.21, б). Поперечные азимутальные проекции применимы для карт полушарий. В них и меридианы и параллели представляют собой кривые линии, средний меридиан — прямая линия, перпендикулярная линии экватора.

Косая азимутальная проекция получается при проектировании точек земного шара на плоскость, расположенную под любым углом к экватору. Внешний вид картографической сетки косой азимутальной проекции показан на рис. 2.21, в.

Все азимутальные проекции имеют общие свойства в отношении искажений: точка нулевых искажений (ТНИ) находится в точке касания плоскости земного шара (обычно она располагается в центре карты). Величины искажений при удалении от центра карты (от ТНИ) во все стороны увеличиваются, поэтому изоколы в азимутальных проекциях имеют форму концентрических окружностей с центром в ТНИ. Одно главное направление (одна полуось эллипса искажений) совпадает с радиусом, другое — с линией, перпендикулярной ему.



а — нормальная; б — поперечная; в — косая

Рис. 2.21. Виды азимутальных проекций

Из азимутальных проекций в учебной картографии наиболее часто применяют *азимутальную равнопромежуточную проекцию Постеля*. Нормальная сетка этой проекции (рис. 2.22) используется для картографирования полярных областей Земли. Сетка проекции строится под условием сохранения главного масштаба карты по всем радиусам (по меридианам). Поэтому отрезки

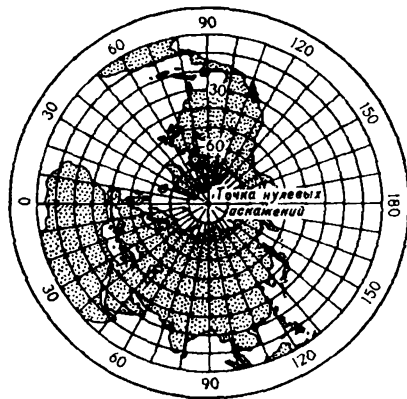


Рис. 2.22. Нормальная картографическая сетка в азимутальной равнопромежуточной проекции *Постеля*

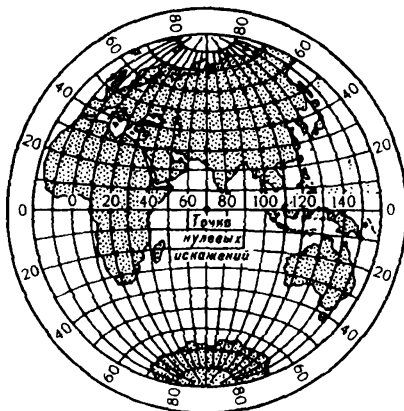


Рис. 2.23. Поперечная картографическая сетка в азимутальной равнопромежуточной проекции *Постеля*

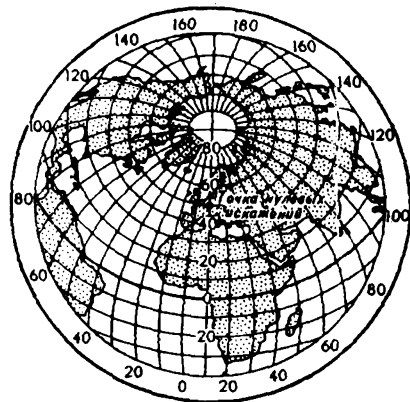
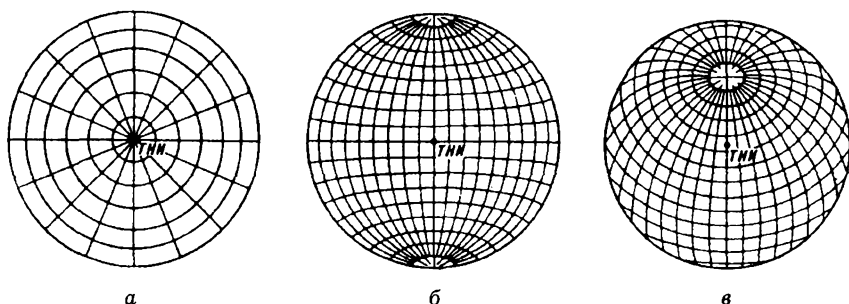


Рис. 2.24. Косая картографическая сетка в азимутальной равнопромежуточной проекции *Постеля*

меридианов между соседними параллелями равны и представляют собой выпрямленные дуги меридианов.

Поперечная и косая картографические сетки в азимутальной равнопромежуточной проекции показаны на рис. 2.23 и 2.24. Поперечные проекции *Постеля* используют для карт полушарий.

Более удобной для учебных карт восточного и западного полушария, однако, является поперечная азимутальная равновеликая проекция *Ламберта*. Она строится под условием равновеликости. В отличие от проекции *Постеля* здесь отрезки меридианов между соседними параллелями не остаются равными, а уменьшаются от точки нулевых искажений к периферии (рис. 2.25).



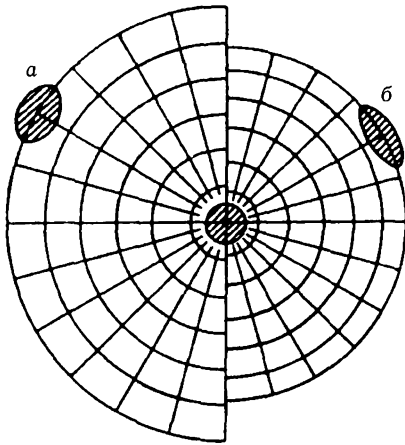
а — нормальная; б — поперечная; в — косая. ТНН — точка нулевых искажений

Рис. 2.25. Картографические сетки
в азимутальной равновеликой проекции Ламберта

Среди азимутальных проекций выделяют несколько видов, нашедших достаточно широкое применение в учебной картографии. Различают перспективные и неперспективные азимутальные проекции.

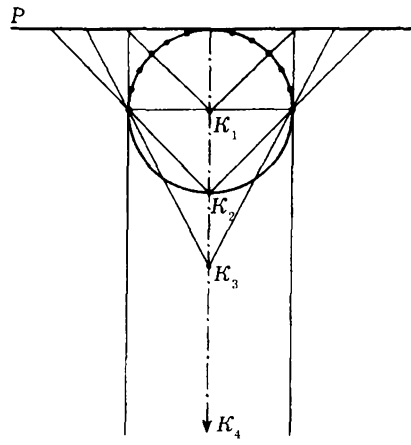
Перспективные проекции получают при проектировании по законам перспективы, посредством лучей из точки зрения — центра проектирования. Внешний вид картографической сетки и распределение искажений в перспективных азимутальных проекциях зависят от положения центра проектирования K . Рассмотрим эти различия на примере нормальных картографических сеток (рис. 2.26).

Центр проектирования на касательную плоскость P может находиться в центре шара (K_1), на поверхности шара в точке,



а — Постеля; б — Ламберта

Рис. 2.26. Сравнение форм картографических сеток в азимутальных проекциях



K_1 — центральных; K_2 — стереографических; K_3 — внешних; K_4 — ортографических

Рис. 2.27. Центры проектирования в нормальных азимутальных проекциях

противоположной точке касания картинной плоскости и шара (K_2), вне шара на продолжении оси шара (K_3) и на той же оси в бесконечности (K_4) (рис. 2.27).

Если точка K расположена в центре шара, проекция называется *центральной*. Вид картографической сетки центральной проекции показан на рис. 2.28.

Как видно из рисунка, отрезки меридианов в данной проекции к краям карты сильно увеличиваются, а следовательно и показатели искажений длин по меридианам (m) с удалением от центра сильно возрастают. Искажения длин по параллелям (n) также в этой проекции значительны, а это в свою очередь приводит к очень большим искажениям площадей. Углы и формы в этой проекции также искажены. Все эти виды искажений иллюстрируют эллипсы искажений. Впервые данную проекцию применил древнегреческий философ Фалес для карты звездного неба в IV в. до н. э. Если с Земли рассматривать небесный свод, то кажется, что находишься в центре сферы.

При проектировании из точки K_2 , находящейся на противоположной стороне шара по отношению к картинной плоскости,

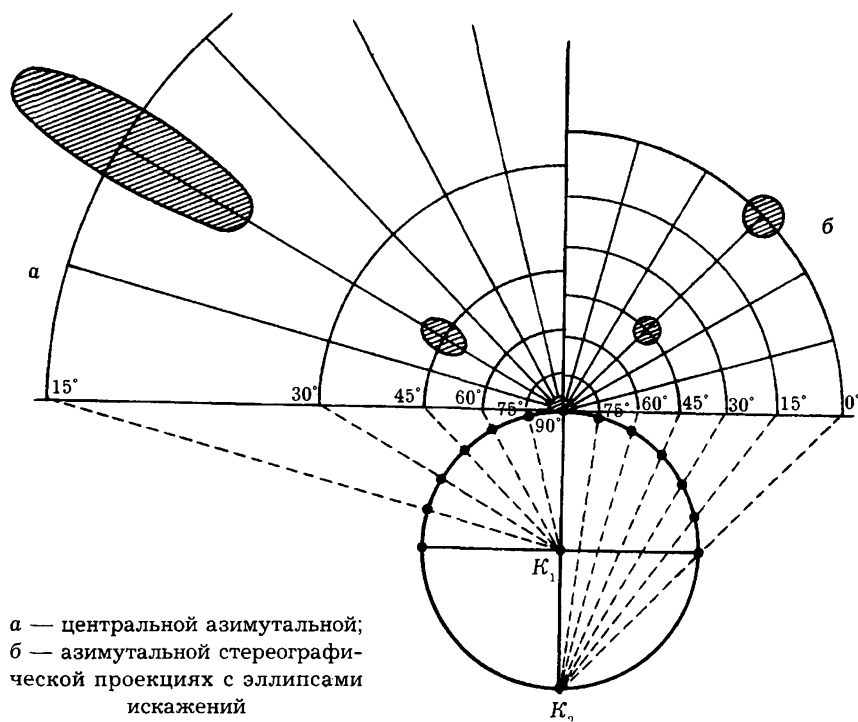


Рис. 2.28. Построение и типичный вид нормальных картографических сеток

получается *стереографическая проекция* (рис. 2.28). В этой проекции углы передаются без искажений (проекция равноугольная), искажения длин и площадей менее значительны, чем в центральной. В каждой точке карты, построенной в стереографической проекции $m = n$, изменяясь от 1 в центре до 2 на краю карты. Показатель площадей P увеличивается в том же направлении от 2 до 4.

Если центр проектирования (K_1) находится в бесконечности, получаем сетку *ортографической проекции*. Проектирующие лучи при таком проектировании становятся параллельными друг другу и оси вращения Земли (рис. 2.29). В этом случае промежутки между параллелями к краям карты сильно уменьшаются, а следовательно искажения длин по меридианам к краям карты

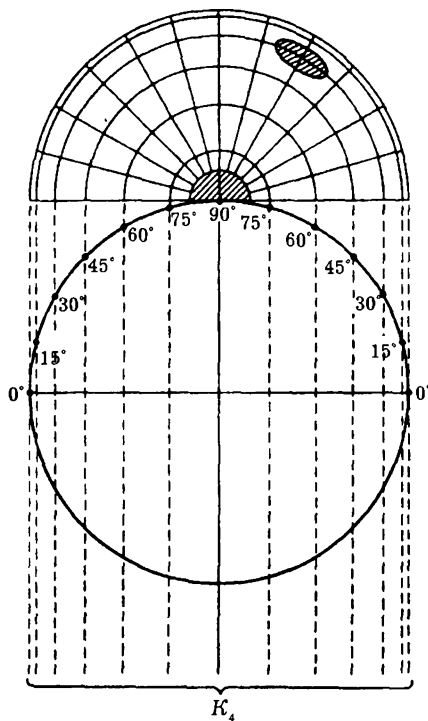


Рис. 2.29. Построение и типичный вид нормальной картографической сетки в ортографической азимутальной проекции с эллипсами искажений

также становятся значительными. При этом длины радиусов параллелей остаются такими же, как и на шаре, длины самих параллелей неизменны, а значит вдоль них искажения отсутствуют ($n = 1$). Проекция искажает углы и на краях карты эти искажения значительны. Предложенная в Древней Греции Аполлонием (II в. до н. э.), ортографическая проекция находит применение в учебной картографии для изображения Земли, рассматриваемой как космическое тело, а также для карт Луны и планет Солнечной системы (рис. 2.30).

Перспективные проекции могут быть и поперечными, если картинная плоскость, на которую ведется проектирование точек шара расположена перпендикулярно плоскости экватора и касается его в одной из точек. Так же как в случае нормальных проекций в зависимости от положения центра проектирования (точки K)



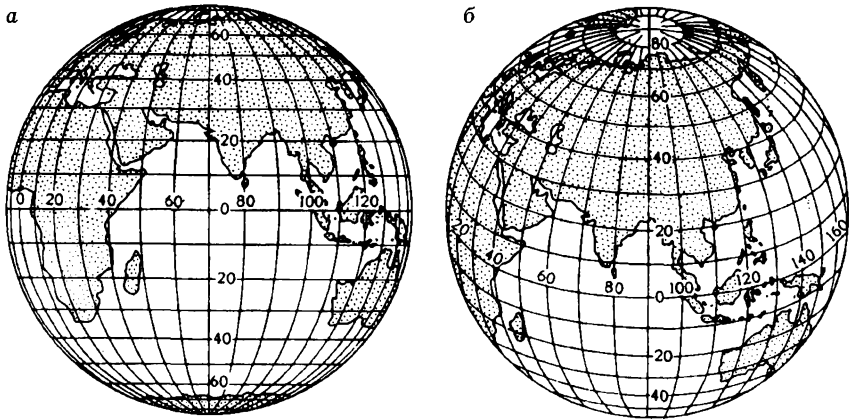
Рис. 2.30. Картографическая сетка
в азимутальной поперечной стереографической проекции

получаются поперечная центральная, поперечная стереографическая и поперечная ортографическая проекции.

Косые центральная, стереографическая и ортографическая проекции образуются при положении картинной плоскости под любым углом к оси вращения земного шара.

Поперечные и косые ортографические проекции наиболее часто применяются в том числе и в учебной картографии.

На рис. 2.31 представлены сетки поперечной и косой ортографических азимутальных проекций.



а — поперечная; б — косая в ортографической азимутальной проекции

Рис. 2.31. Картографические сетки

2.9

Поликонические проекции

Поликонические проекции получаются при проектировании глобуса на поверхность нескольких касательных конусов и последующей развертки в плоскость нескольких образовавшихся на поверхностях конусов широтных полос. Принцип проектирования показан на рис. 2.32. После развертки конусов получают изображение широтных полос, соприкасающихся по среднему меридиану карты. Окончательный вид сетка получает после ликвидации разрывов между полосами путем растяжений (рис. 2.32).

В поликонической проекции параллели представляют собой дуги эксцентрических окружностей, средний меридиан — прямая линия, остальные меридианы — дуги кривых линий, симметричных относительно среднего меридиана. В поликонических проекциях, используемых для мировых карт приэкваториальный участок проектируют на касательный цилиндр, поэтому в этих проекциях экватор изображается прямой линией, перпендикулярной среднему меридиану (рис. 2.32).

В поликонических проекциях наименьшие искажения в приэкваториальных широтах. Масштабы длин здесь близки к главному масштабу. В периферийных частях карты, построенной

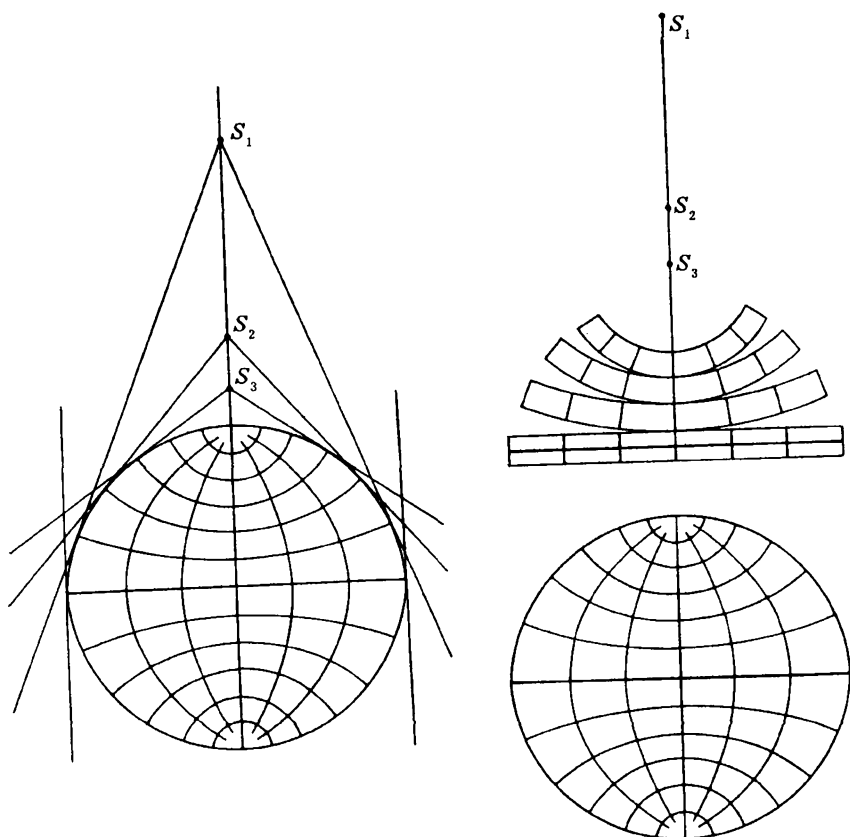


Рис. 2.32. Принцип построения поликонических проекций

в поликонической проекции значительно искажаются длины, площади и углы.

2.10

Условные проекции

К условным картографическим проекциям относят такие, вид сеток которых не возможно представить на основе проектирования на какую-нибудь вспомогательную поверхность. Их получают аналитическим путем (на основе решения систем уравнений).

Среди условных проекций особо следует выделить псевдоцилиндрические и псевдоконические проекции.

В *псевдоцилиндрических проекциях* параллели представляют собой прямые параллельные друг другу линии (что роднит их с цилиндрическими проекциями), средний меридиан также прямая линия, перпендикулярная экватору, а остальные меридианы — дуги кривых линий, симметричных среднему меридиану (рис. 2.33). В псевдоцилиндрических проекциях создаются карты Океанов, весьма часто они используются для карт мира (рис. 2.34).

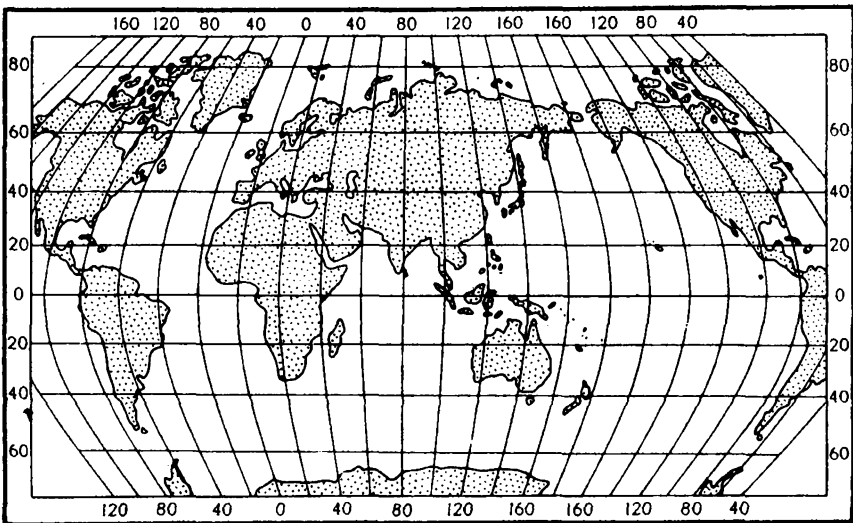


Рис. 2.33. Вид картографической сетки в псевдоцилиндрической проекции

Псевдоконические проекции — это проекции, в которых параллели представляют собой дуги концентрических окружностей (что роднит их с коническими проекциями), *меридианы* — дуги кривых линий, симметричные относительно среднего прямолинейного меридиана.

Поскольку число условий, при разработке картографических проекций может быть выдвинуто бесконечно большое, то и условных проекций может быть разработано бесконечное множество.

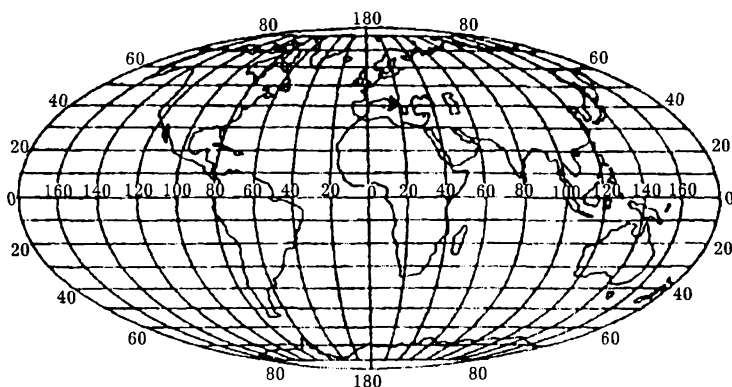


Рис. 2.34. Псевдоцилиндрическая проекция Мольвейде

Специально для школьных карт территории бывшего СССР в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК) была разработана условная проекция с несимметричной относительно среднего прямого с долготой 100° в. д. меридиана сеткой (рис. 2.35). В восточной

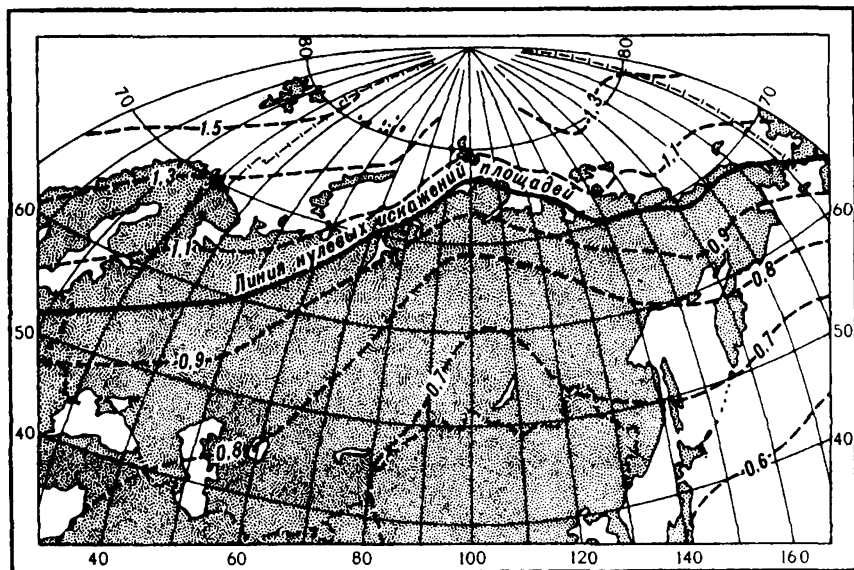


Рис. 2.35. Карта бывшего СССР в условной произвольной проекции ЦНИИГАиК с несимметричной сеткой, с изоколами площадей

части сетки меридианы сближены, европейская часть картографируемой территории при этом несколько увеличена по сравнению с азиатской частью. Северный полюс изображается точкой, что важно для восприятия учениками начальных классов географического положения территории.

Широко применяется также *условная проекция ЦНИИГАиК для карт Евразии* (как в атласах, так и стенных карт) (рис. 2.36). Параллели в этой проекции — пологие кривые линии, масштаб площади в пределах Европы крупнее, чем в азиатской части материка, но в целом искажения площадей незначительные. Сетка условной проекции ЦНИИГАиК несимметрична относительно среднего меридиана: расстояния между соседними меридианами в западной части больше, чем в восточной.

Для получения картографических проекций не пользуются вспомогательными поверхностями. Это всего лишь геометрические аналогии, данные для понятия геометрической сути проекций. Сетки картографических проекций строят по узловым

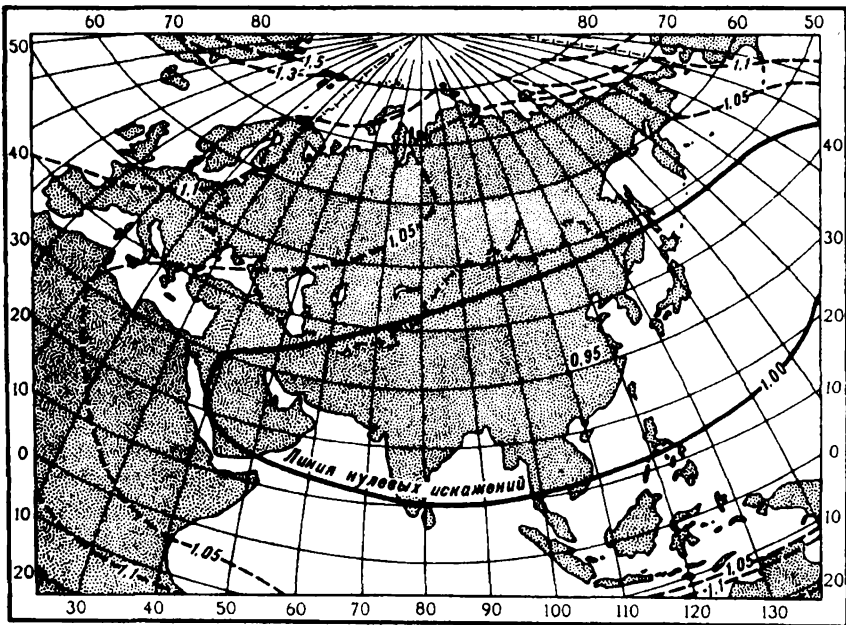


Рис. 2.36. Карта Евразии в условной проекции ЦНИИГАиК (вариант 1) с изоколами площадей

точкам (точкам пересечения меридианов и параллелей), прямоугольные координаты которых рассчитывают по их географическим координатам с использованием формул данной проекции. Использование компьютеров позволяет сделать это довольно быстро.

Число картографических проекций весьма велико и по сей день разрабатываются новые. Существуют специальные атласы картографических проекций, позволяющие подобрать нужную проекцию для любой территории. В настоящее время уже созданы и электронные атласы проекций. Они помогают выбрать подходящую для данной карты сетку, сразу оценить ее свойства.

2.11 Распознавание проекций

Все проекции имеют различный вид картографической сетки и свойства изображения. При использовании географической карты надо знать ее математические свойства, в частности, как распределяются искажения по площади карты, а это целиком зависит от проекции, в которой она составлена. Именно поэтому необходимо уметь распознавать картографические проекции. Распознать проекцию карты значит установить ее класс, вид и название.

Проще распознаются проекции карт больших территорий — мира, полушарий, материков и т. д. Но именно для карт значительных территорий определение проекции играет более существенную роль, так как и искажения здесь значительны.

Класс проекции (цилиндрическая, коническая или иная) определяется достаточно легко по внешнему виду картографической сетки (сетки меридианов и параллелей), если вы знаете как должны выглядеть меридианы и параллели проекции каждого класса.

По некоторым признакам можно определить и характер существующих данной проекции искажений. Так, если площади клеток, образованных меридианами и параллелями в одном и том же широтном поясе не равны друг другу, проекция не относится к равновеликим. Если меридианы и параллели пересекаются не под прямыми углами, проекция не равноугольная. Но с другой стороны, перпендикулярность между собой меридианов и параллелей еще не говорит о равноугольности проекции. В этом случае

следует убедиться в том, что не искажены формы объектов и соотношения их ширины и длины.

Труднее дело обстоит с определением конкретного вида проекции. Справиться с этой задачей можно лишь выполнив измерения элементов картографической сетки, а именно, определив соотношение длин дуг меридианов между соседними параллелями в двух разных частях карты или проследив как изменяется величина этих дуг в пределах карты. Определить наиболее часто используемые в школьной картографии проекции можно с помощью специальных таблиц — определителей.

2.12 Выбор проекций

На выбор проекции для конкретной карты влияют несколько факторов и в первую очередь:

- назначение карты, ее тематика; предполагаемый круг потребителей и круг задач, которые будут решаться по ней.
- географические особенности картографируемой территории, ее положение на земном шаре, размеры и конфигурация.

Назначение карты при разработке карты является частую самым важным при выборе проекции. Если проектируемая карта предназначена для измерения площадей, используются равновеликие проекции. Карты, используемые для измерения углов (азимутов и др.) создаются в равноугольных проекциях. Когда же нежелательны и те и другие искажения, то выбирают одну из произвольных проекций.

Под географическими особенностями территории понимается ее положение на земном шаре, размеры и конфигурация. Здесь также обращаются к характеру распределения искажений по территории и выбирают проекции, в которых наименьшие искажения в центральной части картографируемой территории.

Для карт мировых в мелком масштабе применяют цилиндрические, поликонические, псевдоцилиндрические проекции. Карты полушарий преимущественно создаются в азимутальных проекциях. При этом для северного и южного полушария используют нормальные азимутальные проекции, а для карты восточного и западного полушария — проекции поперечные азимутальные.

Материки и океаны сильно различаются между собой и размерами, и формой, и географическим положением. Поэтому для

них используются разные проекции в зависимости от указанных факторов. Карты Европы, Азии Северной и Южной Америки, Австралии с Океанией чаще всего создаются в равновеликих косых азимутальных проекциях. Для Африки же применяют преимущественно поперечные азимутальные проекции, а для Антарктиды — нормальные азимутальные проекции.

Для карт России в целом и ее частей используются почти исключительно конические равнопромежуточные проекции большей частью с двумя параллелями сечения (стандартными или главными параллелями). У нас в стране предпочтение отдается коническим проекциям Красовского и Каврайского. В особых случаях территорию России изображают в поликонических и произвольных проекциях.

Нормальные конические проекции также часто применяют для большинства карт других государств и их частей. Однако, если государство имеет форму, вытянутую вдоль меридианов, то его изображают в поликонических или поперечных цилиндрических проекциях. Страны, имеющие округлую форму, обычно изображают в азимутальных проекциях.

Топографические карты в России, как уже говорилось, создаются в равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса—Крюгера, а в США и многих других западных странах — в универсальной поперечно-цилиндрической проекции Меркатора (UTM), близкой по свойствам проекции Гаусса—Крюгера.

Для морских и навигационных карт, как уже говорилось, всегда используется равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора. Тематические же карты морей и океанов создаются в самых разнообразных, иногда довольно сложных проекциях.

При проектировании карты учитываются все факторы, влияющие на выбор проекции. Однако, значимость того или иного из них в каждом конкретном случае может быть различной. Например для настенной учебной карты для средней школы более важным является наглядность, для других — особенности географического положения картографируемой территории (Антарктида), для третьих более важным является характер их использования (например, навигация). Набор проекций велик и всегда есть возможность выбора наилучшей для каждого конкретного случая. Например, создается настенная учебная карта России для начальных классов средней школы. Значит территория расположена в средних широтах, масштаб карты будет

выбран примерно 1:4 000 000—1:5 000 000. При изучении географии России в начальных классах важно передать сферичность поверхности, близкое к действительному положение географических объектов относительно сторон света. Кроме того, в данном случае важно изображение северного полюса в виде точки схода меридианов. Измерения по настенным картам не проводятся, но желательно, чтобы площади и формы искажались незначительно. Всем этим условиям наилучшим образом удовлетворяет произвольная проекция ЦНИИГАиК с несимметричной сеткой (рис. 2.35).

Глава 3

ЯЗЫК КАРТЫ

3.1

Структура языка карты. Условные знаки

Одно из основных свойств карты состоит в использовании для формирования картографического изображения особого языка, который обеспечивает хранение и передачу пространственно-временной информации.

Как и любой язык, язык карты имеет свой словарь, включающий условные обозначения, способы изображения, и грамматику — правила и принципы построения системы условных знаков.

В языке карты различают два подязыка. Средствами одного из них на картах отражается содержательная определенность объектов картографирования, т. е. что представляет собой объект и каков он (типы почв, растений, горных пород, отраслей хозяйства и т. д.).

О наличии другого подязыка говорит сеть географических координат со всеми ее атрибутами — оцифровкой градусов, пояснительными подписями «сев. широта», «к востоку от Гринвича» и т. п. Благодаря этому слою карты обеспечивается отражение данных о положении объектов картографирования, их взаимоположении, пространственной форме и ориентации относительно сторон света.

На пространственно определенное значение может указывать не только сеть географических или иных координат. Уже достаточно давно получили распространение карты в так называемой «плавающей» компоновке, где сеть меридианов и параллелей не нанесена. Локализация объектов при создании карты все равно производилась по координатам. При чтении же карты положение объектов воспринимается относительно знаков другого элемента содержания, например, главной водной артерии, береговой линии и т. п.

С выделением двух подязыzków картографы и потребители постоянно сталкиваются на практике, когда на типовую (географическую) основу или на контурную карту наносится тематическое содержание.

Существенной чертой любой географической карты является наличие названий и терминов, пояснительных подписей. Без них она мертва. Этот особый слой (подязык), однако, не относится к знакам языка карты. Он выражается знаками естественного языка. На картах географические названия не играют роли условных обозначений. Эту роль выполняют в данном случае используемые для надписей шрифты.

Подязычки представляют собой самостоятельные образования. Однако на карте они действуют вместе, благодаря чему обеспечивают разнообразие и богатство содержания конкретных карт.

Использование условных знаков позволяет показывать объекты (как реальные, так и абстрактные и невидимые), их количественные и качественные характеристики, структуру, соподчиненность, отражать динамику явлений и процессов.



Рис. 3.1. Некоторые условные обозначения топографических карт

Условные знаки, применяемые на картах подразделяются на три группы (рис. 3.1):

- *внемасштабные*, которые используют для показа строго локализованных объектов, не выражающихся по площади в масштабе карты. Размер условного знака на карте, выраженный в натуральной величине всегда значительно больше истинного размера объекта;

- *площадные*, применяемые для объектов выражающихся по площади в масштабе карты, например, ареалов распространения растительности. Такие объекты сохраняют на карте очертания и размеры. Условный знак при этом состоит из контура, заполняемого значками, цветом или штриховкой;

- *линейные*, используемые для отображения линейных объектов (дорог, рек, границ). Эти объекты выражаются в масштабе карты по длине и не выражаются по ширине. Ширина условного знака на карте в пересчете в действительную величину превосходит истинную ширину объекта.

Разнообразие условных знаков, применяемых на картах, практически бесконечно. Но все они состоят из отдельных *графических*

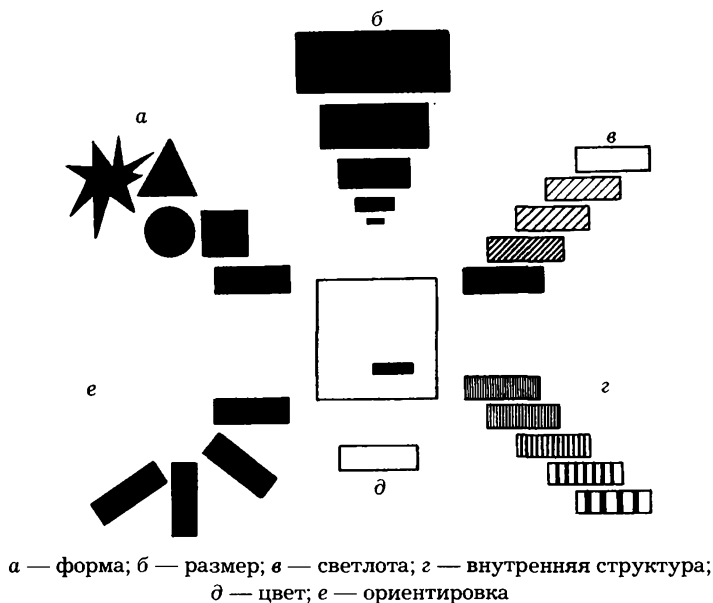


Рис. 3.2. Графические переменные (по Ж. Бертену)

переменных, число которых невелико. Это форма, размер, ориентировка, цвет, светлота (насыщенность цвета) и внутренняя структура (рис. 3.2).

Варьируя графическими переменными, свободно сочетая их, автор карты может конструировать величайшее множество условных обозначений самого различного стиля, читаемости и выразительности. Однако при этом не следует забывать о уже сложившихся традициях применения тех или иных условных знаков для показа на картах строго определенных объектов, например, на картах полезных ископаемых черным квадратиком традиционно отмечают месторождения каменного угля, овалом — месторождения олова и т. п. Следует только помнить, что один условный знак на карте имеет одно значение. С другой стороны один и тот же условный знак на разных по тематике картах может обозначать разные объекты. Так, звездочкой на экономических картах очень часто обозначают электростанции, такой же условный знак на картах полезных ископаемых обозначает месторождения алмазов.

Свобода выбора системы условных обозначений, однако, возможна лишь на мелкомасштабных картах. На топографических, навигационных картах используют стандартные условные знаки, официально закрепленные государственной топографической службой. На геологических и отчасти на почвенных картах также применяют унифицированные системы цветов и индексов. Делаются попытки разработать унифицированные условные обозначения для геоморфологических карт.

Каждый картограф при разработке карты придерживается установившихся правил выбора тех или иных условных обозначений в зависимости от картографируемого объекта или явления, особенностей его локализации и распространения. Учитываются также при этом принципы взаимного сочетания знаков, назначение карты, а значит восприятия их потребителем, требования измерений и др.

Как уже было сказано выше, условных знаков может быть разработано бесчисленное множество, а вот способов картографического изображения только ограниченное число. Их всего десять, каждый из которых применяют для передачи объектов или явлений в зависимости от особенностей самих объектов и явлений, а также от особенностей их размещения, пространственной локализации.

3.2

Значковый способ изображения

Значки используют для указания местоположения объектов, не выражающихся в масштабе карты или занимающих площадь меньшую, чем условный знак и локализованных по пунктам.

По форме значки бывают:

- геометрические;
- буквенные;
- наглядные.

К геометрическим относят значки в виде простейших геометрических фигур — кружки, квадратики, треугольники и т. п. Количество элементарных геометрических фигур в общем невелико, но число обозначений сильно увеличивается при введении цветов и изменении внутреннего рисунка значков (рис. 3.3; 3.4, а).

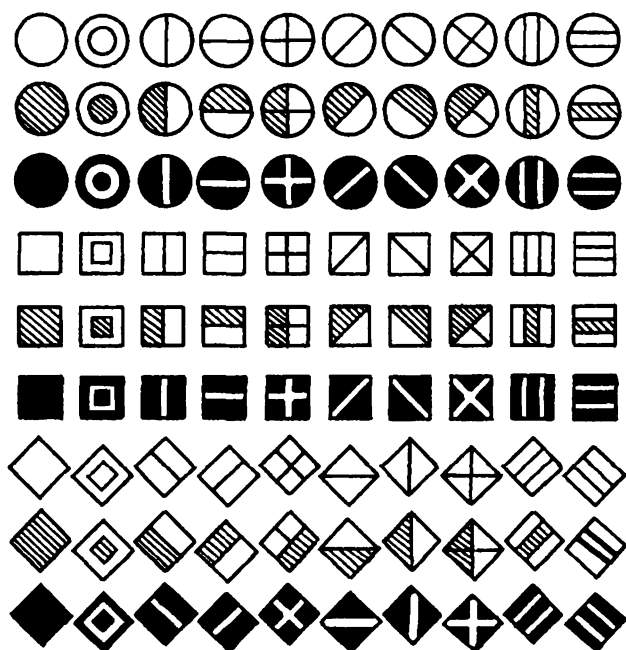
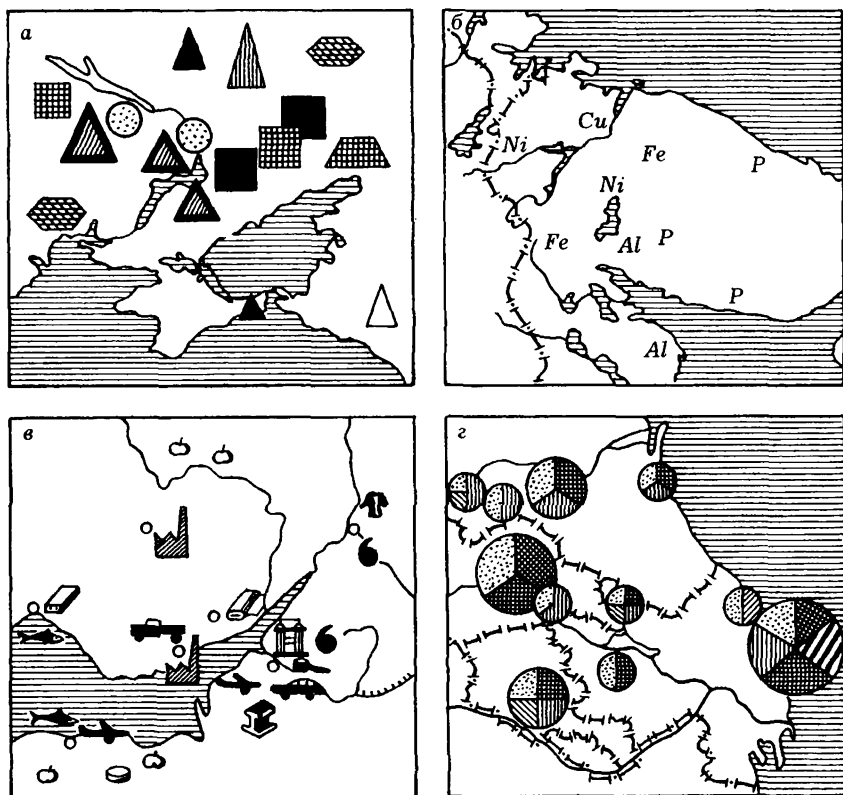


Рис. 3.3. Простейшие геометрические значки, различающиеся по внутренней структуре (по Э. Арнбергеру)



а — геометрические; б — буквенные; в — наглядные; г — структурные

Рис. 3.4. Виды значков

Достоинством геометрических значков является то, что они хорошо локализируются на карте, так как каждая из геометрических фигурок имеет свой геометрический центр.

Буквенные значки — это одна или две начальные буквы названия изображаемого объекта, например Fe, Al, Ni (рис. 3.4, б) и т. д.

Применение буквенных значков довольно ограничено. Они трудно локализируются, плохо сопоставляются по размеру, делают карту пестрой. Эти недостатки устраняются, если буквы вписывать в геометрические фигуры. Находят они применение, когда требуется особо выделить какую-либо категорию объектов среди других, изображаемых геометрическими значками.

Наглядные значки по рисунку напоминают в стилизованном виде вид самого объекта. Различают символические и натуралистические наглядные значки. Те и другие, как правило, находят применение на картах-плакатах, туристических картах, так как наглядны и хорошо воспринимаются со значительного расстояния (рис. 3.4, в).

С помощью значков на карте могут быть отображены не только сами объекты, их вид, но и *количественные соотношения* между ними, а также их *структура* (рис. 3.4, г) и *изменения (динамика)*.

Передача количественных соотношений между объектами картографирования при использовании способа значков производится путем изменения размеров значков. Зависимость размеров значков от количественных характеристик самих объектов при этом может быть принята разной. При использовании *абсолютной шкалы* (рис. 3.5 и 3.6) размеры значков прямо пропорциональны количественным характеристикам объектов. Например, при отображении числа жителей в городах размеры пунсонов находятся в той же зависимости, что и сама численность населения

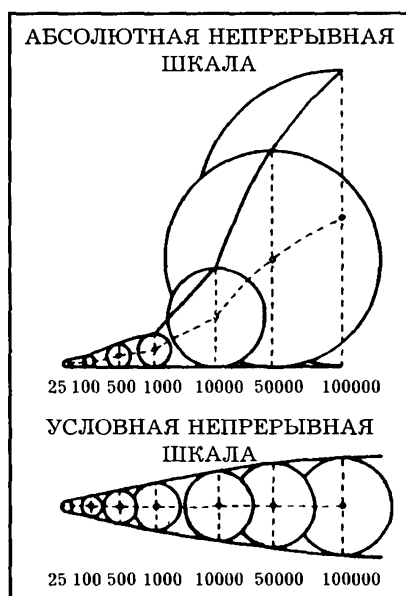


Рис. 3.5. Шкала значков непрерывная

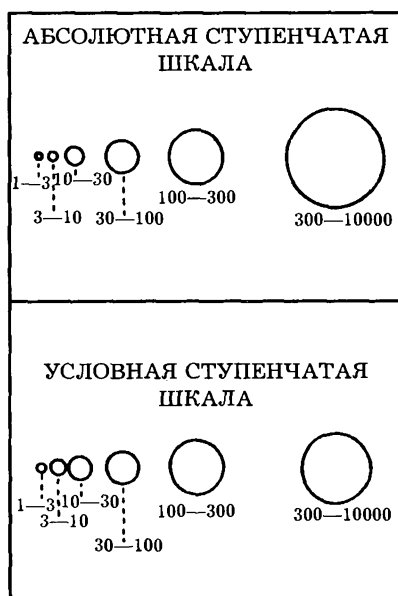


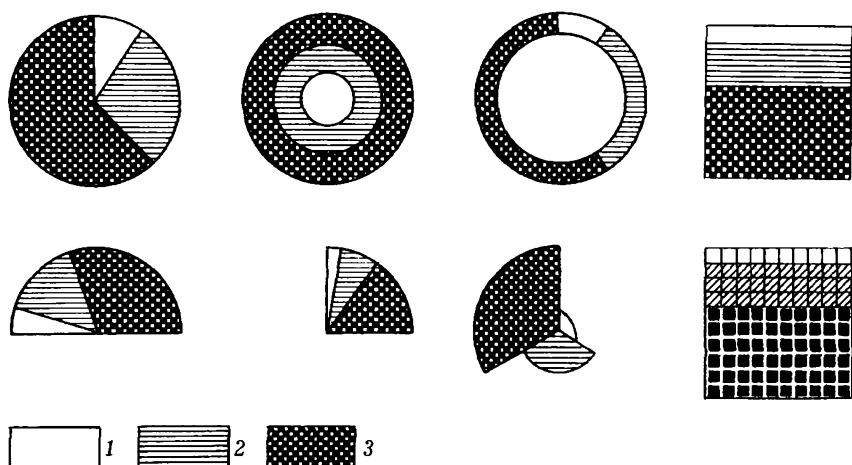
Рис. 3.6. Шкала значков ступенчатая

в этих городах. Город с числом жителей 500 тысяч жителей изображается кружочком в десять раз большего размера, чем город с числом жителей 50 тысяч. Это очень наглядно и позволяет определить точно величину каждого картографируемого объекта. Однако при больших различиях объектов по величине применение абсолютной шкалы становится неудобным. Например кружок миллионного города будет в сто раз больше кружка города с десяти тысячным населением. Такой большой кружок на карте закроет все соседние с ним значки и надписи. В таких случаях принято использовать *условную шкалу* величин объектов, которая отражает количественные различия в условной соизмеримости. Тогда знак крупного объекта будет намного больше знака маленького, но все же не во столько раз.

Абсолютные и условные шкалы бывают *непрерывными* и *ступенчатыми*. В непрерывных шкалах размер значков изменяется плавно с изменением количественного показателя картографируемого объекта. В ступенчатых шкалах изменения размеров знаков происходит скачкообразно. То есть размер значка остается постоянным в пределах каждого интервала и при переходе к следующей ступени довольно резко меняется. Ступенчатые шкалы могут быть с постоянным и переменным интервалом (*равноинтервальными* и *неравноинтервальными*).

Разработка шкалы, отражающей количественные различия объектов, — не простое дело. Строгих правил выбора интервалов в них и размеров значков в картографии не существует. Общими рекомендациями при этом могут лишь служить учет самого статистического ряда количественных характеристик картографируемых объектов и ограничение шкалы шестью — восемью градациями. При большем числе ступеней в шкале размеры значков становятся плохо различимыми.

Если картографируемый объект состоит из нескольких однородных и соизмеримых частей применяют суммарный значок, разбитый на составляющие части (рис. 3.7). Например, промышленный пункт, изображаемый кружком, делится на сектора, число которых соответствует числу промышленных отраслей. Сектора могут быть одинакового размера, если отображается лишь число предприятий, либо разного в зависимости от величины этой части. Например, кружок промышленного центра выражает весь объем промышленной продукции, производимой в нем, 10% из которой составляет продукция пищевой отрасли,



Каждый значок изображает пункт с предприятием трех отраслей промышленности: 1 — текстильной (10%); 2 — пищевой (30%); 3 — машиностроительный (60%)

Рис. 3.7. Различные виды суммарных структурных значков

30% текстильной и 60% машиностроения. Тогда кружок промышленного центра, вся продукция которого принимается за 100%, разбивается на три сектора, равных соответственно 10%, 30% и 60%. Каждый из секторов закрашивается принятым для показа данной отрасли цветом. Суммарные значки могут быть разного вида (см. рис. 3.7).

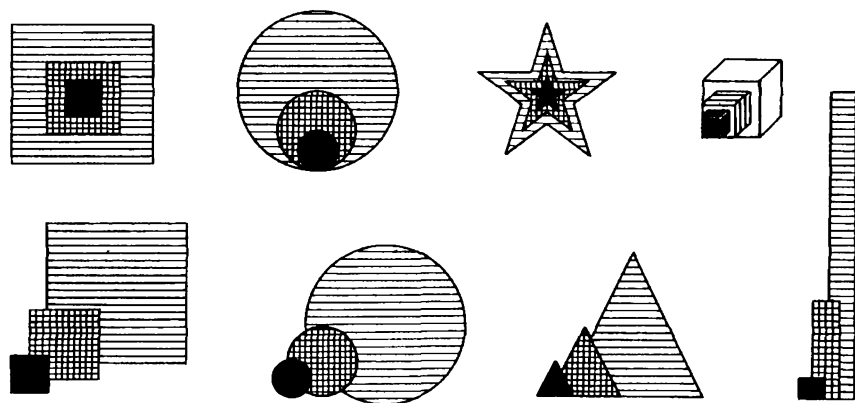
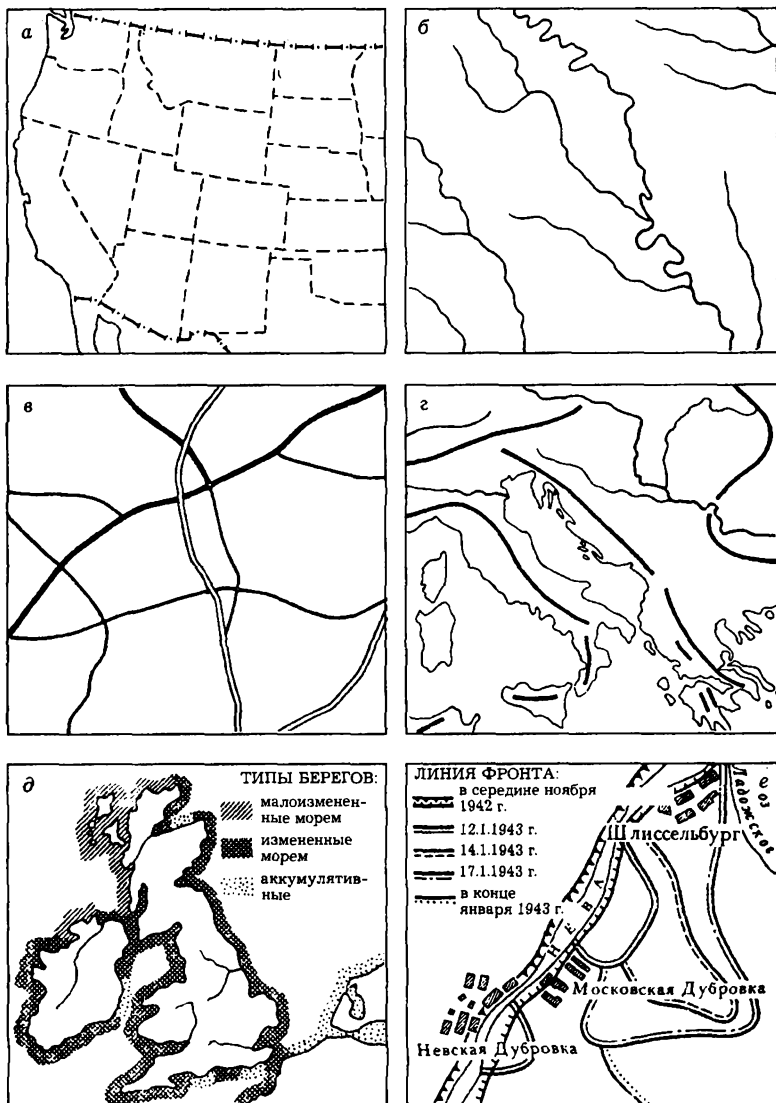


Рис. 3.8. Нарастающие значки различного рисунка



а — политических и административных границ; б — гидрографической сети; в — автомобильных дорог; г — основных направлений альпийской складчатости; д — типов берегов; е — изменяющегося положения фронта (при прорыве блокады Ленинграда в январе 1943 г.; по Атласу офицера, 1974)

Рис. 3.9. Линейные знаки

Изменение (динамику) объектов, например, рост числа жителей в населенном пункте за определенный период времени, возможно передать посредством «нарастающих» значков (рис. 3.8).

3.3 Способ линейных знаков

Линейные знаки используют для изображения строго линейных объектов — границ, береговой линии, дорог и т. п. (рис. 3.9). Объекты при этом могут быть не только реальными, но и абстрактными. Иногда линейные знаки также применяют для показа площадных протяженных объектов, например, зон атмосферных фронтов. Истинное положение объектов определяется по оси условного знака.

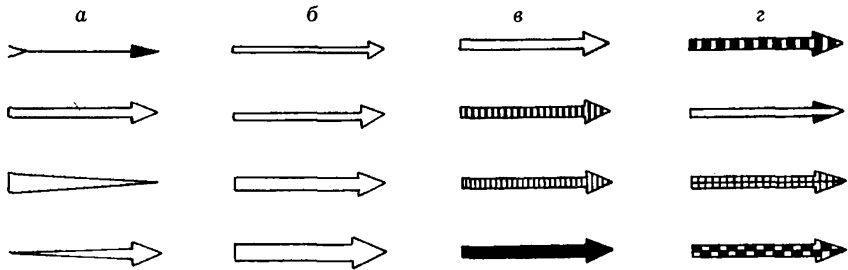
Основные графические средства (графические переменные) для передачи качественных и количественных характеристик линейных объектов — это рисунок, цвет и ширина условного линейного знака. Линейным знаком можно также передать динамику объекта, например, на исторических картах линейными знаками разного рисунка передается положение фронтов в разные моменты времени (рис. 3.9, е).

3.4 Способ знаков движения

Знаки движения используют для показа пространственных перемещений объектов или явлений как природных, так и социально-экономических (перелета птиц, морских течений, миграции населения, перевозки грузов и т. п.). Знаки движения применяют также для показа связей между объектами (финансовых потоков, электронных коммуникаций и т. п.). Знаки движения показывают перемещения объектов любого вида как точечных (движение корабля), линейных (перемещение фронтов), так и площадных (рост площади лавового поля).

Основными графическими средствами способа знаков движения являются *векторы* — *стрелки* и *полосы (ленты)*.

Стрелки могут различаться рисунком, цветом, толщиной, структурой (рис. 3.10, 3.11). Благодаря этим графическим переменным ими можно отобразить количественные и качественные



а — по форме; б — величине (ширине); в — светлоте; г — внутренней структуре

Рис. 3.10. Векторы, различающиеся

характеристики перемещаемых явлений или объектов, а также их структуру.

При отображении количественных характеристик перемещаемых явлений или объектов соизмеримость стрелок, или лент, подобно значкам может быть абсолютной или условной, непрерывной или ступенчатой (рис. 3.12).

3.5 Способ изолиний

Изолинии — кривые на карте, соединяющие точки с одинаковыми значениями количественного показателя, характеризующего картографируемое явление. Этот способ применяется для изображения величины непрерывных и постепенно меняющихся в пространстве явлений. Такими явлениями могут быть температура воздуха, высоты земной поверхности (рельеф), давление воздуха, осадки и т. п. (рис. 3.13).

Всякая система изолиний отображает реальную (рельеф местности), или абстрактную (годовой слой осадков) поверхность. Для построения изолиний сначала на карту наносят точки со значениями картографируемого явления, а затем путем интерполирования подобно построению горизонталей отмечают положение изолиний. Предварительно выбирают *сечение* — разность отметок двух соседних изолиний. При интерполировании соблюдаются определенные правила, которые зависят от самого картографируемого явления. Например, при построении горизонталей оно ведется по склонам и ни в коем случае не проводится через водоразделы или водосборы. При построении изотерм нельзя проводить

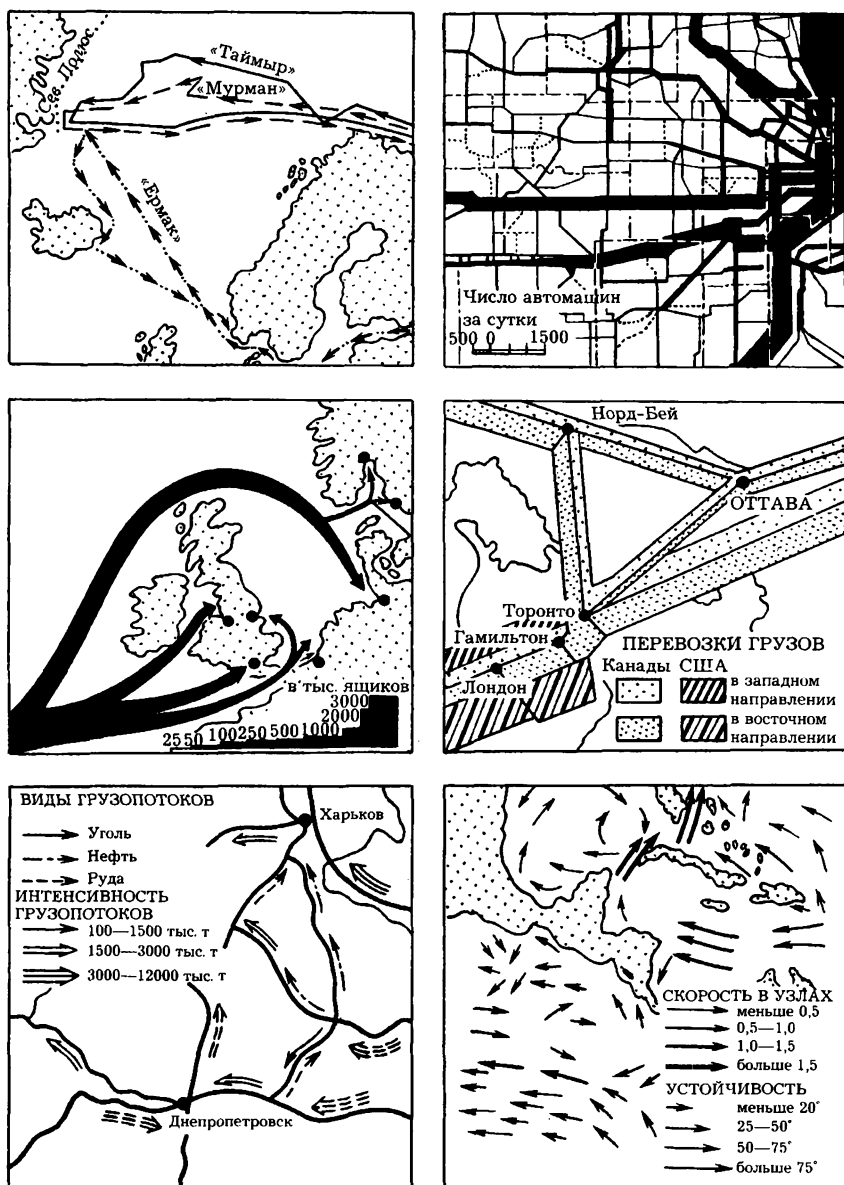


Рис. 3.11. Различные виды знаков движения

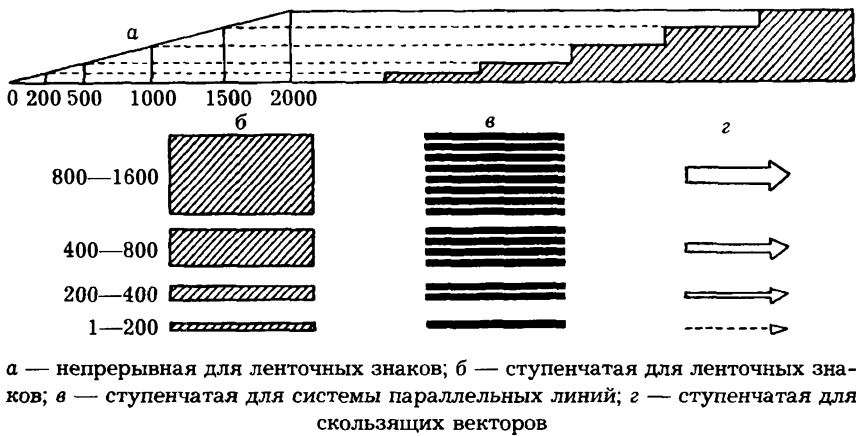


Рис. 3.12. Шкалы потоков

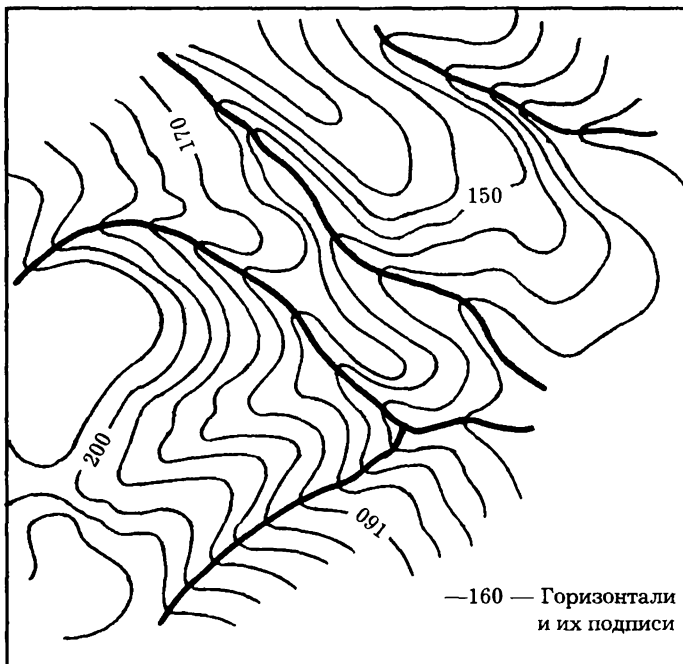


Рис. 3.13. Изолинии

интерполирование между точками, отделенными горными хребтами.

Выбор сечения-интервала, через который будут проведены изолинии зависит от многих факторов: от пределов, в которых колеблются значения явления; от масштаба карты; ее назначения, детальности самих данных. В легенде карты в изолиниях всегда помещается шкала либо пояснительная подпись об интервале. Шкалы бывают с постоянным и переменным сечением. В переменной шкале главное сохранить те изолинии, которые определяют качественные различия в размещении картографируемого явления. Например, при изображении рельефа горизонталями (изогипсами) в переменной шкале должны присутствовать изолинии, отделяющие крупные формы рельефа. Для карт осадков шкалы должны сохранять изолинии, разделяющие зоны избыточного, оптимального и недостаточного увлажнения.

Для повышения наглядности при многоцветном издании карт промежутки между изолиниями окрашивают либо разными цветами, либо одним цветом разной насыщенности (светлоты)

Изолинии — способ, отличающийся высокой информативностью и метричностью, так как он позволяет получить количественную характеристику явления в любой точке карты, а также определить другие производные показатели.

Изолинии пригодны и для характеристики непрерывных и постепенно меняющихся в пространстве явлений в определенный момент. С их помощью можно также показать перемещение явлений (например, поднятие и опускание морского дна), время наступления какого-либо явления (например даты созревания сельскохозяйственных культур, время сева и т. д), повторяемость явления (частота штормов в определенный сезон) и др. Поэтому способ изолиний часто используют для прогнозов.

При чтении изолинейных карт следует помнить, что характеристика явлений достигается не отдельно взятой изолинией, а их совокупностью, всей их системой. Кроме того, на каждой конкретной карте существуют изолинии, которые меняются в зависимости от исходных данных. Так, например, на климатических картах изотермы для определенного времени показывают распределение температур, как было в действительности, среднегодовые же изотермы — эта научная абстракция.

Если способом изолиний показывают явления, лишенные непрерывности и плавности изменения, т. е. дискретные явления,

в этом случае их называют *псевдоизолиниями*. Таковы, например, псевдоизолинии плотности населения. Внешне они ничем не отличаются от изолиний. Однако по существу они принципиально другие. Псевдоизолинии отражают не реальные, а абстрактные поверхности (поля). Построение их также производится несколько иначе, чем изолиний. Здесь используют показатели (как правило средние), полученные в ячейках регулярной или нерегулярной сетки и отнесенные к центрам этих ячеек. Получают эти показатели путем обработки статистических данных. При использовании псевдоизолиний на картах желательно указывать способ расчета показателей, по которым они были построены.

3.6

Качественный и количественный фон

С помощью способа *качественного фона* на картах показывают подразделение картографируемой территории на однородные в качественном отношении участки, которые выделяются по тем или иным природным или социально-экономическим признакам. Этот способ используют для характеристики сплошных явлений или явлений, имеющих массовое распространение. Этот способ тесно связан с дифференциацией территории — ее подразделением по типам местности в соответствии с принятой классификацией по какому-либо признаку (с типологическим районированием). Например с подразделением местности по типам распространенных почв или растительности, типам сельского хозяйства и т. д. Карты такого типа называют *типологическими*.

Однородные по тому или иному признаку участки на карте закрашивают одним цветом (*цветовой фон*) или покрывают одинаковой штриховкой (*штриховой фон*). Иногда при большом количестве типов (а значит и используемых цветов или штриховок) они дополняются индексами или надписями (рис. 3.14).

Использующиеся классификации могут быть построены на основе как одного, так и нескольких признаков. Например, на геологических картах, показывающих геологическое строение картографируемой территории, горные породы сначала делят на осадочные и магматические, затем осадочные разделяют по возрасту, а магматические по петрографическому составу. Сложнее синтетические классификации, сочетающие несколько признаков. Для чтения карт, построенных с использованием таких

При подборе цветов сходным в качественном отношении типам явлений или объектам дают близкие цвета. Для некоторых карт, выполняемых способом качественного фона (например геологических) разработана стандартная шкала цветов. На картах могут быть использованы две характеристики одного и того же объекта или явления. Например, почвы могут характеризоваться по генетическому признаку и механическому составу. Ясно, что две цветовые системы качественного фона не могут перекрывать друг друга. В этом случае цветовой фон совмещают со штриховым фоном.

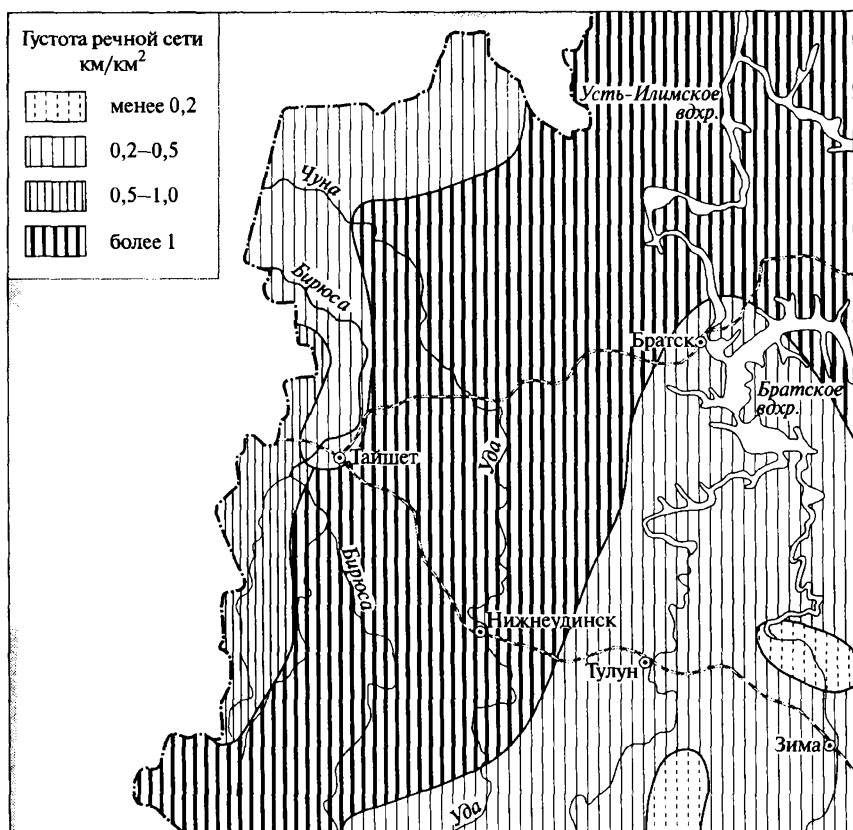


Рис. 3.16. Фрагмент карты густоты речной сети, выполненной способом количественного фона

Способ *количественного фона* применяют для передачи подразделения территории по количественному показателю, например густота речной сети, модуль стока, густота населенных пунктов, средний многолетний сток и т. д. (рис. 3.16). Возможно сочетание качественного и количественного фонов.

3.7 Способ ареалов

Способ ареалов применяют для показа области распространения какого-либо явления, например определенного вида животного или растения. Различают *абсолютные* и *относительные ареалы*. Абсолютным называют ареал, вне которого данное явление не встречается совсем. Относительный ареал показывает территории наибольшей концентрации явления.

Для передачи ареалов на картах используют различные графические средства (рис. 3.17). Они могут ограничиваться сплошной или пунктирной линией, окрашиваться или штриховаться. Кроме того, в пределах ареала могут размещаться индексы, надписи, или значки. Однако, следует четко отличать значки, расставленные внутри ареала от значкового способа, когда каждый значок строго локализован и изображает конкретный объект.



Рис. 3.17. Графические способы показа ареала на карте

Выбор способа оформления ареалов зависит от самого явления. Четкая граница предпочтительна для точно установленных на местности областей распространения явления, без обводки границ даются приближенно установленные области распространения явления.

Разнообразие приемов оформления ареалов позволяет сочетать на одной карте несколько ареалов даже если они перекрывают друг друга.

Способ ареалов находит широкое применение в качестве основного на зоогеографических картах (рис. 3.18), показывающих области распространения различных видов животных. Может он использоваться и как вспомогательный способ. Например, на сельскохозяйственных картах, где качественным фоном даны территории с различными типами сельского хозяйства, области распространения отдельных сельскохозяйственных культур показываются ареалами-значками. Хорошо сочетаются ареалы и с другими способами — значковым, точечным.

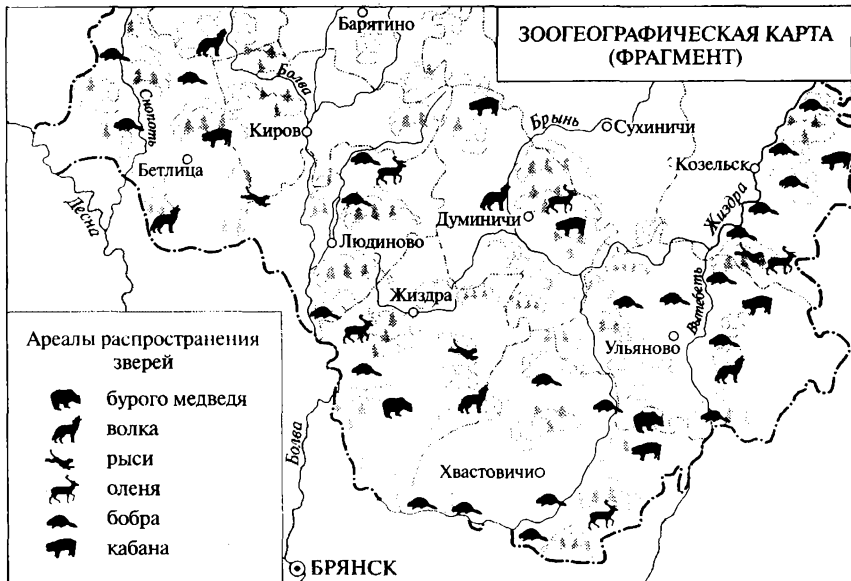


Рис. 3.18. Фрагмент зоогеографической карты, выполненной способом ареалов

Нередко ареалы сопровождаются количественными показателями, выражающими суммарную или среднюю величину явления внутри каждого ареала. Такие ареалы называют количественными.

3.8**Точечный способ**

Точечный способ используют для показа на картах распространения массовых, но не сплошных явлений посредством точек одинакового размера и «веса». «Вес» точки — это присвоенное ей число единиц данного явления. Точки на карте располагаются соответственно фактическому размещению явления. Количество их будет равно величине явления деленному на принятый вес точки. Таким образом, группировка (густота) точек дает наглядную картину размещения явления, а число точек позволяет дать ему количественную оценку (рис. 3.19).

Чаще всего точечный способ применяют для показа размещения посевных площадей, поголовья скота и т. п.

Не простое дело — выбор оптимального «веса» точек. Точки большого «веса» хороши при размещении их в местах большой плотности явления. Однако при этом возникает трудность изображения отдельных групп объектов, меньших, чем «вес» точки. Если же выбрать маленький «вес» точки, то они будут удобны для показа явления в районах с незначительной плотностью данного явления и сольются там, где эта плотность велика. Практически «вес» точки подбирают возможно низким, но таким, чтобы они не сливались между собой. Иногда при большом разбросе показателей приходится использовать точки двух, а иногда и трех «весов». И в районах с малой плотностью явления используют точки с малым «весом», а в районах с большой плотностью явления — точки большего «веса».

Сущность точечного способа не меняется, если точки заменить маленькими фигурками другой формы — ромбиками, прямоугольниками, черточками и т. п. Важно, чтобы каждая принятая фигурка имела «вес», значение которого было указано в легенде карты. Отсутствие «веса» точки в легенде говорит о том, что использован не точечный способ, а способ ареалов.

Существуют два подхода расстановки точек на карте — *статистический* и *географический* (рис. 3.20). При статистическом



подходе точки расставляются равномерно по всей площади, где явление распространено. Поэтому невозможно определить действительное размещение явления. Географический подход расстановки точек на карте позволяет легко определить область размещения явления и подсчитав число точек в данном месте, определить его интенсивность.

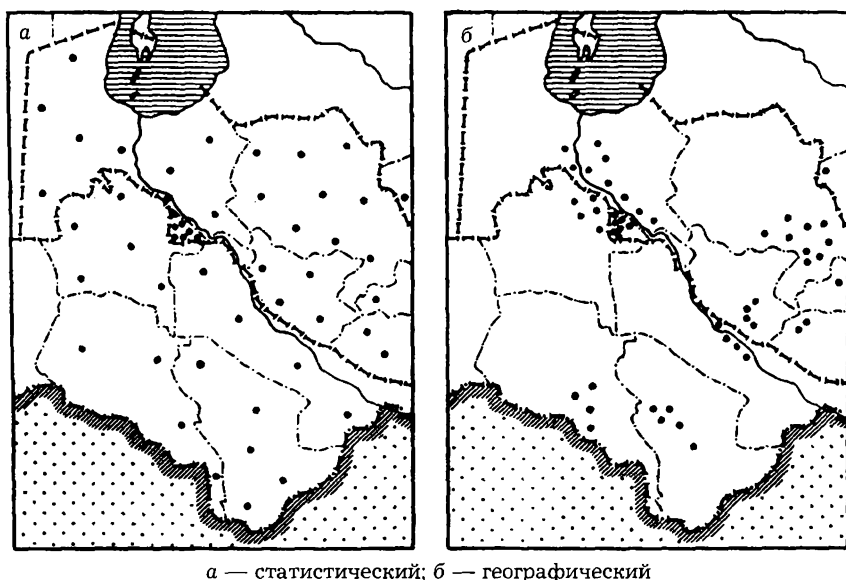
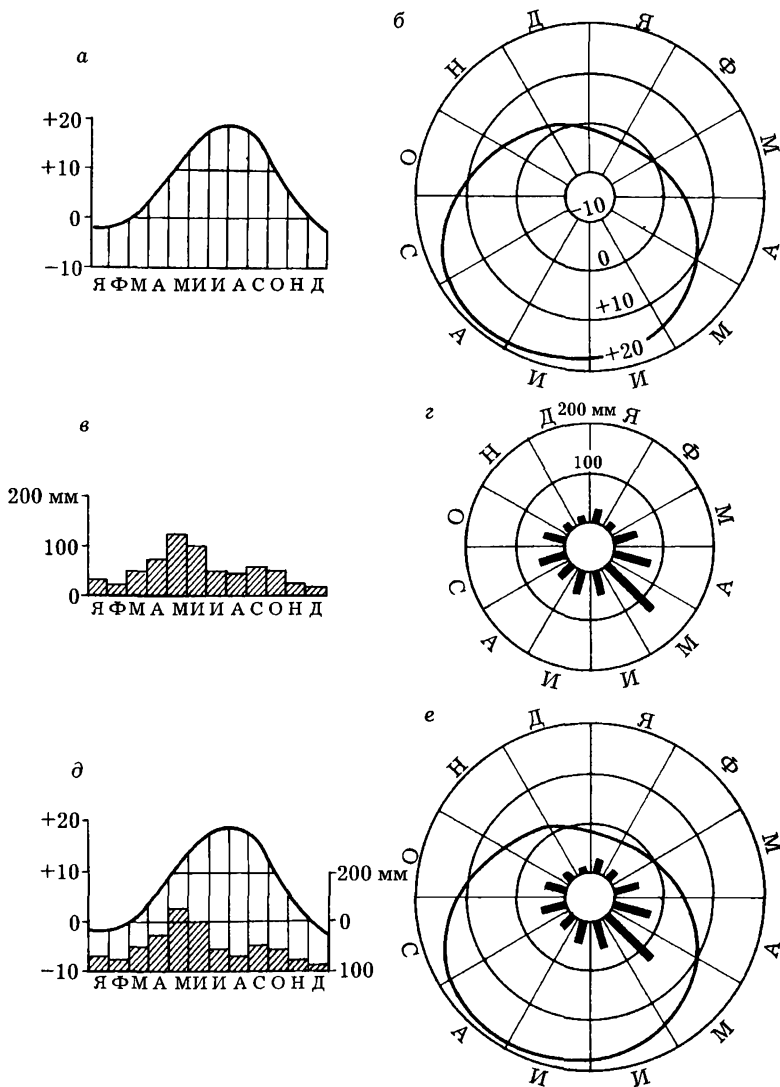


Рис. 3.20. Способы расстановки точек при точечном способе

Точечный способ очень нагляден, хорошо передает реальные особенности размещения явлений, их количество, а также структуру. Так, например, если на ареалах посевных площадей точками различного цвета и «веса» показать размещение различных сельскохозяйственных культур, то по ним можно сказать где, сколько и каких культур произрастает.

3.9 Локализованные диаграммы

Локализованные диаграммы используют большей частью для характеристики сезонных и других периодических явлений, их хода, продолжительности, вероятности. Диаграммы на карте размещаются в пунктах наблюдения этих явлений. Так, например, графики годового хода температур, годового количества осадков или направлений и скорости ветров локализуются в местах размещения метеостанций; диаграммы распределения годового стока реки приурочены к гидропостам, где эти измерения в течение года проводились.



а — распределение температур в декартовой системе координат; б — то же в полярной системе координат; в — столбчатая диаграмма осадков в декартовой системе координат; г — то же в полярной системе координат; д — совмещенная диаграмма распределения температур и осадков в декартовой системе координат; е — то же в полярной системе координат

Рис. 3.21. Локализованные диаграммы

Диаграммы, отображающие изменения во времени какого-либо показателя, могут быть построены в декартовой или полярной системе координат (рис. 3.21).

В одной диаграмме можно совместить несколько показателей. Хотя диаграммы или графики размещаются в строго определенных пунктах, они все же характеризуют и прилегающее пространство.

Широкое применение нашли графики распределения повторяемости направлений и величины (скорости) ветров, построенные в виде так называемых «роз», разнообразие которых весьма велико (рис. 3.22—3.25).



**Рис. 3.22. Применение локализованных диаграмм
для характеристики повторяемости и скоростей ветра**

Локализованные диаграммы в отличие от значкового способа используют для явлений сплошного или линейного распространения. Но дают они дискретное изображение этих явлений. Значки же применяют для дискретных явлений (объектов).

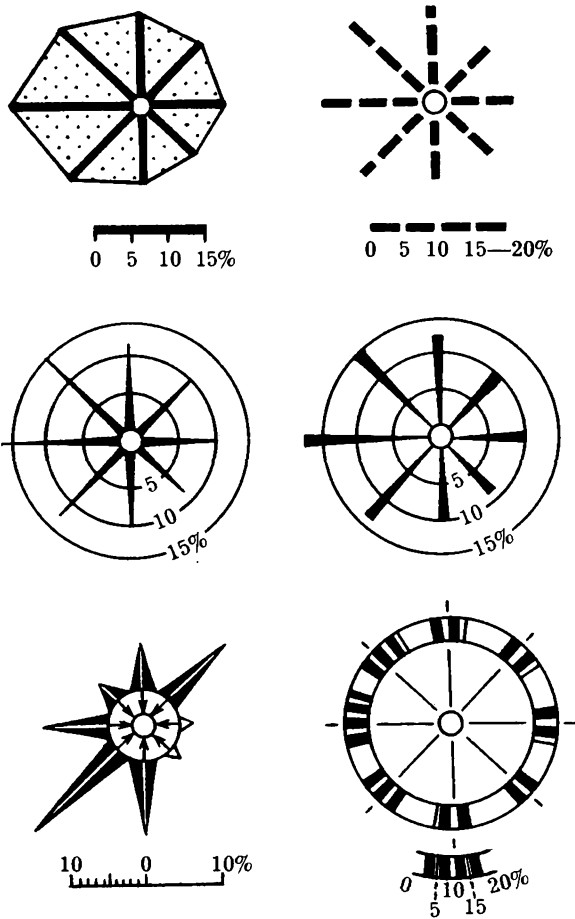
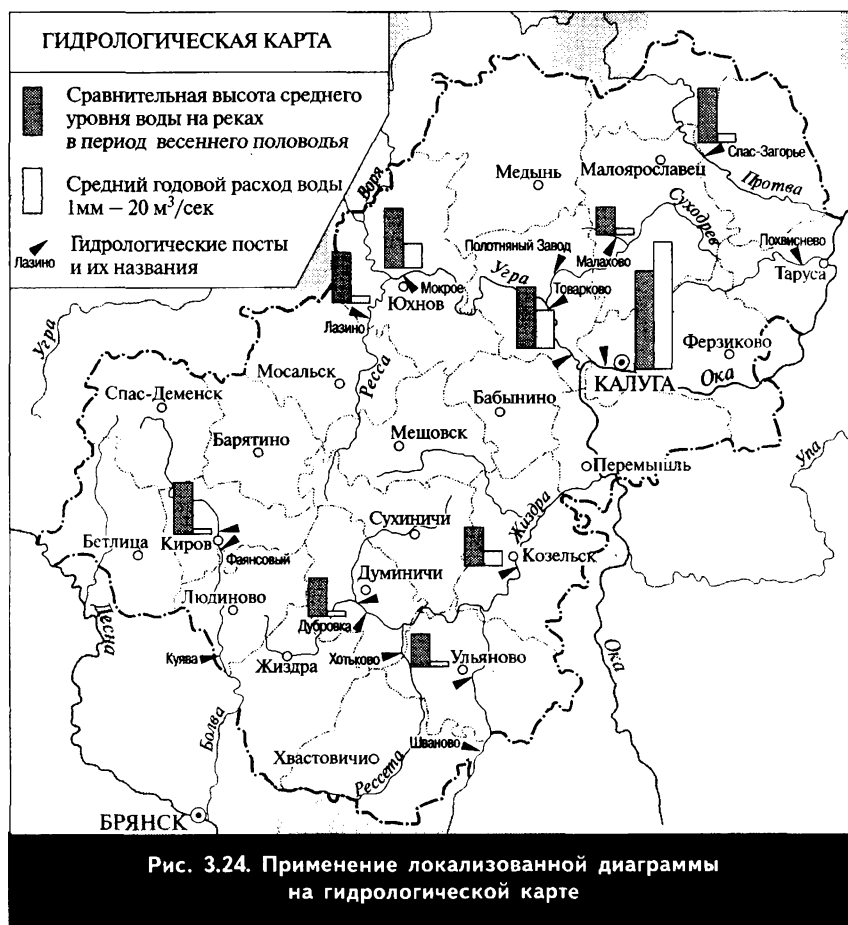


Рис. 3.23. Различные виды «роз» — графиков повторяемости направлений и величины явления

3.10 Картограмма

Картограммой называют способ изображения относительных показателей по единицам какого-либо территориального деления, чаще всего административного. Например, валовой внутренний



продукт на душу населения по странам, средняя плотность населения по областям, количество тракторов на 100 га пахотных земель и т. д. Как видно из примеров, это всегда расчетные показатели. В первом случае, общий валовой продукт, деленный на число жителей, во втором случае — число жителей каждой из областей на их площадь и т. д.

Для показа распределения этих относительных показателей строят ступенчатую (интервальную) шкалу интенсивности и каждую территориальную единицу (страну, область, район)

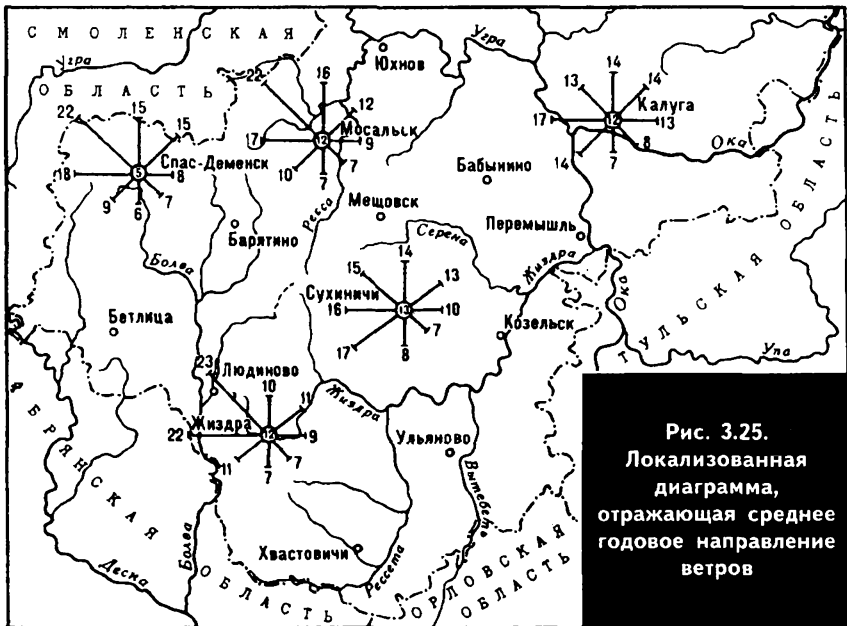


Рис. 3.25.
Локализованная
диаграмма,
отражающая среднее
годовое направление
ветров

Цифры у стрелок обозначают повторяемость ветра данного направления в процентах от общего числа наблюдений без штилей. Цифра в центре — среднее число штилей за год

раскрашивают или штрихуют в соответствии с той ступенью шкалы, показатель картографируемой единицы которой соответствует. Таким образом по насыщенности цвета (или штриховки) на карте можно судить об интенсивности картографируемого явления (рис. 3.26).

Формально, вычисляя показатели, можно построить картограммы по сетке квадратов (рис. 3.27).

Достоинством картограммы является простота ее построения и наглядность. Но она не показывает различий в интенсивности явления внутри территориальных единиц, которые могут быть весьма велики. Более объективными являются картограммы при увеличении дробности территориального деления, например при переходе от стран к областям, от областей к районам. Еще более объективной картограмма становится при переходе от административного (искусственного) деления к естественному районированию.

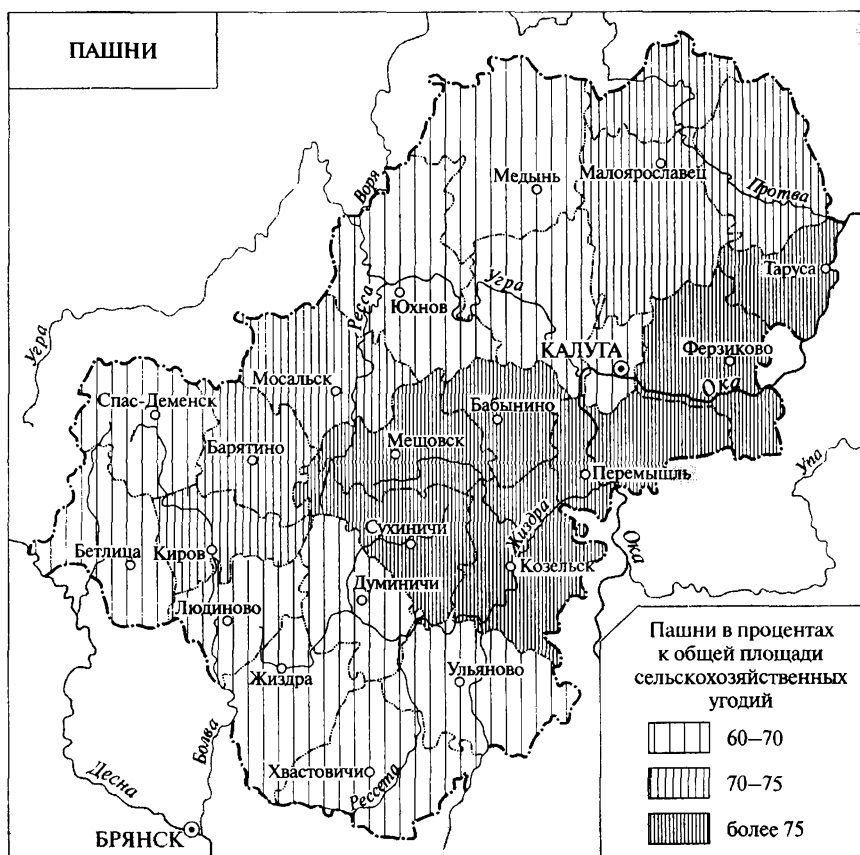


Рис. 3.26. Карта «Пашни»,
выполненная способом картограммы

Очень важен вопрос выбора (разработки) шкалы, т. е. определения количества ступеней и границ ее интервалов при построении картограммы. Здесь важно учитывать целый ряд факторов: специфику региона, назначение карты, характер картографируемого явления и его амплитуду (разность между максимальным и минимальным значением показателя) в пределах картографируемой территории (статистический ряд показателей), качество самих исходных данных и др. Кроме того, следует учитывать возможности полиграфии воспроизводить,

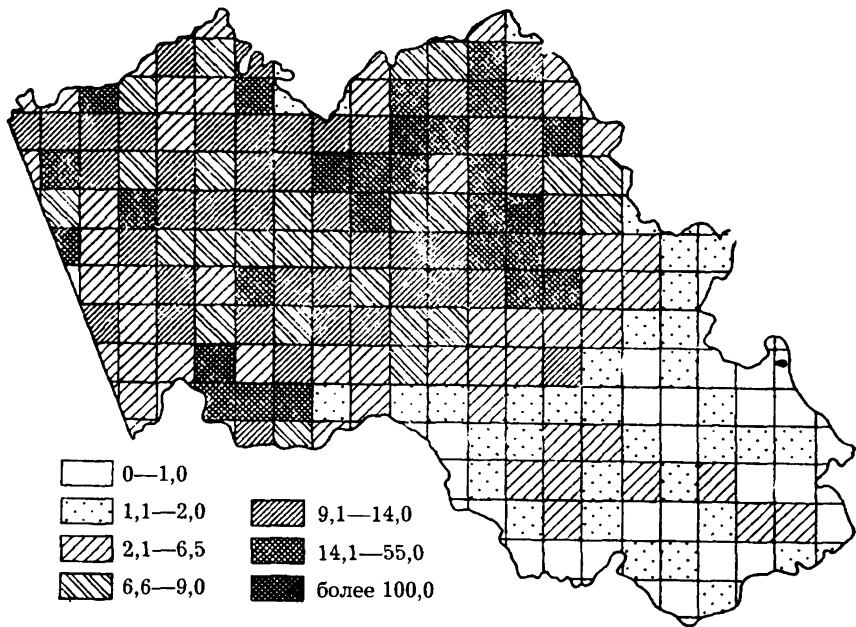


Рис. 3.27. Картограмма плотности населения Алтайского края, построенная по сетке координатных линий

а человеческого глаза различать оттенки цветов. Опыт показывает, что количество оттенков легко различаемых читателем составляет примерно шесть—восемь, значит и число ступеней в шкале картограммы не должно превышать это число.

Можно строить шкалы в арифметической или геометрической прогрессии или какой-либо другой зависимости, но в любом случае лучшими будут те, в которых на каждую ступень приходится примерно одинаковое количество картографируемых территориальных единиц. Многие компьютерные программы, как графические, так и ГИС позволяют строить картограммы автоматически. Однако, принципы построения шкал при этом выбирает исполнитель. При всем богатстве «ума» компьютер делает это формально и он не может оценить качество предложенной шкалы.

3.11

Картодиаграмма

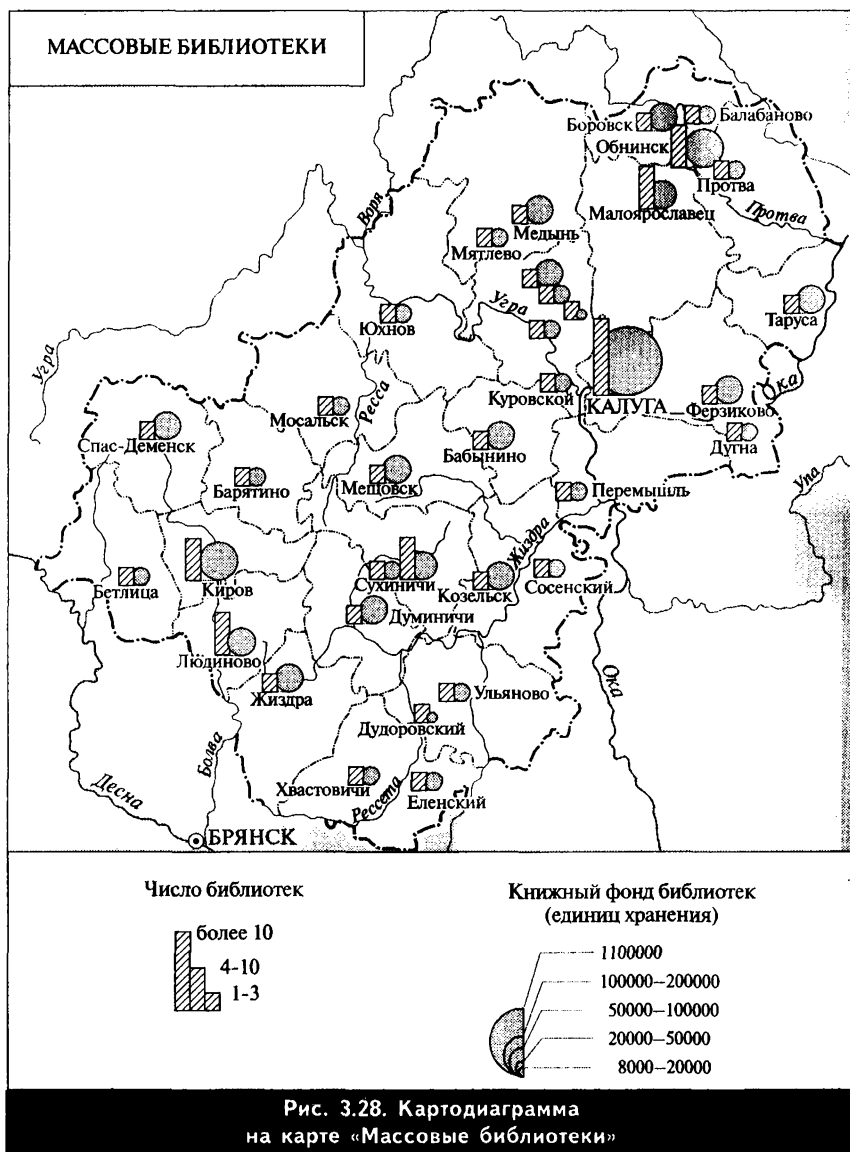
Картодиаграмма — это способ изображения абсолютных статистических показателей по единицам территориального деления, чаще всего политико-административным, посредством диаграмм, размещаемых внутри этих единиц. Картодиаграммы широко используются на социально-экономических картах, так как многие статистические данные обрабатываются не по отдельным населенным пунктам или объектам, а суммарно по административным единицам — областям, районам и т. п. Использование картодиаграммы позволяет как бы пространственно локализовать статистические данные.

Различают линейные (столбчатые), площадные и объемные диаграммы (рис. 3.28). В линейных диаграммных фигурах высота (длина) столбика пропорциональна величине показателя, в площадных (квадратах, кругах и т. п.) — площадь диаграммы пропорциональна показателю, в объемных (кубах, шарах и т. п.) используется кубическая зависимость.

Диаграммные фигуры могут быть структурными, если их делят на части в соответствии с составом (структурой) отображаемого показателя. Например, диаграмма численности населения в области может быть разбита на части, каждая из которых соответствует доле занятости населения в промышленности, сельском хозяйстве и в сфере услуг. Для показа структуры могут быть использованы и другие фигуры (рис. 3.29). Применяют также двухмерные и трехмерные диаграммы, отображающие два или три независимых, но взаимосвязанных показателя, например посевная площадь и средняя урожайность, показанные в виде сторон прямоугольника, площадь которого выражает валовой сбор по каждой территориальной единице.

Диаграммные фигурки, также как значки и линии движения (см. рис. 3.2, 3.4), могут быть построены и в ступенчатой равно- и неравноинтервальной шкале.

По внешнему виду картодиаграмма весьма напоминает значковый способ. Но по сути они сильно различаются. Значки показывают положение объектов и не связаны с территориальными единицами, они должны быть точно локализованы. Картодиаграмма отражает значение определенного показателя в границах



территориального деления и без ущерба для смысла может быть достаточно свободно размещена внутри данной территориальной единицы.

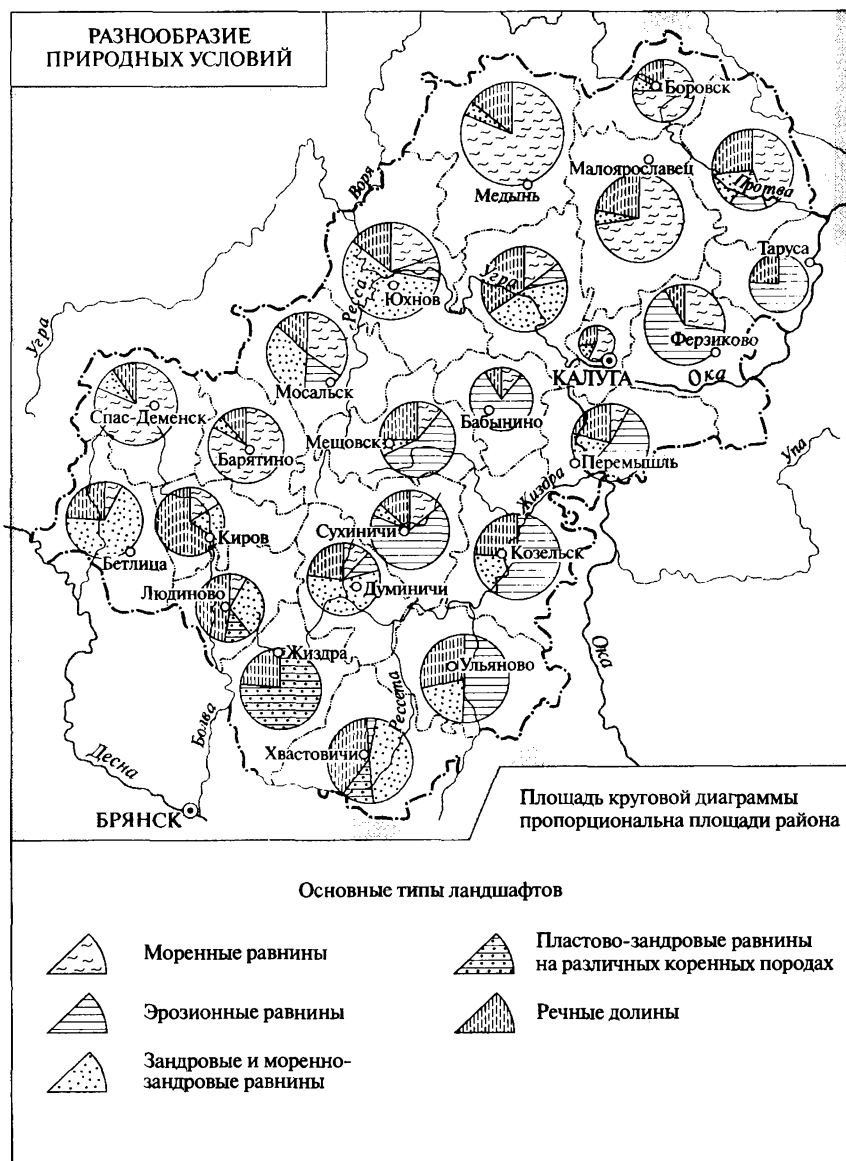


Рис. 3.29. Структурная картодиаграмма на карте «Разнообразие природных условий»

3.12

**Совместное применение
различных способов изображения**

Для передачи одного и того же явления на картах можно использовать различные способы изображения. Например, на климатических картах температура воздуха может быть показана способом изолиний и локализованных диаграмм, ветры — знаками движения и также локализованными диаграммами (розами). Это зависит от ряда обстоятельств и в первую очередь от самого явления, характера его размещения и свойств, а также исходных данных.

Для многосторонней характеристики явления целесообразным является использование на одной карте нескольких способов. Так, например, для отображения расселения народов используют способ качественного фона и ареалы для контуров не выражающихся по площади в масштабе карты. Территории с различными типами сельского хозяйства на общеэкономических картах также показывают способом качественного фона, а распространение отдельных видов сельскохозяйственных культур — способом ареалов (рис. 3.30). Для характеристики землетрясений уже используют три способа картографического изображения: эпицентры землетрясений — значками, сейсмотектонические линии — линейными знаками, сейсмичность территории — способом изолиний. Весьма распространенным также является комплексирование способов картограммы и картодиаграммы, использующихся, как правило, для отображения относительных и абсолютных показателей одного и того же явления, а также картограммы и точечного способов (рис. 3.31).

С другой стороны, на одной и той же карте может быть использован один и тот же способ для показа различных явлений или объектов. На общеэкономических картах значковым способом показаны электростанции, центры добывающей и обрабатывающей промышленности. При этом, конечно, виды значков для различных категорий объектов отличаются.

Влияние масштаба карты на выбор способа изображения можно проследить на примере изображения населенных пунктов на крупномасштабных картах площадным знаком (способом ареалов) и на мелкомасштабных картах — пунсонами (значковым способом) (рис. 3.32).

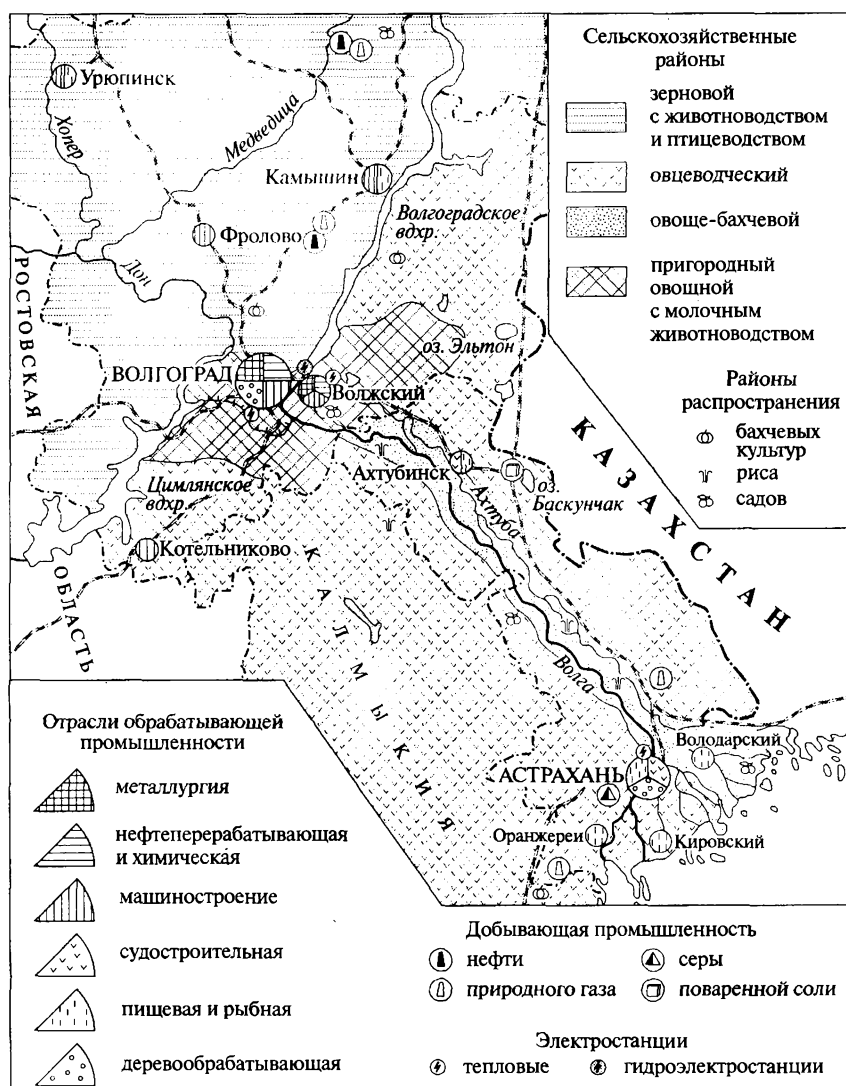
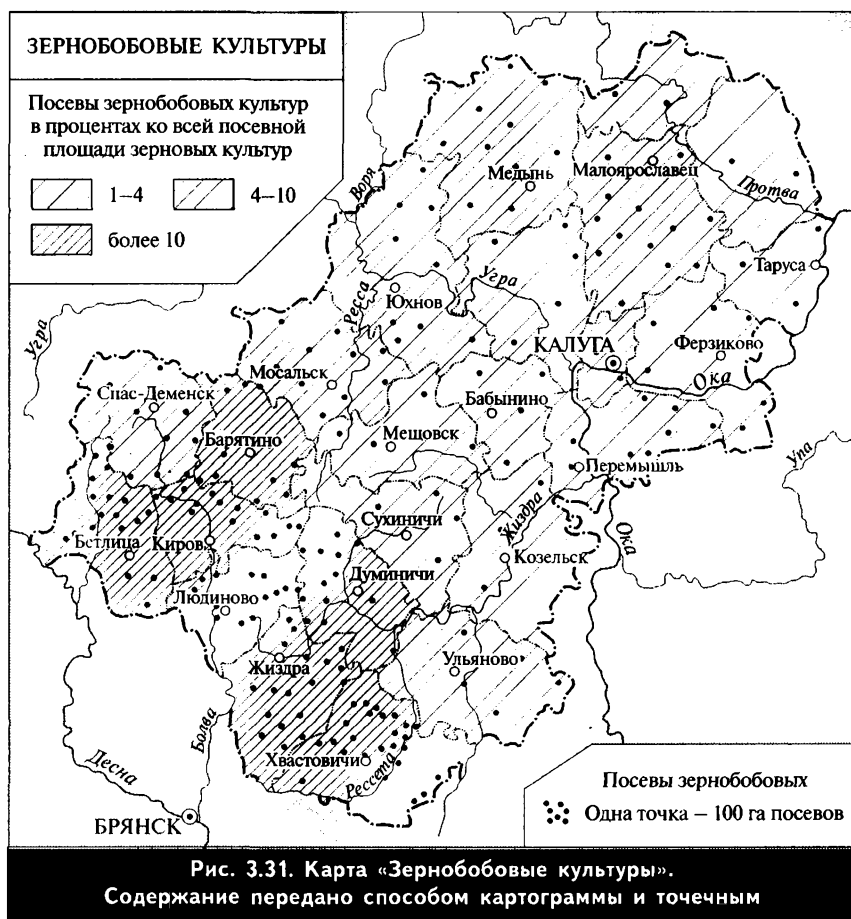


Рис. 3.30. Фрагмент общеэкономической карты. Районы с различными типами сельского хозяйства показаны качественным фоном. Районы распространения отдельных сельскохозяйственных культур — способом ареалов



Правила «грамматики» языка карты диктуют использование определенных способов картографического изображения для конкретных явлений и объектов, обладающих определенными свойствами. Изолинии — только для сплошных (повсеместно распространенных) и постепенно меняющихся явлений, линейные знаки — для линейных объектов, знаки движения — для показа перемещения объектов или явлений и т. д. Об этом было сказано при рассмотрении каждого конкретного способа картографического изображения. Однако из этих правил бывают исключения. Например, достаточно традиционным стало употребление способа изолиний для передачи на картах размещения сельского населения (псевдоизолинии) (рис. 3.33).

НА КАРТАХ МАСШТАБОВ

1:1 000 000—1:1 500 000

1:2 500 000

1:3 750 000—1:10 000 000



более 1 000 000 жителей



от 250 000 до 1 000 000 жителей



от 100 000 до 250 000 жителей



от 50 000 до 100 000 жителей



от 10 000 до 50 000 жителей



менее 10 000 жителей

Рис. 3.32. Влияние масштаба карты на выбор способов изображения населенных пунктов

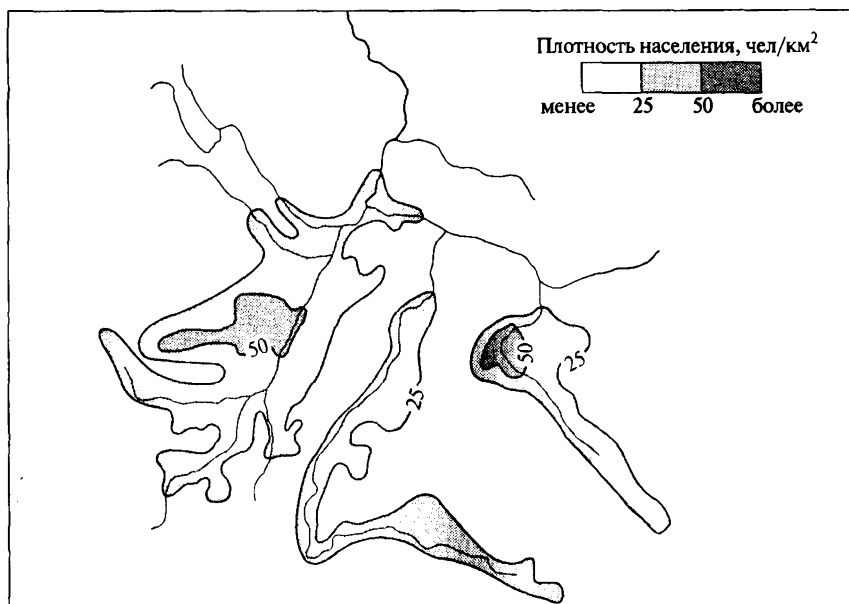


Рис. 3.33. Использование способа изолиний для отображения плотности населения

3.13 Надписи на географических картах

Важным элементом любой географической карты являются надписи. Без них карта мертва. Выделяют три группы надписей на карте. Это *топонимы* (собственные названия объектов картографирования), *термины* (географические, геологические, социально-экономические и др.) и *пояснительные надписи* (качественные и количественные характеристики, хронологические данные, пояснения к географической сетке и т. д.). Для передачи собственных названий, терминов и пояснительных подписей на географических картах используют разнообразные картографические шрифты, которые в зависимости от графических признаков различаются по наклону букв (прямые и курсивные с наклоном вправо и влево), их ширине (нормальные, узкие и широкие), светлоте (светлые, полужирные и жирные) и наличию подсечек. Различаются они также высотой букв — *кеглю*.

Для каждого рода географических объектов, на картах используют разные шрифты. Так, гидрографию на отечественных картах принято подписывать гидрографическим курсивом — наклонными буквами синего цвета. Определенный рисунок шрифта названия нередко отражает качественные различия объектов одного и того же рода. Например, на топографических картах все судоходные реки подписывают заглавными наклонными буквами синего цвета. Тогда, как несудоходные реки — строчными буквами того же шрифта. По шрифту названия населенного пункта судят о типе этого объекта. Для подписей городов на топографических и обзорно-топографических картах применяют прямые заглавные шрифты. Поселки городского типа подписывают наклонным заглавным шрифтом, сельские населенные пункты — наклонным строчным.

Для отображения количественных различий объектов одного и того же рода, как правило, используют шрифты различных кеглей. Например, населенные пункты с большой численностью населения подписываются на картах шрифтами с большей высотой букв, чем населенные пункты с меньшим числом жителей. Различные кегли шрифта применяют также для передачи соподчинения объектов одного и того же рода. Например, основные хребты и главные реки подписывают шрифтами более крупных кеглей, чем их отроги и притоки.

Надписи обогащают карту, но могут при большом количестве и неправильном их размещении ухудшить ее читаемость. Поэтому следует их размещать так, чтобы, во-первых, читатель однозначно мог определить к какому объекту относится название, во-вторых, чтобы подписи не закрывали условные знаки и не пересекали контура.

Размещение надписей зависит от характера самих объектов. Для объектов, локализованных в пунктах, например населенных пунктов, промышленных центров и т. п., надпись дается рядом (справа, слева или сверху, снизу). При этом подпись может располагаться строго горизонтально параллельно северной и южной рамкам карты, либо параллельно параллелям (рис. 3.34).

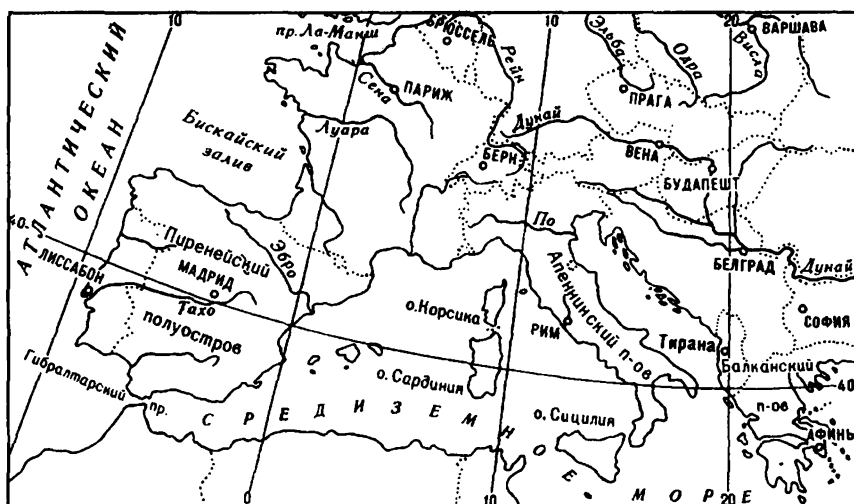


Рис. 3.34. Размещение надписей разных типов географических объектов

Линейные объекты (реки, маршруты судов и т. п.) подписываются вдоль линии, отображающей их на карте. При этом подпись должна плавно повторять изгибы линейного знака объекта.

На площадных объектах надпись располагается вдоль наибольшей протяженности контура в разрядку так, чтобы она протягивалась по всей площади, повторяя его изгибы. Лишь для объектов небольшой площади, например для малых озер, подпись дается рядом и размещается по тому же принципу, что и для объектов локализованных в пунктах.

Элементы содержания	Шрифт	Размер (мм)	Цвет
Улицы: — автомагистрали (основные проезды) — главные проезды — прочие проезды	Pragm. Cond. Bold загл. ПРИМОРСКОЕ ШОССЕ загл. НЕВСКИЙ ПРОСПЕКТ загл. УЛ. РЫЛЕЕВА	2,3 2,1 1,9	черн.
Площади	MonoCond. Bold загл. ДВОРЦОВАЯ пл.	1,5	черн.
Мосты (жел. дор., автодор.)	Pragm. Cond Bold строчн. Троицкий мост	2,1	черн.
Залив	Pragm. Italic загл. ФИНСКИЙ ЗАЛИВ	5,0	
Реки: — судоходные — прочие реки, каналы — пруды, озера, водохранилища	Pragm. Italic загл. НЕВА строчн. <i>Охта</i> строчн. <i>Верхнее озеро</i>	4,0 2,2 2,0	син.
Острова	строчн. Васильевский о. Заячий о.		
Леса, парки, кладбища	Antiqua Bold Italic строчн. Приморский парк Победы <i>Ботанический сад</i>	2,8 2,1	черн.

Рис. 3.35. Виды компьютерных шрифтов для оформления карты, г. Санкт-Петербург

При разработке шрифтового оформления любой географической карты картографы в первую очередь заботятся о ее читаемости. На сильно загруженных надписями картах применяют двуплановость изображения. Наиболее важные объекты подписывают крупным и более ярким шрифтом, для второстепенных выбирают более мелкие и светлые шрифты.

Для оформления вспомогательных и дополнительных элементов карты — легенды и ее разделов, названия карты и карт-врезок используют оригинальные художественные шрифты, отличающиеся графическим рисунком, объемностью, орнаментировкой, цветом и таким образом повышающими эстетичность всей карты.

Современные компьютерные библиотеки шрифтов содержат практически неограниченное их число шрифтов, отличающихся графическим рисунком, шириной и соотношением элементов букв (рис. 3.35). Кроме того, графические программные продукты позволяют создавать шрифты, удовлетворяющие каким-либо специальным требованиям.

3.14

Названия на географических картах. Формы передачи иноязычных названий

Названиям, помещаемым на географическую карту, или упоминающимся в географических трудах уделяется самое пристальное внимание, так как карта с неправильными названиями — это справочник с ошибочными данными.

Всесторонним изучением географических названий — их происхождения, изменения, написания, произношения и т. п. занимается специальная дисциплина — *топонимика*, использующая данные лингвистики, истории географии. *Картографическая топонимика* — раздел картографии, занимающийся вопросами выбора географических названий объектов и их правильной передачей на географических картах.

С вопросами выбора названий картографам приходится сталкиваться, если географический объект имеет два или несколько собственных названий. Такие случаи бывают при создании карт многонациональных государств. Такова ситуация в Бельгии, стране с двумя государственными языками — фламандским и французским — многие названия существуют во фламандской и французской формах (например, Антверпен и Анверс, Брюгге и Брюж

и т. п.). В Швейцарии, где параллельно используются названия на немецком, французском и итальянском языках, в России (Башкирия и Башкортостан, Татария и Татарстан, река Белая и Аkitиль и др.).

Многие объекты большой протяженности, располагающиеся в пределах нескольких государств, также имеют разные названия. Например, реку Дунай в Германии и Австрии называют До-нау, в Болгарии — Дунав, румыны — Дунэря, в Венгрии — Дуна. Острова, именуемые англичанами Фолклендскими, аргентинцы называют Мальвинскими. Можно привести еще множество примеров разноименности одного и того же географического объекта на пограничных территориях. Для карт России и территории бывшего СССР, издаваемых на русском языке, помещают русские названия, принятые в официальных изданиях (например Армения, вместо армянского Айастан), или закрепленные многолетней практикой (река Белая при башкирском ее названии Аkitиль, город Николаев вместо украинского Миколаив и т. д.). При отсутствии русского названия предпочтение отдается национальному названию с воспроизведением его знаками русского алфавита.

Из-за различий алфавитов (латинского, русского, армянского, арабского и т. д.) значительные трудности возникают при передаче иностранных названий знаками другого языка. Кроме того, один и тот же звук, например, звук «ш» в различных алфавитах передается различными сочетаниями букв: в немецком — Sch, в английском — Sh, в чешском — Š и т. д. Некоторые звуки одного языка в других языках и вовсе отсутствуют (например носовые французские гласные). Все это приводит к невозможности передачи истинного звучания многих иноязычных названий средствами национального алфавита.

Существует несколько форм передачи иноязычных названий на картах:

- местная официальная;
- фонетическая;
- транслитерация;
- традиционная;
- переводная.

Местная официальная форма предполагает написание названий географических объектов на государственном языке страны, где располагается объект. Эта форма применима лишь для стран

с одним алфавитом, например латинским. При этой форме передачи названий истинное произношение топонима не раскрывается. Так, название столицы Венгрии Будапешт в этом случае должно быть передано как Budapest и англичанами и французами, пользующимися также латинским алфавитом, будет произноситься как Будапест.

Фонетическая форма стремится воспроизвести возможно точное местное звучание (произношение) топонима при передаче его буквами алфавита другого языка. Например, названия Болгария, Кельн — фонетические формы страны Бългaрия и немецкого города Koln. Однако для многих названий из-за различия звуков в национальных алфавитах употребление фонетической формы затруднено и даже невозможно. Особые сложности возникают при воспроизведении на русских картах китайских, японских, арабских топонимов. Поэтому очень часто эту форму называют *условно-фонетической*. Недостаток этой формы передачи названий состоит в том, что она скрывает истинное написание топонима.

Транслитерация — форма, предполагающая побуквенный переход от одного алфавита к другому без учета произношения. В этом случае Paris должен быть подписан на русских картах как Парис, Iowa — как Иова. Очень часто на западно-европейских картах эту форму используют для передачи русских названий.

Традиционная форма представляет собой передачу иноязычного названия в форме, отличающейся от оригинала, в форме, укоренившейся в языке стран, издающей карту. Примеров можно привести множество. Государства Эстеррейх, Чжунго, Норье, Сакартвело, Эллас, на русских картах подписывают соответственно Австрия, Китай, Норвегия, Грузия, Греция. Французскую столицу Парис русские произносят как Париж.

К традиционным относят также и оригинальные, но частично руссифицированные названия. Например, острова Канариас в русском языке звучат как Канарские острова, английская река Темс — Темза, море Карибиен — Карибское море, горы Аппенино — Аппеннины и т. п.

Переводная форма заключается в передаче названия по его смыслу. В основном эта форма применяется для названий объектов, традиционно передающихся в переводном виде. Таких случаев не так уж много. Например, мыс Доброй Надежды, Огненная Земля, острова Зеленого Мыса, Берег Слоновой Кости, Черное

море, Скалистые горы и т. д. Достаточно часто встречается частичный перевод названия, например, Новый Орлеан, Южный Уэльс, Большой Хинган и т. п.

Нормализацией наименований, т. е. выбором названий и определением правил их передачи на картах занимаются специальные национальные и международные топонимические комиссии.

Разработкой правил и инструкций по передаче иноязычных названий на российских картах занимается специальное подразделение Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК) им. Ф.Н. Красовского. Нормализация названий производится в соответствии с правилами и традициями русского языка и других языков народов России. На всех картах, в атласах, словарях и справочниках и каталогах должны использоваться только нормализованные наименования географических объектов.

Глава 4

КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ

4.1

Сущность и факторы картографической генерализации

Важнейшее свойство карт как образно знаковых моделей действительности состоит в возможности непосредственно обозревать территории любых размеров, будь то район, область, страна, материк или даже Земля в целом. Это свойство основано на использовании масштаба и передаче картографируемых явлений в генерализованном виде.

Картографическая генерализация — это отбор и обобщение изображаемых на карте объектов соответственно назначению, масштабу карты и особенностям картографируемой территории.

Основной смысл генерализации — отображение картографируемой части действительности в ее основных типических чертах и характерных особенностях.

В самом определении генерализации указаны основные факторы, влияющие и определяющие ее: назначение карты, ее масштаб и особенности картографируемой территории. К ним следует еще добавить *тематику* карты.

Воздействие назначения карты на ее детальность станет очевидным из сравнения двух карт одного и того же содержания (например общегеографических) и масштаба (например 1:5 000 000), одна из которых научно-справочного назначения, а другая для преподавания в средней школе. На первой помещается множество географических объектов, изображаются они точно и детально. На второй та же территория будет показана более схематично, ярче и крупнее. Крупность условных обозначений и шрифтов оказывает большое влияние на картографическую генерализацию (рис. 4.1).

Тематика карты указывает главные, существенные элементы содержания карты. Например, карты 1:2 500 000 общегеографическая и гипсометрическая на территорию России. И на той,

и на другой карте изображается рельеф, но он будет показан на гипсометрической карте более подробно. Населенные же пункты, наоборот, на общегеографической карте являются одним из основных элементов содержания и в этой связи показываются подробно, на гипсометрической же карте они имеют значение ориентиров и поэтому подвергаются сильному отбору и обобщению.

Влияние *масштаба* не ограничивается только технической стороной дела — уменьшением или увеличением общего размера территории. Различный пространственный охват влечет различную оценку деталей. Что для территории малого размера, например, района будет важной деталью, то для территории значительно большей (области или страны), куда входит данный район, может оказаться второстепенным или совсем потерять значение. Например, районная административная карта должна подробно показать сеть местных грунтовых дорог. На карте же государства эти дороги — балласт, поскольку на ней важно видеть государственные и межобластные транспортные связи. То есть генерализация, связанная с масштабом, с уменьшением общего размера изображения, необходима не только из-за того, что мало места, но и по существу.

Значение третьего фактора генерализации — *своеобразия картографируемой территории* — легко уяснить, вспомнив основную цель генерализации — стремление воспроизвести на карте с возможной силой и объективностью характерные особенности территории. Одни и те же объекты или их свойства по-разному оцениваются для различных территорий. Колодцы, исключаемые из содержания топографических карт центральных частей России, являются важным элементом на тех же картах в пустынных и полупустынных областях. Отметок высот в горных районах на 1 кв. дм на карте должно быть проставлено гораздо меньше, чем в таких районах, как Прикаспийская низменность, где в лиманах малые изменения высоты вызывают резкие изменения в условиях земледелия.

Среди других факторов, влияющих на картографическую генерализацию, следует назвать источники составления. Например, при отсутствии на исходной карте данных по плотности населенных пунктов этот признак не может быть показан на проектируемой карте.

Наконец, на генерализацию влияет избранная система условных знаков.

4.2 Виды генерализации

В процессе генерализации картографического изображения производится отбор картографируемых явлений, обобщение качественных и количественных характеристик, упрощение плановых очертаний изображаемых объектов, замена отдельных объектов их собирательными обозначениями.

Отбор картографируемых явлений — это ограничение содержания карты необходимыми явлениями и объектами и исключение прочих (даются только необходимые с точки зрения назначения карты, тематики, масштаба и географических особенностей территории). Отбор производится путем установки *цензов*, т. е. границ отбора объектов разных категорий. Цензы могут быть *исключающими* и *избирательными*.

Другой путь отбора — разработка *норм отбора*, которые указывают в соответствии с густотой объектов на местности или на карте-источнике (например, количество населенных пунктов на 1 кв. дм). Цензы и нормы отбора устанавливают в процессе редактирования карты, исходя из назначения, масштаба, специфики картографируемой территории, тематики и меняют для различных районов, чтобы учесть и отобразить на карте особенности размещения объектов, их густоту.

Обобщение количественных характеристик состоит в переходе от непрерывной шкалы к ступенчатой и далее в укрупнение интервалов(ступеней). Иллюстрацией может служить сокращение числа ступеней в группировке населенных пунктов по их людности, при котором интервалы ступеней расширяются. При переходе от топографических карт к картам масштаба 1:1 000 000

карта 1:100 000

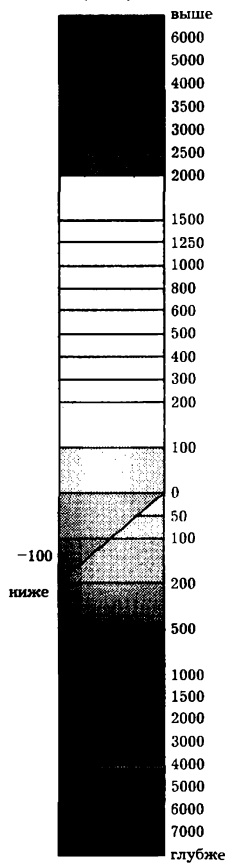
Более 1000 жителей
500 — 1000 жителей
100 — 500 жителей
менее 100 жителей

карта 1:1 000 000

Более 1000 жителей
менее 1000 жителей

Характерный пример этого вида генерализации — изменение высот сечения рельефа на топографических картах или ступеней высот в шкалах рельефа на мелкомасштабных картах (рис. 4.2).

РЕЛЬЕФ СУШИ
И МОРСКОГО ДНА
(в м)



а

Высота сечения рельефа на топографических
картах России, м

Территории	Масштабы					
	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000
Плоскоравнинные открытые	2,5	2,5	10	20	20	50
Плоскоравнинные заселенные	2,5	5	10	20	20	50
Равнинные пересеченные, холмистые, а также песчаные пустыни	2,5	5	10	20	20	50
Горные и предгорные	5	5	10	20	40	100
Высокогорные	—	10	20	40	40	100

Шкала глубин и высот в м

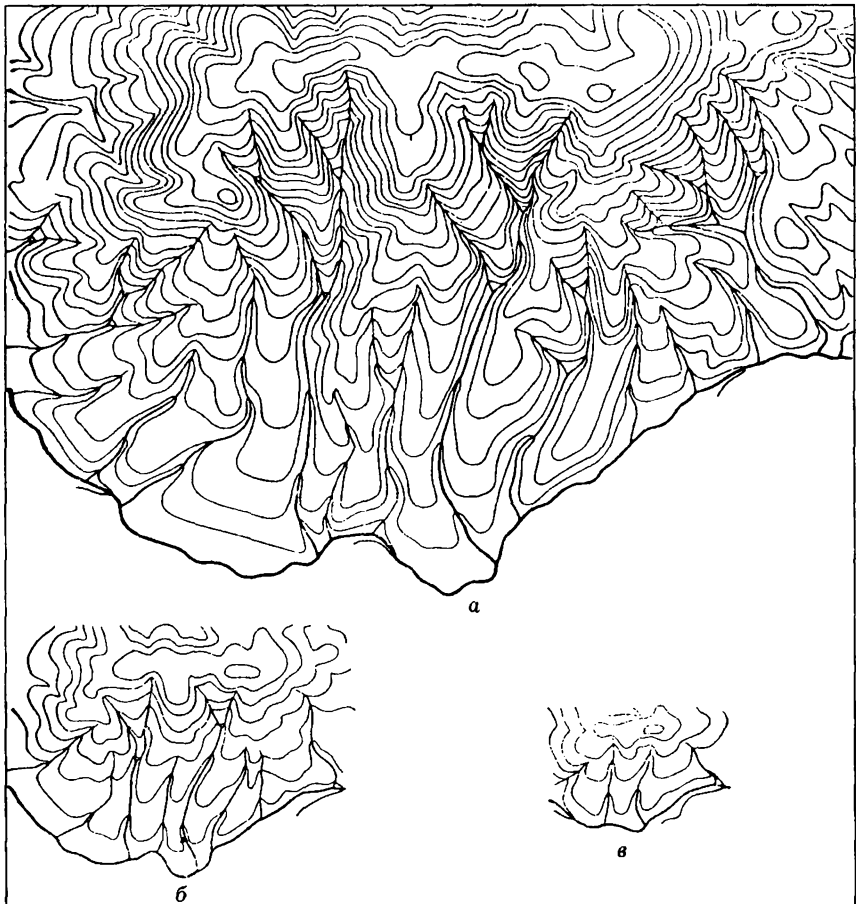


б

Шкалы рельефа для карт разного назначения и масштаба:
а — справочной; б — учебной

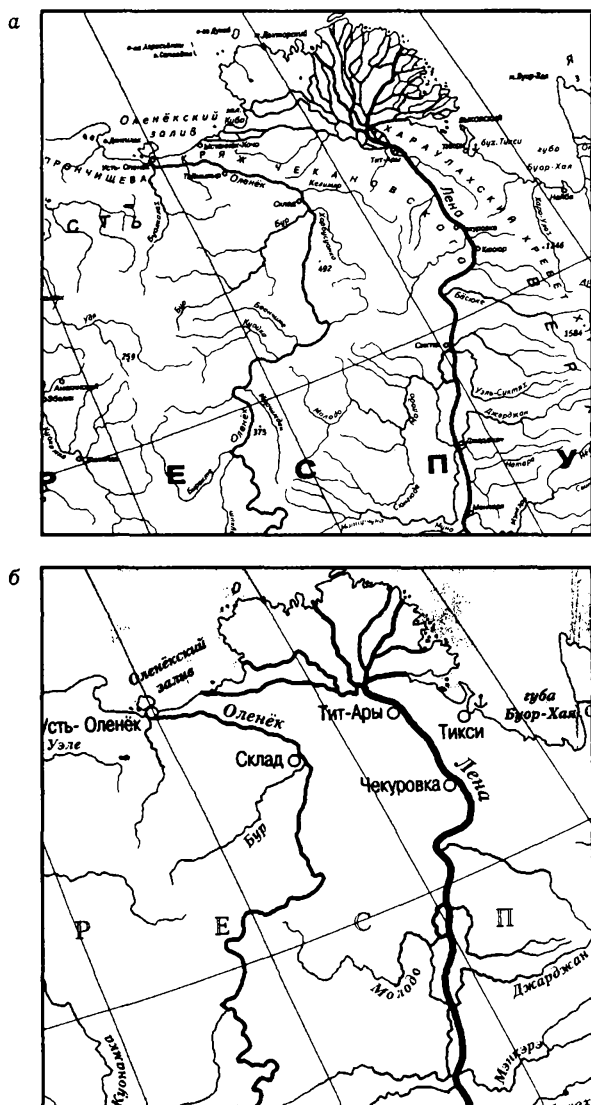
Рис. 4.2. Обобщение количественных характеристик

Обобщение качественных характеристик — означает сокращение качественных различий в данной категории объектов: во-первых посредством замены дробных классификаций обобщенными (леса хвойные, лиственные, смешанные на просто леса); во-вторых, в результате исключения низших ступеней классификации (при характеристике населенных пунктов по административному признаку путем исключения особых знаков для



а — исходное изображение в масштабе 1:200 000;
б — изображение в масштабе 1:500 000; в — изображение в масштабе 1:1 000 000

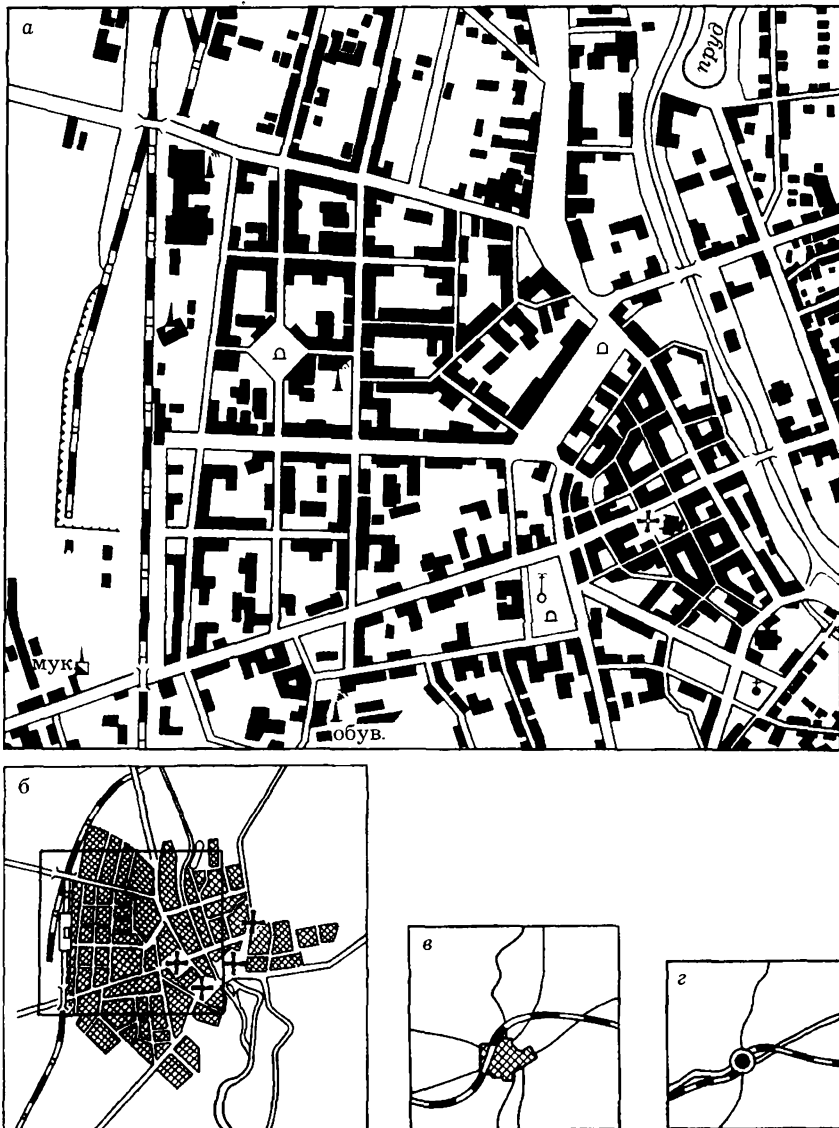
Рис. 4.3. Генерализация рельефа в горизонтах



Изображение речной сети на:

- а — справочной стенной общегеографической карте масштаба 1:5 000 000;
- б — учебной стенной общегеографической карте масштаба 1:5 000 000

Рис. 4.4. Обобщение плановых очертаний объектов



а — отдельные строения (масштаб 1:10 000); б — кварталы (масштаб 1:50 000);
в — общий контур (масштаб 1:300 000); г — пунсон (масштаб 1:1 000 000)

Рис. 4.5. Замена отдельных объектов их собирательными знаками на примере генерализации населенного пункта

центров районов и сельсоветов). Сравнение легенд двух тематических, например, почвенных, карт разного назначения наглядно демонстрирует обобщение качественных характеристик.

Наиболее очевидна геометрическая пространственная сторона генерализации. Она состоит в продуманном *упрощении плановых очертаний изображаемых объектов* с сохранением особенностей очертаний изображаемых объектов — линейных и площадных (рис. 4.3, 4.4). Решение этой задачи нередко приводит к преувеличению отдельных деталей, некоторой утрировке изображения, а иногда к его предельному упрощению. Это противоречит геометрической точности карты. Но здесь более важна географическая точность.

Замена отдельных объектов их собирательными знаками. Она проявляется в замене изображения населенных пунктов сначала отдельными строениями, далее кварталами (рис. 4.5), общим контуром и далее пунсоном, в переходе от изображения золотоносного бассейна путем показа отдельных месторождений к указанию границ бассейна, отдельных предприятий обрабатывающей промышленности к собирательному знаку промышленного узла с его структурой (рис. 4.6).

Следует отметить, что при создании карты используют зачастую все виды генерализации и чаще всего один вид влечет за собой другой.

Генерализация также связана с системой условных знаков, которая принята для данной карты. Размеры условных знаков определяют возможную детальность изображения.

4.3 Геометрическая точность картографической генерализации

Из сказанного выше очевидно, что картографическая генерализация, имеющая в виду сохранение географической (содержательной) точности приводит к нарушению геометрической точности и детальности карты. В процессе генерализации неизбежно происходит смещение контуров и линий, исключение и объединение объектов, утрирование характерных деталей контуров. Например, на учебной стенной физической карте за счет толщины линейного условного знака рек населенные пункты, расположенные на их берегах оказываются сдвинутыми. То есть



ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ПРЕДПРИЯТИЯ
(с числом занятых, тыс. человек)

- Крупные (свыше 10)
- Средние (10—3)
- Прочие важные (менее 3)
- Граница г. Варшавы



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПУНКТЫ
(с числом занятых, тыс. человек)

- Крупнейшие (256)
- Средние:
 - (10—20)
 - (10—3)
 - Прочие важные (менее 3)
- Границы воеводств



ПРОМЫШЛЕННЫЕ УЗЛЫ И РАЙОНЫ
(с числом занятых, тыс. человек)

- Крупнейшие (250—300)
- Средние (20—30)
- Прочие важные (менее 20)
- Границы промышленных районов
- Границы воеводств

ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- Машино-строение
- Химическая и нефтеперерабатывающая
- Легкая
- Прочие отрасли

Рис. 4.6. Генерализация карт промышленности посредством перехода от изображения отдельных промышленных предприятий (а — западная часть Варшавы и прилегающий район) к изображению промышленных пунктов (б — Варшава, Прушков и др.) и далее к промышленным узлам (в — Варшавский, Лодзинский и др.)

нарушается геометрическая точность карты в десятки и даже сотни раз. Это касается не только мелкомасштабных карт, но и карт средних и даже крупных масштабов. Так, известно, что ширина условного знака улучшенной грунтовой дороги на карте масштаба 1:200 000 составляет 1,1 мм. В натуре это 220 м, что нарушает геометрическую точность более, чем в 10 раз. Если же параллельно с улучшенной дорогой проходит железная дорога, ширина которой также преувеличена по сравнению с действительной ее шириной, то объекты, расположенные рядом с этими магистралями оказываются сдвинутыми на много десятков метров.

При генерализации рельефа производится увеличение ступеней шкалы рельефа и «укладка» горизонталей (вытягивание их вверх по тальвегу). Это приводит к тому, что положение горизонталей сдвигается вверх или вниз по склону. Этот прием рисовки горизонталей правдоподобно передает морфологию рельефа, отражает их типы, однако, существенно нарушает геометрическую точность. Мелкомасштабные карты вследствие использования таких приемов и вовсе не пригодны для определения по ним морфометрических характеристик.

Таким образом, можно сказать, что картографическая генерализация, задача которой состоит в отражении географической (содержательной) точности, находится в противоречии с геометрической точностью карты. Приоритет здесь отдается географической точности. А для производства каких-либо точных измерений и определений пользуются картами более крупных масштабов. Обзорные же карты для этого не предназначены.

Глава 5

ОБЩЕГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ

5.1

Содержание крупно- и среднемасштабных общегеографических карт

Общегеографическими картами называют карты, отображающие объекты природы (гидрография, рельеф, растительный покров и грунты) и социально-экономические объекты (населенные пункты, хозяйственные и культурные объекты, пути сообщения, средства связи, границы), т. е. все объекты, видимые на местности. Причем, все объекты содержания общегеографических карт отображаются с одинаковой степенью подробности.

Общегеографические карты незаменимы при общем знакомстве с территорией, ориентировании на ней, решении многочисленных научных и практических задач. Кроме того, не следует забывать, что любая тематическая карта также строится на общегеографической основе. При этом, естественно, содержание общегеографической карты в той или иной степени (в зависимости от назначения и содержания тематической карты) разгружается.

Общегеографические карты (как и все географические карты) делят по масштабу на:

- *топографические* — в масштабах 1:100 000 и крупнее;
- *обзорно-топографические* — в масштабах 1:200 000 — 1:1 000 000;
- *обзорные* — мельче 1:1 000 000.

Для топографических и обзорно-топографических карт применяют стандартную систему условных обозначений, которая отмечена в специальных наставлениях по составлению карт того или иного масштаба. При этом условные обозначения для одних и тех же объектов на картах разного масштаба одинаковы по рисунку, но различны по размеру. Внутри одного масштаба группы однородных объектов обычно обозначаются однотипными условными знаками, например, обычные колодцы, артезианские,

колодцы с воротом, с насосом и т. п. Группе однородных и тесно связанных друг с другом объектов, как правило, присвоен один цвет. Так, например, водные объекты на топографических картах всегда изображаются синим цветом, рельеф — коричневым.

Водные объекты. На топографических картах из водных объектов показывают береговую линию океанов, морей, озер и других водоемов, реки, ручьи, каналы и канавы, естественные и искусственные источники (ключи, родники, колодцы и т. п.), а также гидротехнические сооружения. Причем, береговая линия морей и океанов соответствует наивысшему уровню воды во время прилива, а озер, водохранилищ, прудов — самому маловодному периоду, т. е. меженью.

Реки на топографических и обзорно-топографических картах в зависимости от их ширины показывают в одну или две линии. На картах масштаба 1:100 000 и крупнее отмечают все реки и ручьи. На картах более мелких масштабов производится отбор. Для рек на топографических картах указывают ширину, направление и скорость течения (в м/сек), характер грунта дна. В отдельных местах у береговой линии реки даются *урезы воды* — абсолютные высоты уровня воды в реке. Кроме того, на реках показываются пороги и водопады, навигационные и гидротехнические сооружения (шлюзы, плотины, молы и др.), а также средства переправы. Названия судоходных рек подписывают заглавными буквами, несудоходных — строчными. Каналы и канавы при ширине менее 3 м показывают одной тонкой линией, а более 3 м — одной утолщенной или двумя линиями (в зависимости от масштаба карты).

Озера и водохранилища отмечают на картах в том случае, если их площадь составляет не менее 1 мм² в масштабе карты. Меньшие по площади водоемы показывают лишь в тех случаях, если они являются истоками рек, находятся в безводных районах или имеют лечебное значение.

Особым условным знаком изображают главные колодцы, находящиеся вне населенных пунктов. Для них указывают высоту поверхности земли, глубину колодца и высоту его наполняемости водой. Также наносят и другие источники. Все соленые и горько-соленые источники имеют пояснительные подписи — *сол.* или *г.-сол.*

Почвенно-растительный покров — важная характеристика местности. По его изображению на топографических картах

можно судить об условиях видимости и проходимости местности, хозяйственном использовании данной территории. Почвенно-растительный покров на топографических и обзорно-топографических картах показывают площадным условным знаком, оконтуривая его черным точечным пунктиром. На участках взаимного проникновения различных видов растительности пунктир не дается, а расставляются соответствующие условные знаки в смежных угодьях.

Естественная растительность на топографических картах подразделяется по основным жизненным формам на древесную, кустарниковую травяную. Площадь, занятая сплошной древесной растительностью (леса), закрашивается зеленым цветом, на фоне которого дается характеристика древостоя по породам с указанием средних значений высоты деревьев, диаметра стволов и расстояния между деревьями. В лесах показывают все просеки. Отдельными условными знаками показывают редколесья, буреломы, вырубленные и горелые леса.

Площади, занятые кустарниковой растительностью, также закрашивают зеленым цветом, но более светлым по сравнению с площадями лесов.

Лука на топографических картах делят на сухие и мокрые.

К почвенно-растительному покрову относят и болота, которые дают на топографических и обзорно-топографических картах с подразделением по проходимости (проходимые и непроходимые) и по произрастающей на них растительности (мох, камыш и т. д.) и микроформ (гряды, кочки и т. д.). На болотах также дают их характеристика глубины до твердого грунта на период осенних дождей.

Выделяются также песчаные, глинистые и щебенчатые пустыни. Вариантами знаков пески пустыни подразделяют на ровные, бугристые, ячеистые, барханные и др.

На топографических и обзорно-топографических картах отмечают также и культурную растительность — сады, парки, саженные леса, питомники и т. д.

Рельеф. *Рельефом называют совокупность пространственных форм, неровностей поверхности суши, дна океанов и морей многообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития.*

Рельеф один из главнейших элементов географической среды и показу его на крупно- и среднемасштабных картах уделяется очень пристальное внимание.

В зависимости от размеров форм различают *мегарельеф*, *макрорельеф*, *мезорельеф*, *микрорельеф* и *нанорельеф*. Это достаточно условное деление, так как точные количественные границы между ними установить трудно.

Разные географические дисциплины изучают рельеф с разных позиций (морфология рассматривает формы рельефа, морфометрия — размеры, морфогенетика — происхождение и т. д.), но для всех них важнейшим источником информации являются топографические и обзорно-топографические карты. Крупномасштабные и среднемасштабные карты, ввиду небольшого территориального охвата одним листом карты, рассматривают макро-, мезо- и микрорельеф.

Изображение рельефа, характеризующегося объемностью форм, на карте (плоскости) достаточно трудная задача, так как при этом должны быть переданы не только плановые размеры, но и высоты, выпуклость или вогнутость склонов, а также их крутизна. Существует много способов изображения рельефа на географических картах. На старых картах можно видеть *картинное изображение рельефа*, представляющее собой перспективный рисунок отдельных возвышенностей, холмов, хребтов. Такое изображение рельефа не передавало ни абсолютных и относительных высот форм рельефа, ни крутизны склонов. На нем лишь хорошо прослеживалось положение основных водоразделов

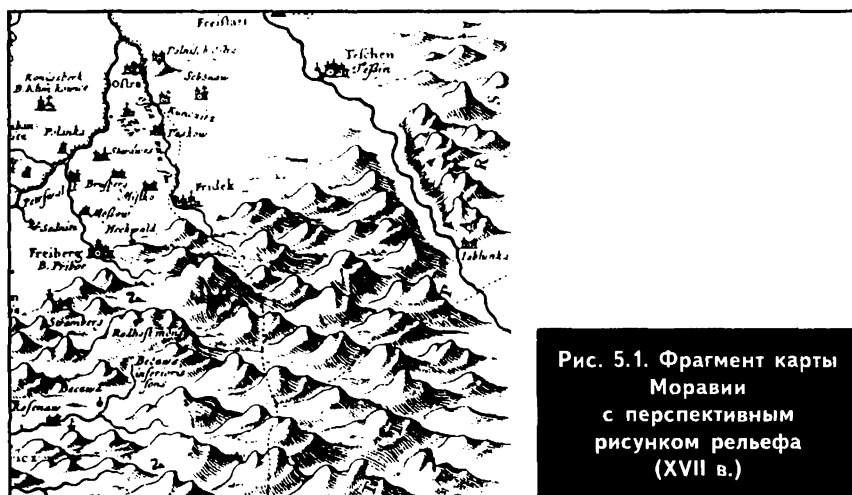


Рис. 5.1. Фрагмент карты Моравии с перспективным рисунком рельефа (XVII в.)

и расположение основных гряд и хребтов. Такой способ изображения рельефа, естественно, не отличался геометрической точностью, но безусловно был весьма нагляден (рис. 5.1). В настоящее время этот способ не используется, или применяется крайне редко на туристических картах-схемах. Но перспективное изображение рельефа на геометрически точной основе незаменимо для изучения морфологии рельефа, его физиономических черт. Поэтому был разработан новый способ, представляющий модификацию старого. Он получил название *физиографического* (рис. 5.2). На современных физиографических картах этот способ применяют для показа дна океанов, поверхностей планет. Но такие карты также не предназначены для проведения по ним определений и измерений количественных характеристик рельефа.

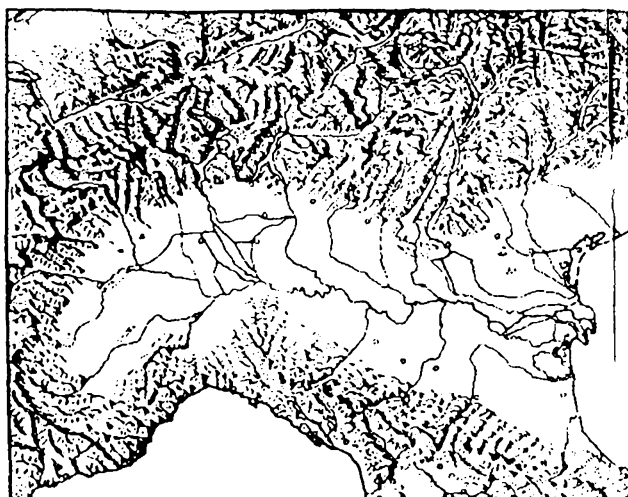


Рис. 5.2. Перспективное изображение горного рельефа
 Северной Италии (по Э. Райсу)

В XVIII в. для военных целей стали производиться карты с изображением рельефа *способом штрихов*. Разрабатываемые шкалы штрихов крутизны склонов использовали принцип чем круче склон, тем плотнее штриховка. Такой подход позволял получить представление о пересеченности местности и крутизне склонов- знаний, так необходимых для пехотных, кавалерийских

войск и артиллерии (рис. 5.3—5.6). Первую шкалу штрихов крутизны склонов создал в конце XVIII в. саксонский картограф *Иоганн Леман*. В России разработкой шкал штрихов занимался А.П. Болотов. Известна также шкала Главного штаба.

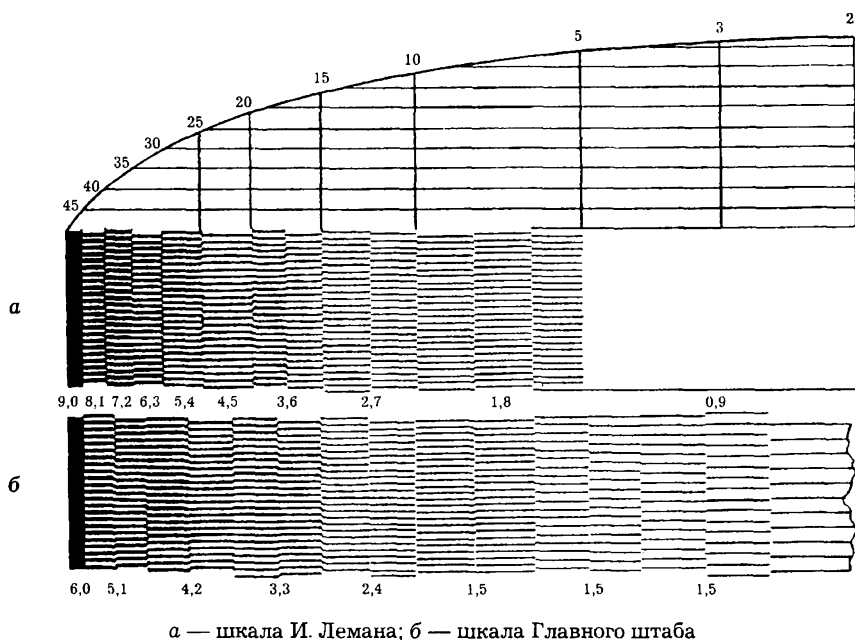


Рис. 5.3. Шкалы штрихов крутизны

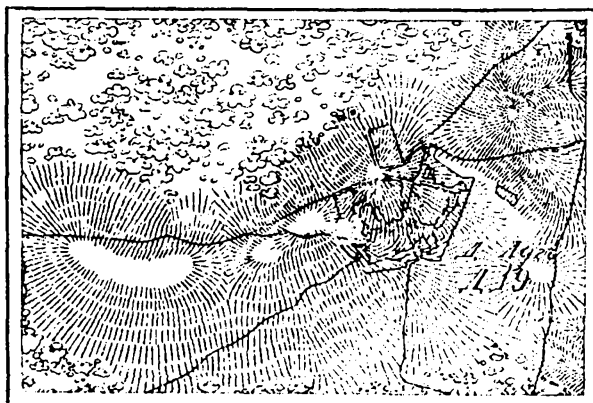
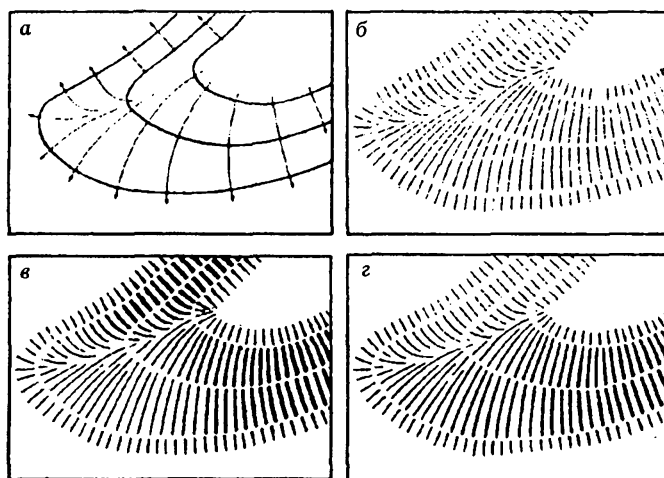


Рис. 5.4. Часть съемочного топографического планшета Санкт-Петербургской губернии, выполненного в штрихах крутизны



а — исходные горизонтали и линии скатов; б — расстановка штрихов;
в — штрихи крутизны; г — теневые штрихи

Рис. 5.5. Схема построения штрихового рисунка рельефа

Другой принцип изображения рельефа с помощью штрихов — нанесение их на теневые стороны склонов (*теневые штрихи*) при северо-западном освещении.

Повышенной наглядностью в передаче общей пластики рельефа отличается и способ *светотени* — отмывки, штриховки и тушевки, проводимых рукописным способом картографами-оформителями с помощью туши, акварельных красок или карандашей. Эффект объемности достигается за счет светотеней и их элементов, наложенных в соответствии с выбранным освещением рельефа (рис. 5.7). Еще до недавнего времени отмывка рельефа производилась художниками-картографами вручную. С внедрением средств автоматизации в картографическое производство стали развиваться цифровые методы светотеневого оформления рельефа, получившие название *аналитической отмывки*, основой для которой служит *цифровые модели рельефа*, создаваемые с помощью специализированного программного обеспечения по значениям высот в отдельных точках или по всей системе оцифрованных горизонталей. Аналитическая отмывка проводится различными методами в зависимости от количества выбранных источников света и углов освещения модели местности.



Рис. 5.6. Штриховое изображение рельефа.
Часть листа карты Европейской России масштаба 1:126 000



Рис. 5.7. Способ отмывки рельефа в сочетании с горизонталями

Аналитическая отмывка может быть и цветная. К ней могут быть добавлены эффекты воздушной перспективы, увеличена контрастность.

Основным способом изображения рельефа на современных топографических, обзорно-топографических, общегеографических, физических, гипсометрических картах является способ горизонталей.

Горизонталь (изогипса) — это воображаемая линия на физической поверхности Земли, все точки которой имеют одинаковую абсолютную высоту (высоту над уровнем моря).

Получить эти линии равных высот можно, если расчесть какую-либо форму рельефа горизонтальными (уровенными) плоскостями. Горизонтали, изображенные на карте, представляют собой проекции этих воображаемых линий (рис. 5.8). Секущие плоскости для топографических и обзорно-топографических карт проводят через равные промежутки по высоте, а полученные при сечении линии проектируют на плоскость (карту) отвесными лучами. Расстояния между секущими плоскостями называются высотой сечения рельефа (h).

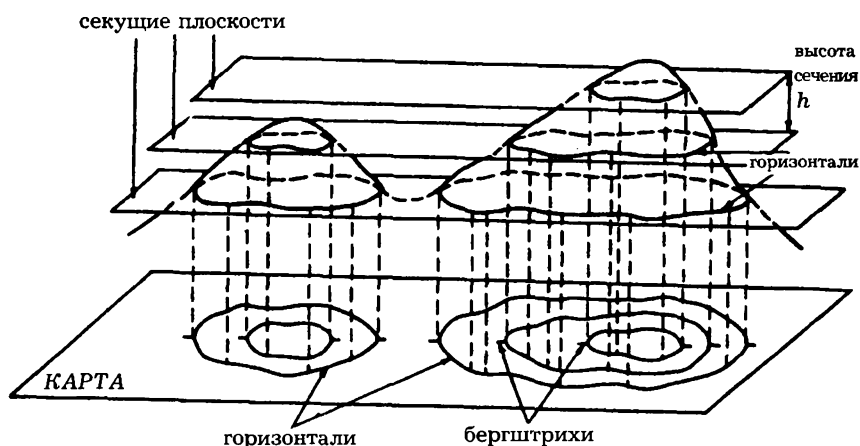


Рис. 5.8. Принцип образования горизонталей

Очертания горизонталей на карте зависят от форм рельефа данной местности. На карте высота сечения определяется как разность высот двух соседних горизонталей. На отечественных крупно- и среднемасштабных картах применяют стандартные высоты сечений рельефа. Меняются они лишь в зависимости от масштаба карты. Для карт масштаба 1:25 000 принято сечение рельефа 5 м; 1:50 000 — 10 м, 1:100 000—20 м и т. д. Горизонталы на карте изображаются коричневыми линиями. Тонкими сплошными линиями изображают *основные горизонталы* — те, которые имеют разность высот, соответствующую принятой для данного масштаба высоте сечения. Значения абсолютных высот горизонталей всегда кратны принятой для данного масштаба карты высоте сечения рельефа. Абсолютные высоты горизонталей подписывают в разрывах линии горизонталей, причем таким образом, что «голова» цифры всегда обращена в стороны повышения высот. По одну сторону от горизонтали отметки высот больше (выше), по другую — меньше (ниже), чем у данной горизонтали. Каждая пятая горизонталь для повышения наглядности утолщается. Указание о принятой высоте сечения на топографических картах дается под линейным масштабом карты в виде фразы «Сплошные горизонталы проведены через ...».

Промежутки между соседними горизонталями на карте называются *заложением* d . Как видно из рис. 5.9, величина заложения



Рис. 5.9. Элементы ската (а). Отражение элементов ската
с помощью горизонталей на карте (б)

зависит от крутизны склона, но она всегда меньше, чем расстояние S между теми же точками на местности.

Крутизна ската (склона) определяется *углом наклона* α , или *уклоном* i . Уклон — это отношение величины превышения местности к тому горизонтальному протяжению, на котором оно наблюдается.

Связь между элементами ската выражается формулами:

$$d = S \cos \alpha;$$

$$h = S \sin \alpha;$$

$$h = d \operatorname{tg} \alpha;$$

$$d = h \operatorname{ctg} \alpha;$$

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{d}.$$

Весьма часто при стандартной высоте сечения отдельные детали рельефа не могут быть отражены на карте (рис. 5.9). Тогда посередине между основными секущими плоскостями проводят дополнительные и образующиеся при этом горизонтали называют

полугоризонталями. На карте их изображают пунктирными коричневыми линиями. Если же и их недостаточно для отображения деталей рельефа, то вводят *вспомогательные горизонтали* через четверть высоты сечения и изображают их пунктирными линиями с более короткими штрихами (рис. 5.10).

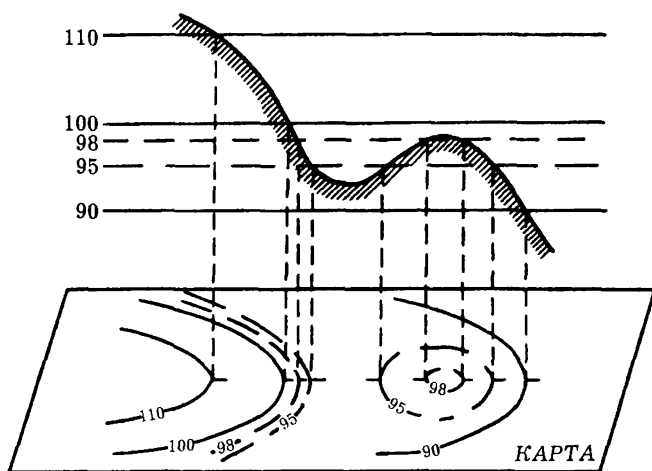


Рис. 5.10. Изображение рельефа горизонталями: основными (90, 100, 110 м), дополнительной (95 м), вспомогательной (98 м)

По изображению горизонталей на карте можно распознать формы и элементы рельефа, а также получить ряд количественных и качественных характеристик, определить положение характерных линий и точек — водораздельной и водосборной линий, бровки и подошвы ската.

Водораздельная линия образуется на выпуклой форме рельефа при встрече двух склонов противоположного направления; на ней происходит переход от подъема к спуску. *Водосборная линия* или *талweg* образуется на вогнутой форме рельефа при встрече склонов противоположного направления; на ней происходит переход от спуска к подъему. *Бровкой* называют линию стыка горизонтальной площадки или пологого ската с более крутым скатом. *Подошва* — это линия перехода от более крутого ската к более пологому или к горизонтальной площадке. На бровке и подошве меняется крутизна, а не направление ската.

Следует запомнить, что горизонталь может образоваться только на наклонной поверхности. Отсутствие на карте изображения горизонталей говорит о том, что в данном месте поверхность ровная. По изображению горизонталей можно судить о характере форм рельефа. Ровный склон изображают совокупностью горизонталей, расположенных примерно на одинаковом расстоянии друг от друга. Выпуклый склон показывают горизонталями расстояния между которыми (заложения) у вершины значительно больше, чем у подошвы. Изображение вогнутого склона, напротив, отличается малыми заложениями у вершины и величина их растет к подошве склона (рис. 5.11).

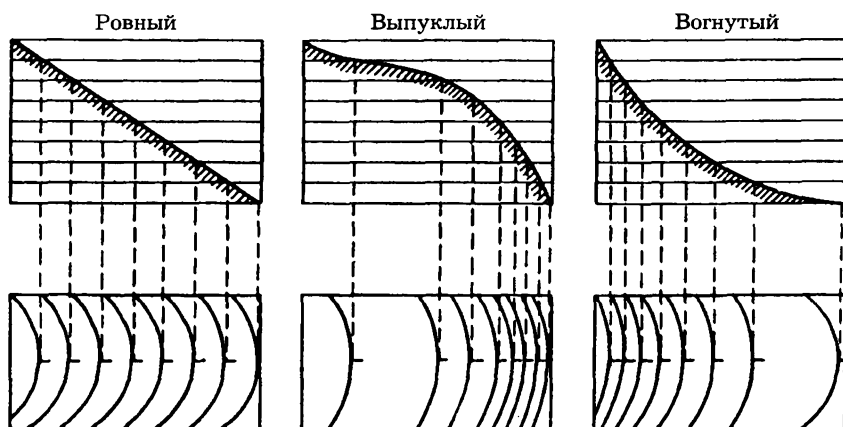


Рис. 5.11. Схематическое изображение горизонтальми основных форм склонов

Сочетания скатов образуют простые положительные и отрицательные формы рельефа — горы (холмы), простые хребты, уступы, впадины, долины (лощины, балки), которые в природе встречаются не изолированно, а обычно сочетаются, переходят одна в другую, образуя более сложные комплексы форм, например седловины (рис. 5.12, 5.13).

На карте *холм*, *гора* изображают замкнутыми горизонталями с бергштрихами, направленными наружу от них (см. рис. 5.11). *Впадину* также изображают замкнутыми горизонталями, но бергштрихи от горизонталей направлены внутрь впадины.

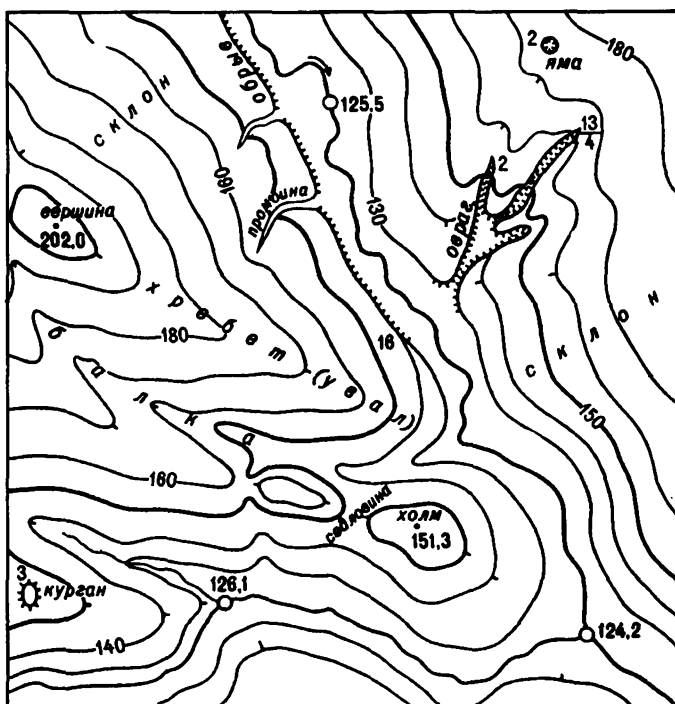
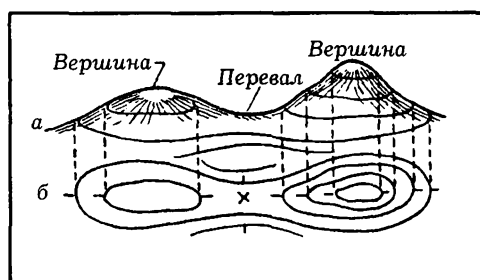


Рис. 5.12. Изображение форм рельефа участка местности с помощью горизонталей, высотных отметок и условных знаков



а — на перспективном рисунке; б — на карте

Рис. 5.13. Схематическое изображение седловины и перевала

Простой хребет — положительная форма рельефа — образован двумя склонами, идущими от подошвы и смыкающимися у водораздельной линии. На карте простой хребет показывают системой V-образных горизонталей, выпуклости которых обращены вниз по склонам.

Долина, лощина, балка — отрицательные вытянутые формы рельефа — образованы двумя склонами, идущими вниз от бровок и смыкающимися на водосборной линии. На карте долина, лощина, балка также как и хребет изображают системой V-образных горизонталей, но при этом выпуклость горизонталей обращена вверх по склонам (см. рис. 5.11).

Изображение рельефа горизонталями дополняется высотными отметками характерных точек рельефа — вершин, низших точек впадин, точек на перегибах склонов. Кроме того на топографических картах дают отметки высот точек-ориентиров — перекрестков дорог, отдельных зданий и др. Формы рельефа, не выражающиеся горизонталями (курганы, уступы, скалы и др.) показывают специальными немасштабными условными знаками.

С внедрением автоматизации в картографию появились и стали широко использовать *цифровые модели рельефа (ЦМР)*, представляющие собой компьютерные файлы отметок высот H , взятых в узлах некоторой сети точек с координатами X и Y . ЦМР позволяют с помощью интерполяции и других процедур визуализировать рельеф в горизонталях. На их основе могут быть произведены различные расчеты, преобразования, построены специальные морфометрические карты (уклонов, экспозиций и т. д.).

Социально-экономические объекты. На топографических и обзорно-топографических картах показывают населенные пункты, промышленные и социально-культурные объекты, транспортную сеть (железные и безрельсовые дороги), средства связи и границы.

Населенные пункты изображают на крупномасштабных картах очень подробно — передается их планировка и плановые очертания, новые застройки. Но лишь в масштабах крупнее 1:10 000 возможно точное изображение ширины улиц и всех размеров отдельных строений. В более мелком масштабе ширина улиц уже преувеличена, а форма строений упрощена и, как правило, число их дано с отбором. При большой плотности застройки застроенные участки объединяют в кварталы и закрашивают оранжевым цветом, если в населенном пункте преобладают строения из

огнестойких материалов, и желтым цветом, если большинство строений в данном населенном пункте деревянные (неогнеупорные). Среди кварталов населенных пунктов показывают отдельные строения, служащие ориентирами (отдельные огнеупорные строения с указанием их высоты, промышленные и культурные объекты и т. п.). На картах масштаба 1:100 000 все населенные пункты не зависимо от материала застройки отмечают черным цветом.

На топографических и обзорно-топографических картах населенные пункты различают по числу жителей, типу поселения и административному значению. Все эти признаки отображают с помощью шрифтов (типа и размера) подписей собственных названий населенных пунктов, а также путем сопровождения пояснительными подписями, например, «РЦ» для районных центров.

Сельские населенные пункты отличаются от городов не только числом жителей, размером и площадью, но и более простой планировкой. На характер планировки сельских населенных пунктов оказывают влияние наличие транспортной сети, водоемов, особенности рельефа местности, а также история развития. На равнинных территориях наибольшее распространение получили сельские населенные пункты с рядовой застройкой, в горных — бессистемная. По характеру планировки выделяют также трактовый, овражно-балочный, прибрежный, водораздельный и другие типы сельских населенных пунктов.

Транспортная сеть (железные и безрельсовые дороги) имеет чрезвычайно важное значение. Ее наличие характеризует освоенность территории человеком. Поэтому изображению ее на топографических картах также уделяется пристальное внимание. При этом обязательно передается вид дороги, ее эксплуатационное состояние, пропускная способность, густота дорожной сети. Кроме того, обязательно показывают все сооружения, связанные с дорогами.

Дороги изображают линейными условными знаками разного рисунка, ширины и цвета. При этом следует помнить, ширина условного знака не соответствует ширине дороги в натуре, она всегда преувеличена.

Железные дороги (рельсовые) при отображении на топографических картах подразделяют по количеству путей (одно-, двух- и многопутные), по ширине колеи (широко- и узкоколейные), по

характеру тяги (электрифицированные и неэлектрифицированные), по состоянию (действующие, строящиеся и разобранные). Особыми условными знаками показывают связанные с дорогами сооружения — здания, мосты, светофоры и семафоры, трубы, насыпи, выемки, станции, вокзалы, разъезды и т.п. Для насыпей и выемок даются их высота и глубина.

Безрельсовые дороги различают по их техническому устройству и покрытию. Выделяют дороги высшего класса (автострады), дороги с усовершенствованным покрытием, дороги с покрытием (шоссе), автодороги без покрытия (улучшенные грунтовые) и грунтовые дороги (проселочные, полевые и лесные, зимники, караванные пути и тропы). На картах мельче 1:50 000 дороги высокого класса даются все; среди дорог низшего класса производится отбор.

Дороги с покрытием сопровождаются пояснительными подписями (в разрыве условного знака дороги), характеризующими их количественные и качественные характеристики — вид покрытия (Ц — цементобетон, А — асфальт и т. п.), ширину всей дороги и проезжей части. Также, как и для железных дорог, показывают все сооружения, связанные с дорогами.

Промышленные объекты, к которым относят фабрики, заводы, шахты, карьеры, водонапорные башни и т. д. изображают на топографических картах индивидуальными внесмасштабными условными знаками и сопровождают пояснительными подписями, дающими качественную характеристику вида производства или добычи (*бум.* — бумажная фабрика, *пес.* — песчаный карьер).

К промышленным объектам относят также и линии связи — нефтепроводы, газопроводы, линии электропередач, телефонной связи и т. п. Их показывают линейными условными знаками различного рисунка.

Границы на топографических картах отмечают с разделением их на государственные и административные — республик, автономных республик, краев, областей, автономных областей и национальных округов. Все политико-административные границы изображают линейными условными знаками (пунктирными линиями разного рисунка и размеров отдельных звеньев) с максимальной точностью и с учётом правил их показа вдоль реки, по реке, на водной глади морей, озёр и крупных водохранилищ. Руководствуются при этом дежурными материалами справочной картографической службы.

Кроме политико-административных границ на топографических и обзорно-топографических картах обязательно показывают границы охраняемых природных территорий (заповедников, заказников, национальных парков), а также различного рода ограды, искусственные валы, каменные и кирпичные стены и прочие ограждения.

5.2

**Содержание обзорных
общегеографических карт**

Обзорные общегеографические карты характеризуются значительной (большей или меньшей в зависимости от масштаба) обобщенностью изображения размещенных на картографируемой территории объектов.

Содержание мелкомасштабных общегеографических карт составляют те же элементы, что и топографических и обзорно-топографических карт. Это элементы природы и социально-экономические объекты.

Благодаря наличию этих элементов содержания, изучение обзорной общегеографической карты дает представление о географическом положении территории и пространственном размещении составляющих ее частей; о соотношении площадей, занятых морем и сушей; строении земной поверхности в наиболее крупных ее чертах; видах поверхностных вод, густоте речной и озерной сети, степени заболоченности территории, а также о степени освоенности территории человеком. То есть обзорные общегеографические карты являются незаменимым справочным пособием при общем знакомстве с территорией. Кроме того, они служат географической основой для создания тематических карт.

Характеристика *вод морей и океанов* на обзорных общегеографических картах сводится к показу их береговой линии и рельефа дна. На некоторых картах дают также области распространения постоянных и плавучих льдов.

Рельеф морского дна на современных картах большей частью изображается *гипсометрическим способом*, в основе которого лежит упомянутый выше способ горизонталей (в данном случае не высот, а глубин). Линии равных глубин — *изобаты* — в отличие от топографических карт строятся с переменным интервалом

(в переменной шкале). На участках небольших глубин интервалы между изобатами относительно невелики, а с увеличением глубины они возрастают.

Стандартной шкалы глубин (высоты сечения) для обзорных общегеографических карт нет, но на всех картах данного содержания показывают изобаты, ограничивающие крупные формы рельефа Мирового океана — материковую отмель, материковый склон, ложе океана и глубоководные желоба. Их разграничивают соответственно изобаты 200 м, 2000 м и 6000 м.

При этом в пределах материковой отмели высота сечения принимается равной 100 м и даже 50 м. На материковом склоне сечение обычно увеличивается до 200 м, а иногда и более. На больших глубинах, соответствующих ложу океана, изобаты проводят через 1000 м и даже 2000 м. На учебных картах интервалы между изобатами еще больше.

Промежутки между изобатами при гипсометрическом способе обычно закрашивают голубым цветом по принципу: чем глубже, тем интенсивнее (темнее) цвет. Дополнительно в характерных точках дают отметки глубин. Такими точками являются наибольшие глубины для данной части Мирового океана. Часто на картах дают и наименьшие глубины (по фарватеру) в проливах, на банках и других мелководных участках.

Особое внимание уделяется изображению береговой линии морей и океанов. При изображении морских берегов на обзорных общегеографических картах должны быть с максимальной (для данного масштаба карты) детальностью переданы особенности строения берегов, так как по изрезанности берегов определяют их тип. Так, лагунные и лиманные берега имеют плавную береговую линию. Тогда, как, например, у шхерных, наоборот береговая линия часто и резко меняет направление.

На обзорных общегеографических картах, охватывающих зачастую значительные площади, отображение *поверхностных вод* также отличается от их изображения на топографических и обзорно-топографических картах. Здесь появляется возможность показать уже всю речную систему, выделяя толщиной линейного условного знака главную реку. На этих картах не дают принятые для топографических карт характеристики рек — направление и скорость течения, ширину и глубину, качество дна. Но по мелкомасштабной карте можно составить представление о размере и форме бассейна речной системы, характере водоразделов.

Для того, чтобы проследить течение длинной реки, ее подписывают в нескольких местах от истока до устья.

Большинство рек на мелкомасштабных картах изображается в одну линию. Следует помнить, что по толщине условного знака реки можно судить лишь о ее относительной водоносности (величине годового стока), а не о действительной ширине ее русла.

На реках при изображении их на мелкомасштабных общегеографических картах показывают пороги и водопады, а также специальным знаком отмечают судоходные участки.

Значительные по площади озера и моря на обзорных общегеографических картах изображают гипсометрическим способом. Озера с небольшой площадью зеркала воды показывают внутренней закраской. При этом цвет заливки меняется в зависимости от качества воды озера: синий для озер с пресной водой, фиолетовый для соленых озер. Береговую линию озер отмечают сплошной или пунктирной синей линией в зависимости от постоянства положения берега озера.

Озера, площадь которых не выражается в масштабе карты не изображают. Исключение делается для районов с большим количеством озер. Но показанные озера в этих районах, как правило, преувеличены в своих размерах.

Рельеф на мелкомасштабных общегеографических картах показывают в общих чертах. При этом отображению подлежат лишь крупные его формы — низменности, плоскогорья, возвышенности, горы.

Наиболее часто для изображения рельефа на мелкомасштабных общегеографических картах используют гипсометрический способ, основу которого составляют проведенные на карте линии равных высот. В отличие от топографических карт эти линии на обзорных картах сильно обобщены и называют *изогипсами* (в переводе с греческого *изос* — равный, *гипсос* — высота).

Промежутки между изогипсами закрашивают. Изогипсы всех принятых для данной карты высот вместе с цветовыми фонами между ними образуют гипсометрическую шкалу (шкалу рельефа), размещаемую в легенде карты. Шкалы гипсометрической окраски могут быть одноцветными с изменяющейся светлотой и многоцветными, в которых меняется не только цвет, но и его светлота и насыщенность. При построении гипсометрических шкал применяют различные принципы. В *затемняющихся шкалах* используют принцип «чем выше, тем темнее». В *высветляющихся*

гипсометрических шкалах с высотой происходит высветление цвета (принцип «чем выше, тем светлее»). Такие шкалы очень выразительны, изображенные с их применением горные участки кажутся освещенными солнцем. Однако при этом излишне затемнены низменные участки, нагрузка элементами содержания которых значительно выше по сравнению с горными и высокогорными районами.

Стандартной гипсометрической шкалы не существует. Но на всех мелкомасштабных общегеографических картах, задачей которых является отобразить наиболее крупные формы рельефа суши (макро- и мезорельеф) в гипсометрических шкалах должна присутствовать изогипса 200 м, отделяющая низменные равнины от возвышенных, изогипса 500 м, приблизительно составляющая высотную границу между возвышенными и нагорными равнинами, изогипса 1000 м — верхний предел низких гор и изогипса 2000 м, составляющая верхний предел средневысотных гор, выше которого начинается высокогорье. При этом сечение (интервал в шкале) переменный и зависит от высотных участков. На низких участках он меньше (50 м или 100 м), на высоких — больше (иногда в 10 раз) и составляет 500 м или 1000 м (рис. 5.14).

Изображение рельефа на обзорных общегеографических картах гипсометрическим способом дополняется высотными отметками.

Среди прочих способов изображения рельефа гипсометрический способ обладает рядом преимуществ. В частности, он позволяет получить значение высоты в любой точке карты, строить высотные профили, а также судить о типах рельефа.

В отдельных случаях на демонстрационных общегеографических картах гипсометрический способ применяют в сочетании с отмывкой, что создает эффект выпуклости положительным формам рельефа земной поверхности.

Из социально-экономических объектов на обзорных общегеографических картах показывают населенные пункты, пути сообщения и границы. Промышленные и культурные объекты, а также линии связи на этих картах не находят отображения.

Населенные пункты также как и на крупномасштабных и среднемасштабных картах классифицируются по числу жителей, типу поселения и административному значению. Но изображение их на обзорных общегеографических картах отличается от показа этих объектов на картах крупных масштабов. Мелкий

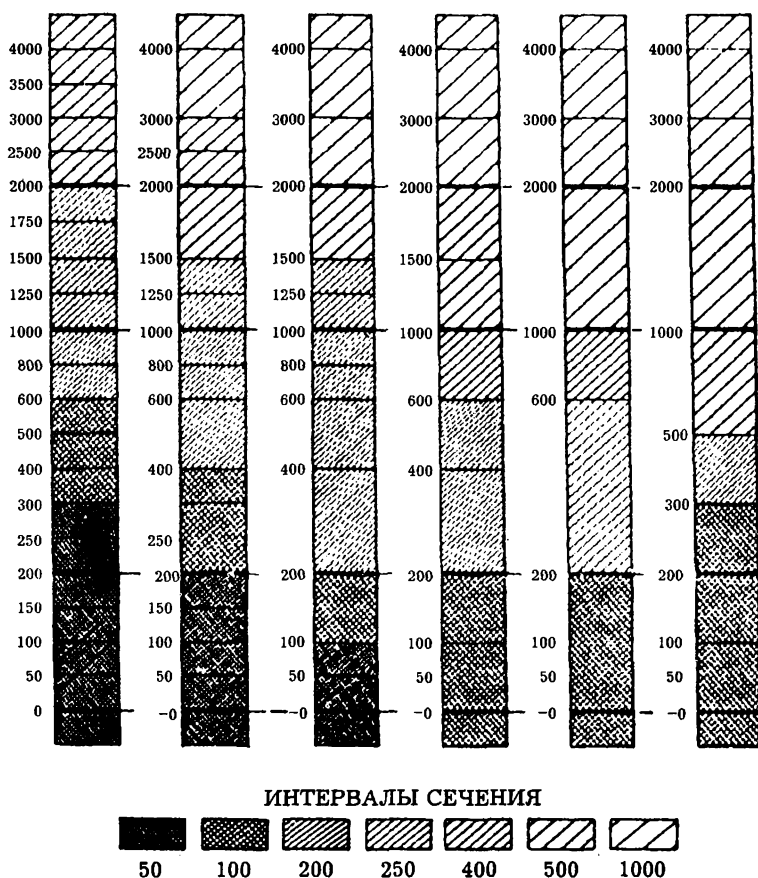
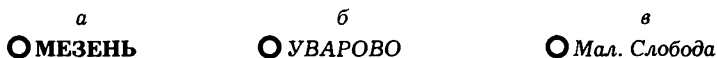


Рис. 5.14. Варианты шкал сечения рельефа с различными интервалами

масштаб не дает возможности показать планировку населенного пункта, не всегда возможно даже отобразить и конфигурацию территории, занимаемой населенным пунктом. Лишь малая часть населенных пунктов может быть изображена площадным знаком. Для изображения большинства этих объектов на обзорных картах используют внесматштабные условные знаки в форме кружков, называемых *пунсонами*. Размеры и рисунок пунсонов для разных населенных пунктов обычно изменяются в зависимости от числа жителей в них. Пунсоны меньшего диаметра используют

для населенных пунктов с малой численностью населения, а более крупные по числу жителей населенные пункты показываются большими по размеру пунсонами.

Подписи названий населенных пунктов выполняют несколько функций помимо своего непосредственного назначения — указания собственного географического названия, высота шрифта подписи также различается в зависимости от числа жителей в населенном пункте. Типом шрифта (заглавный прямой, заглавный наклонный, строчной прямой, строчной наклонный), как правило, выделяется тип населенного пункта (город, поселок городского типа, сельский населенный пункт). На многих картах в легенде присутствуют пояснения об использованных для подписей названий населенных пунктов шрифтах. Иногда в научно-справочных изданиях эти пояснения отсутствуют. И ответить на вопрос выделены ли на карте населенные пункты сельского типа можно лишь после предварительного анализа картографического изображения. Если при одном и том же размере пунсона различных населенных пунктов меняется тип шрифта, это значит, что типы населенных пунктов при одном и том же числе жителей различны. Так, город, поселок городского типа и сельский населенный пункт, входящие в одну градацию по числу жителей, например, с числом жителей менее 10 000 будут на карте изображены одинаковыми по размеру пунсонами, но подписаны по разному (рис. 5.15).



a — город; *б* — поселок городского типа; *в* — сельский населенный пункт

Рис. 5.15. Названия населенных пунктов на мелкомасштабной общегеографической карте

Политико-административное значение населенных пунктов на обзорных картах обычно отображается либо подчеркиванием названий сплошной или пунктирной линиями, либо заливкой пунсонов столиц и административных центров красным цветом, а также выделением их названий отличным от черного цветом (как правило также красным).

На картах пунсоны располагают правильно относительно прочих географических объектов — дорог рек, береговой линии.

Существенным отличием мелкомасштабных карт от топографических и обзорно-топографических в отношении показа населенных пунктов является значительная генерализация, в результате которой большое число населенных пунктов не находят отражения на карте. Отбор их производят, руководствуясь индивидуальными характеристиками населенного пункта — его административным значением, числом жителей, а также географическим положением, экономическим и культурно-историческим значением.

Пути сообщения. При изображении транспортной сети на обзорных общегеографических картах основной задачей является отобразить обеспеченность картографируемой территории дорогами разного вида. Из сухопутных путей сообщения также как и на картах крупных масштабов показывают железные (рельсовые) и безрельсовые дороги. При этом классификации железных и безрельсовых дорог в значительной степени обобщена. Например, железные дороги могут быть подразделены на главные и прочие, безрельсовые — на магистральные, главные и прочие. На картах очень мелких масштабов те и другие дороги часто дают вообще без подразделения их по классу. Естественно, на обзорных картах отсутствуют характеристики дорог, обязательно присутствующие на картах крупных масштабов — материал покрытия, ширина дороги и ее проезжей части и т. п. Лишь иногда выделяют особые участки дорог — горные перевалы и тоннели.

Морские пути сообщения на обзорных картах показывают с помощью специальных условных знаков морских портов и морских рейсов. Знак порта ставится рядом с пунсоном портового города, а морские рейсы изображают линейным условным знаком (как правило, синей пунктирной линией), показывающей примерный путь кораблей между соответствующими портами.

Политическое и политико-административное деление картографируемой территории показывают на обзорных общегеографических картах путем изображения государственных и административных границ и подписей названий государств и его частей (республик, областей и т. д.).

Особенно тщательно с предельной для данного масштаба точностью изображают государственные границы. При этом правила проведения границ на обзорных картах ничем не отличаются от существующих правил изображения их на топографических картах.

Глава 6

СИСТЕМА КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ

6.1

Серии карт

Географические карты, как настольные, так и стенные издаются не только как отдельные произведения, но и как серии одного назначения.

Серии карт могут быть двух видов:

— серии, включающие карты одного содержания на разные территории;

— серии, включающие карты разного содержания на одну территорию.

Карты одного и того же содержания, создаваемые на разные территории (серии первого рода) строятся в одном масштабе, по единым установкам, в единой системе условных обозначений и образуют непрерывное изображение значительной части земной поверхности. Такова система государственных топографических и обзорно-топографических карт одного и того же масштаба, созданная на всю территорию бывшего СССР. Топографические карты обширных территорий представляют собой серии карт первого рода. Эти серии включают большое количество отдельных листов, так как на одном листе изображается небольшая по площади территория. Каждый лист топографической карты ограничен отрезками меридианов (с запада и с востока) и параллелями (с севера и юга) и представляет собой трапецию. Все листы топографических карт имеют определенную систему обозначений — *номенклатуру*, которая зависит от масштаба карты и географического положения изображенной на нем территории.

В основу деления всех отечественных топографических карт положена международная карта масштаба 1:1 000 000 (рис. 6.1), границами любого листа которой (внутренней рамкой) являются меридианы, отстоящие друг от друга на 6° (разность долгот $\Delta\lambda = 6^\circ$) и параллели, отстоящие друг от друга на 4° (разность широт $\Delta\phi = 4^\circ$).

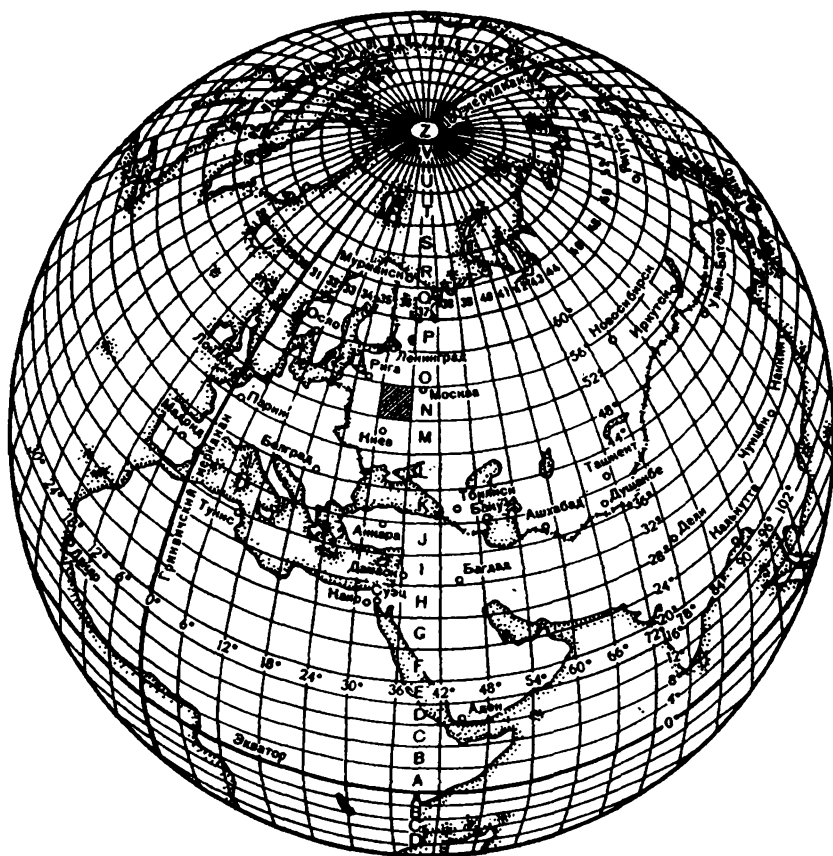


Рис. 6.1. Схема разграфки и номенклатуры листов карты масштаба 1:1 000 000 (для Северного полушария). Заштрихован лист N-36

Четырехградусные полосы, называемые *рядами*, обозначают главными буквами латинского алфавита, начиная от экватора. Ряд А ограничен с юга экватором и с севера параллелью 4° , ряд В — параллелями 4° и 8° и т. д. Всего полных рядов в каждом полушарии 22. Шестиградусные полосы (двуугольники), образуемые меридианами, называют *колоннами*, обозначаются арабскими цифрами. Счет колонн идет с запада на восток. Первая колонна ограничена меридианами 180° и 174° западной долготы, вторая — 174° и 168° и т. д. Таким образом, весь земной шар охватывают

60 колонн — 30 в западном полушарии до Гринвичского (0°) и 30 в восточном полушарии (с 31 по 60) (рис. 6.1). Обозначение (номенклатура) любого листа карты масштаба 1:1 000 000 складывается из буквы ряда и цифры колонны, например N-37. Так как к полюсам колонны сужаются, на широтах $60\text{—}76^\circ$ листы карты издаются сдвоенными (12° по долготе), а севернее параллели 76° — счетверенными (24° по долготе) и обозначаются они, например, P-37, 38 и S-35, 36, 37, 38.

Разграфка листов карт более крупных масштабов основана на делении листа карты масштаба 1:1 000 000 меридианами и параллелями на целое число листов. Количество листов и их обозначение зависит от масштаба топографической карты. Так, лист карты масштаба 1:500 000 получается от деления средней параллелью и средним меридианом листа карты миллионного масштаба на 4 части. Таким образом получают листы с размерами 2° по широте и 3° по долготе. Полученные таким образом листы масштаба 1:500 000 обозначают заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г (рис. 6.2), а номенклатура каждого из них складывается из номенклатуры исходного листа масштаба 1:1 000 000 и одной из этих букв, например, N-37-А.

Для получения листа карты масштаба 1:200 000 исходную трапецию миллионного масштаба делят параллелями и меридианами на 36 равных частей. Таким образом размеры любого листа карты масштаба 1:200 000 составляют $40'$ по широте и 1° по долготе. Обозначают их римскими цифрами от I до XXXVI. Полное обозначение (номенклатура) листа карты масштаба 1:200 000 состоит из номенклатуры исходного миллионного листа карты и номера листа 1:200 000, например N-37-X.

Лист карты масштаба 1:100 000 получают делением листа миллионной карты на 144 части. Размеры трапеции листа карты 1:100 000 масштаба таким образом становятся равными $20'$ по широте и $30'$ по долготе. Листы карты 1:100 000 нумеруются внутри исходной миллионной трапеции арабскими цифрами от 1 до 144, а полная номенклатура стотысячного листа состоит из обозначения миллионного листа с добавлением арабской цифры, например N-37-54 (см. рис. 6.2).

Все листы карт масштаба крупнее 1:100 000 получают от деления листа предыдущего более мелкого масштаба на 4 части. Таким образом, листы карты 1:50 000 образуются делением листа 1:100 000 на 4, каждый из которых обозначается заглавными

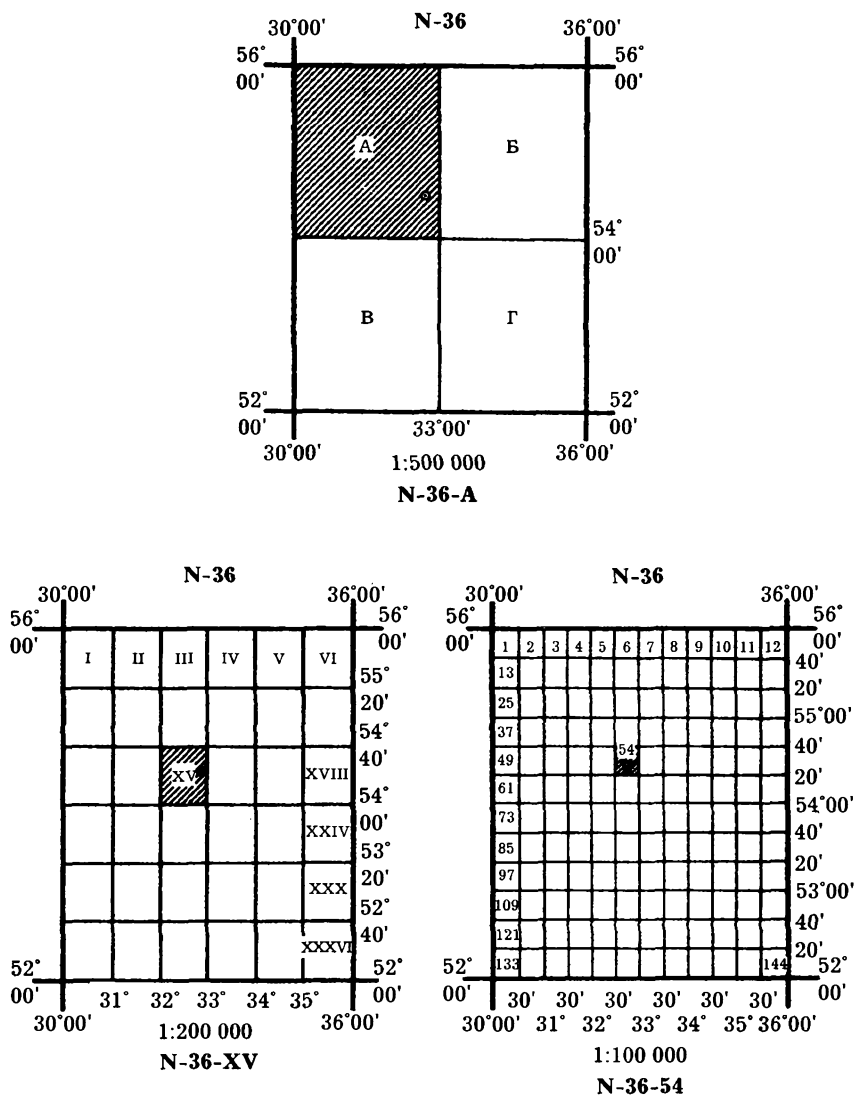


Рис. 6.2. Схема деления территории, охватываемой листом карты масштаба 1:1 000 000, на трапеции листов карт масштабов 1:500 000, 1:200 000 и 1:100 000. Пунксом обозначен пункт с координатами $\varphi = 54^{\circ}28'$; $\lambda = 32^{\circ}51'$

буквами русского алфавита (А, Б, В, Г) и его номенклатура складывается из номенклатуры сотысячного листа и одной из этих четырех букв, например N-37-54-A. Размеры трапеции листа карты масштаба 1:50 000 составляют 10' по широте и 15' по долготе.

Аналогично получают листы карты масштаба 1:25 000, разделив лист масштаба 1:50 000 на 4 части. Полученные таким образом листы 1:25 000, размером 5' по широте и 7,5' по долготе обозначают строчными буквами русского алфавита а, б, в, г. Полная номенклатура листа карты масштаба 1:25 000 образуется из номенклатуры предыдущего (более мелкого) масштаба 1:50 000 с добавлением строчной буквы соответствующего листа, например, N-37-54-A-б.

И, наконец, лист карты 1:10 000 образуется делением листа масштаба 1:25 000 на 4 трапеции. Размеры полученного листа 2'30" по широте и 3'45" по долготе (рис. 6.2).

В качестве примера серии первого рода также можно привести серию справочных политико-административных карт административных единиц нашей страны масштаба 1:600 000. Эта серия карт была создана для всей территории бывшего СССР. После распада Советского Союза по понятным причинам число карт в серии сократилось.

Серии второго рода построены по иному принципу — их составляют различные тематические карты одной и той же территории. Среди карт может быть и общегеографическая карта. Тематические карты, входящие в серию, дают разностороннюю характеристику территории, которую невозможно или сложно дать на одной карте. Такой подход позволяет путем сравнения содержания различных карт глубже понять связи между различными особенностями территорий.

Серии такого рода строятся на единой географической основе, в одном масштабе, в одной проекции, имеет одинаковую компоновку. Разрабатывают их по единым научно-методическим установкам и подходам к генерализации, составлению и оформлению.

Содержание тематических карт, входящих в серию, может быть более узким или более широким. Существуют серии карт, посвященные одному какому-либо компоненту географической среды, например, грунтовым водам.

Особо следует остановиться на *серии карт для высшей школы*. Это весьма ценные по их научному значению картографические произведения, издаваемые у нас в стране и не имеющие

аналогов в мире. Серия издана на территорию бывшего СССР в масштабе 1:4 000 000 и включает геологическую, тектоническую, гипсометрическую, геоморфологическую, почвенную и другие карты. Выпущена серия карт природы мира для высших учебных заведений в масштабе 1:15 000 000. Данная серия представляет собой свод научных знаний о Земле и в настоящее время служит основой для формирования цифровых баз картографических данных.

Существуют, однако, серии, где сочетаются единообразие территории и содержания. Примером такой серии может служить серия стенных учебных карт материков, предназначенная для учащихся средней школы. В серию входит большое число карт различного содержания (как физико-географических, так и социально-экономических), которые постоянно переиздаются. Масштабы карт серии 1:4 000 000, 1:6 000 000, 1:8 000 000.

6.2 Географические атласы

Географическим атласом называют систематическое собрание карт, выполненных по единой программе как целостное произведение и изданное в виде книги или комплекта листов.

Каждый атлас содержит множество картографических сюжетов. Кроме карт, составляющих основу атласа, в него могут входить схемы расположения листов, указатели географических названий, текстовые описания, различного рода иллюстративный материал (слайды, рисунки, диаграммы, таблицы и т. п.).

По мнению ученых родоначальником современного атласа является Клавдий Птолемей (II в. н. э.). Первый же атлас в современном его понимании был создан великим картографом Герардом Меркатором в 1585 г.

Общая классификация атласов совпадает с общей классификацией карт (по назначению). Однако, также принято и другое деление атласов (частные классификации атласов).

По *территориальному охвату* выделяют атласы мира, континентов и крупных регионов мира, отдельных государств, региональные атласы (частей государств, областей, провинций), городов. Аналогичное подразделение используют и для акваторий — океанов, морей и их частей.

По тематике выделяют атласы:

- общегеографические, содержащие в основном общегеографические карты;
- физико-географические, состоящие из карт природы (геологические, климатические, почвенные и т. д.);
- социально-экономические (населения, промышленности, сельского хозяйства и т. д.);
- эколого-географические, отображающие факторы воздействия на среду и отдельные ее компоненты и последствия этого воздействия;
- общие комплексные атласы, включающие карты по физической, социально-экономической и политической географии и дающие многостороннюю характеристику картографируемой территории.

Принято также делить атласы по *структуре* — определенной группировке карт и последовательности разделов в нем. По этому критерию атласы бывают:

- узкоотраслевые, содержащие однотипные карты, например, атлас лекарственных растений, состоящий из карт распространения отдельных видов растений;
- комплексные отраслевые, содержащие различные, но взаимодополняющие карты какого-либо явления. Например, климатический атлас бывшего СССР;
- комплексные, включающие карты природы, населения и хозяйства или показывающие ряд взаимосвязанных природных явлений, например, атлас природной среды и естественных ресурсов мира.

Наконец, атласы принято делить по *способу использования* на большие, книжного формата, карманные.

Любой географический атлас должен обладать двумя основными свойствами — *целостностью*, определяемой полнотой его содержания и *внутренним единством*. Атлас считается полным, если в нем достаточно полно освещены все вопросы, все темы, определяемые назначением и замыслом атласа. Например, в научно-справочном Физико-географическом атласе мира должна быть дана характеристика всех компонентов географической среды планеты. Исключение характеристики какого-либо из компонентов делает атлас неполным.

При разработке любого атласа приходится строго ограничиваться действительно необходимыми темами и устранять

малозначимые, объединять несколько тем на одной карте, выбирать минимальные и в то же время достаточные масштабы карт.

Соблюдение *внутреннего единства* атласа предполагает взаимодополняемость, согласованность и удобство сопоставления входящих в атлас карт. Для обеспечения этого свойства важно:

- выбрать общую географическую основу для родственных карт;
- ограничить число используемых проекций и масштабов карт атласа. Для одной и той же территории следует использовать одну и ту же проекцию, а масштабы этих карт должны по возможности находиться в простых соотношениях (кратны друг другу);
- согласовать легенды различных карт в отношении показателей и детальности. Условные знаки и шрифты для одних и тех же объектов на различных картах должны быть одинаковыми;
- соблюдать логическую последовательность размещения в атласе тематических разделов и карт в них;
- карты взаимосвязанных явлений должны быть согласованы;
- соблюдать единые установки и принципы генерализации;
- при составлении карт различного содержания использовать данные на одну и ту же дату или период;
- все карты должны быть оформлены в едином стиле.

При разработке любого атласа отправным пунктом является его назначение. Именно от него зависит содержание атласа, его структура, объем и даже формат. Например, в учебных атласах, выпускаемых по каждому разделу курса школьной географии, содержание соответствует учебным программам каждого класса, согласуется с учебником и включает сведения, обязательные для изучения школьниками несколько расширенные дополнения, полезные для углубленной работы над картой. Структура этих атласов отражает последовательность изложения материала в учебнике, а в младших классах облегчает также постепенную подготовку школьников к сознательному чтению карт. Формат школьных учебных атласов удобен для работы на школьной парте и соответствует санпинам.

Примером современного мирового общегеографического атласа является российский справочный *Атлас Мира*, вышедший в 1999 г. уже третьим изданием. Справочный характер атласа, его детальность, качество исполнения ставят его в ряд лучших произведений подобного рода. Масштабы основных карт — от 1:1 250 000 до 1:7 500 000. Карты отдельных регионов России

составлены в еще более крупных масштабах — 1:2 500 000, а некоторые в 1:1 500 000.

В атлас включены также крупномасштабные карты густонаселенных и экономически важных районов мира, а также планы крупнейших городов мира. Структура атласа характерная для капитальных атласов этого типа. Сначала рассматривается мир в целом, затем Россия и ее регионы. Далее следуют карты Зарубежной Европы, Азии, Африки, Америки, Австралии и Океании, Арктики и Антарктики и океанов (Атлантического, Индийского и Тихого). Атлас снабжен обширным указателем географических названий. Атлас Мира, изданный одновременно на русском и на английском языках образует фундаментальное двухтомное произведение.

Весьма ценными являются *комплексные атласы*. По назначению они бывают научно-справочными, научно-популярными и популярными.

Научно-справочные или капитальные комплексные атласы содержат полную и достоверную характеристику картографируемой территории. Предназначены они в основном для ученых или специалистов по планированию. Часто научно-справочные атласы изданы в нескольких томах. Таковы, например, крупнейшие трехтомные научно-справочные *Морской атлас* (1950—1963) и *Атлас Океанов* (1974—1980). Вообще успехи в развитии тематической картографии во многом связаны с атласным картографированием. Значительная часть (если не большая) тематических карт публикуется в атласах, и в частности, в комплексных атласах. В них мы встречаем новые виды карт. Многие тематические карты находят применение только в атласах

Физико-географический Атлас Мира (ФГАМ), изданный в 1964 г. содержит три основных раздела: 1) карты мира; 2) карты материков; 3) карты СССР. В каждом разделе даны карты всех элементов природы и карты природного районирования территорий. Кроме карт, в атлас включен пояснительный текст и огромное количество географических сведений.

Географический атлас для учителей средней школы, четвертое издание которого вышло в свет в 1980 г., представляет собой комплексный атлас со сложной структурой. Используется он с одной стороны в качестве учебного пособия в высших учебных заведениях при подготовке учителей географии, с другой стороны, в качестве справочного пособия для работы в школе. Атлас

содержит карты мира, материков, зарубежных стран, а также СССР. Снабжен атлас богатым вводным разделом, где приведены сведения о картографических проекциях карт атласа, способах изображения рельефа, его различных типов, таблицей длин меридианов и параллелей на эллипсоиде Красовского и др.

До настоящего времени в учебном процессе в высших учебных заведениях на географических факультетах используют комплексный *Атлас СССР* (1983), *Атлас народов мира* (1964), а также *Атлас географических открытий и исследований* (1954).

В 1999 г. был издан атлас *«Природа и ресурсы мира»*, разработкой содержания которого занимался огромный коллектив ученых Российской академии наук. В двухтомном атласе содержится весь спектр тематических карт природы нашей планеты. В атлас включены космические снимки и географические описания. Создана также и электронная версия этого ценнейшего научного труда.

Национальные атласы отдельных государств, создаваемые государственными картографическими учреждениями, — это капитальные картографические произведения, дающие разностороннюю характеристику территории: ее природы, населения, хозяйства, культуры и истории. Они представляют собой полные своды знаний по географии страны, обобщают достижения национальной науки и картографического производства и являются как бы визитной карточкой страны и поэтому каждая страна стремится выпустить такой атлас. Национальные атласы изданы почти во всех странах. Первый национальный атлас был издан в Финляндии уже в 1899 г., но большая их часть была создана после Второй мировой войны.

Создание Национального атласа дело весьма трудоемкое, требующее привлечения огромных материальных и человеческих ресурсов. К работе над ним привлекаются лучшие ученые и картографы. С этой целью собирают научные данные, статистические материалы, обрабатывают космические снимки и другие сведения, которые составляют основу компьютерных баз данных.

Несмотря на то, что достижения российской атласной картографии неоспоримы, страна приступила к созданию своего Национального атласа лишь в 1996 г. Предполагается, что Национальный атлас России будет многотомным и многоуровненным — от глобального (Россия в мире), общероссийского, регионального (субъектов Российской федерации) до локального (отдельные

города, промышленные узлы и др. отдельные объекты). Кроме традиционного полиграфического издания «Национальный атлас России» планируется выпустить в электронном виде и на компакт-диске, что сделает его доступным для всех.

Другую важную группу комплексных атласов образуют *региональные атласы*. Значение этих атласов весьма велико и с годами растет. Это атласы частей государств. Некоторые из них по своей структуре и содержанию сходны с национальными атласами. Создание их требует проведения научно-исследовательских работ и нередко связано с организацией специальных экспедиционных исследований и полевых работ для сбора данных. Значительная часть региональных атласов предназначена для научных целей (научно-справочные), носит ресурсный или планировочный характер. Однако, выпускают и облегченные издания для широкого круга потребителей (научно-популярные и популярные). Пользование ими не требует профессиональной подготовки. Эти атласы включают лишь основные карты природы, населения и экономики. Часто эти атласы хорошо иллюстрированы, сопровождаются текстом и включают информацию о достопримечательностях и исторических памятниках картографируемой территории.

Для учащихся средней общеобразовательной школы, изучающих родной край, выпускают также *учебно-краеведческие атласы*.

6.3

Анализ атласов

Использованию любого атласа должен предшествовать его анализ, задача которого сводится к установлению наличия у конкретного картографического произведения свойств, которыми должен обладать любой атлас — полноты и внутреннего единства.

Анализ атласов следует проводить по этапам.

На первом этапе производится общее ознакомление с атласом, изучение его в целом, в результате которого устанавливается название атласа, год и место его издания, назначение, территориальный охват, к какой группе он относится по тематике и по структуре. Уже по оглавлению атласа, выявляется его структура, тематическая полнота каждого из разделов, масштабный ряд.

Далее определяются классы использованных для карт картографических проекций и обоснованность их выбора, особенности компоновок. Оценивается также уровень полиграфического исполнения всего картографического произведения.

На втором этапе проводится систематический сравнительный анализ разделов атласа и карт, входящих в них. Целью данного анализа является оценка степени пригодности карт и атласа в целом для решения поставленной задачи, соответствия атласа своему назначению.

Третий этап предусматривает сравнительный анализ карт атласа для определения внутреннего единства произведения, анализ согласованности тематических карт, отображающих различные, но взаимосвязанные явления.

В заключении производится оценка научной обоснованности и объективности карт атласа.

Глава 7

СИСТЕМА КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ

7.1

Школьные карты. Роль географической карты в обучении географии

Роль географической карты при изучении географии очень велика. Карта прежде всего необходима для усвоения размещения на земной поверхности изучаемых явлений. С ее помощью учащиеся могут устанавливать пространственные связи между явлениями — сначала простые, а затем все более сложные. Еще большие возможности для установления взаимосвязей между явлениями открывает сопоставление содержания разных по тематике карт. В современных школьных курсах этот прием находит широкое применение.

Карта является самым доступным средством активизации обучения школьников, развития у них самостоятельности, интереса и творческого отношения к предмету географии. По карте в школе могут решаться различные практические задачи, например, измерьте расстояние от одного пункта до другого, длину реки и других линейных объектов, вычислите площади территорий, определите направления, постройте профиль и т. д.

В процессе обучения географии карта способствует упорядочению географических знаний, облегчает их усвоение и запоминание.

При изучении карты и работы с ней перед учителем стоят три основные цели: научить учеников *понимать и читать карту*, а также добиться *знания карты*. Особое место в работе с картами в школе занимают также *картографические умения* — выполнение по ним измерений, решение различных практических задач. Картографические умения тесно связаны с картографическими знаниями и охватывают более широкий круг умений, чем собственно чтение карт.

7.2 Особенности школьных карт

По сравнению с другими картами школьные карты имеют ряд особенностей:

- согласованность их с соответствующей программой и учебниками и освобождение от излишних деталей. Чем младше учащиеся, тем меньше нагрузка карт для них. Чрезмерная детальность и нагрузка школьных карт может затруднить обозрение изучаемой территории, выявление нужных для изучения объектов. Это, однако, не означает, что на школьную карту наносится только то, что упоминается в учебнике. В этом случае карта не будет правдоподобно отражать действительность. Поэтому даже на картах для младших классов дается некоторая дополнительная нагрузка из объектов не упоминающихся в учебнике;

- обзорность, обеспечиваемая не только мелким масштабом, но и большой генерализацией и использованием особых графических приемов и прежде всего укрупнением условных знаков (особенно на стенных картах) и созданием многопланового изображения, когда на первый план выдвигается то, что учащиеся должны знать в первую очередь;

- повышенная наглядность, позволяющая учащимся легко ассоциировать данные на карте обозначения с соответствующими объектами в природе. Наглядность на картах достигается разными приемами — применением фоновых и штриховых расцветок, ассоциирующихся с природными (голубой фон озер, синие реки, зеленые леса и т. п.), размещением на полях карты художественных изображений объектов и местности в целом, изображенной на карте, применением многоплановости картографического изображения и др.;

- применение довольно ограниченного числа картографических проекций;

- масштаб на картах, предназначенных для изучения начального курса географии в младших классах обычно приводится именованный и линейный. Для старших классов на картах помещается и численный масштаб;

- ориентировка рамок школьных карт относительно линий картографической сетки выбирается такой, при которой средний меридиан проходит по середине карты. При этом сохраняется

направление север—юг в середине карты в привычном для учащихся положении (север — вверх, юг — вниз).

7.3

Классификация школьных карт

Как и все географические карты, учебные карты разделяют на различные группы по частному назначению. Собственно школьные карты по частному назначению делят на карты для начальных классов, средних классов и старших классов.

Школьные карты делят и по содержанию (общегеографические и тематические), а также по масштабу (топографические, обзорно-топографические и обзорные).

Принято также школьные карты разделять по *выполняемым ими функциям* в учебном процессе. По этому признаку их делят на настольные и стенные.

Настольные карты предназначены для индивидуальной работы учащихся в классе и дома. Это могут быть отдельные карты, карты учебника, помещенные в него в качестве приложения или вклеенные, карты, расположенные на форзацах или страницах учебника (так называемые текстовые карты).

Особо следует выделить *контурные, немые и полунемые* карты, а также *эскизные картосхемы*, карты с повышенной реалистической наглядностью — *анаглифические и картинные*.

Контурные карты — это одноцветные немые картографические изображения. Они представляют собой географическую основу с изображением географической сетки и элементов общегеографической карты. Предназначаются они для нанесения знаков и надписей названий изучаемых географических объектов и явлений с целью закрепления в памяти учащихся размещения и очертаний этих объектов. Наборы контурных карт издают для каждого курса школьной географии в сброшюрованном виде. При этом карты в наборах согласованы по масштабам, проекциям, густоте картографической сетки с картами школьных атласов одноименных территорий.

Контурные карты также используют в старших классах для составления картосхем, цель которых — показать взаимосвязи явлений и процессов.

Существуют и *стенные контурные карты*, называемые *индукционными*. Такие карты учитель применяет для объяснения нового материала и указаний по выполнению учащимися заданий на настольных контурных картах. Издаются стенные контурные карты на специальной синтетической основе, позволяющей вычерчивать на ней маркерами различные условные обозначения. Графический рисунок легко удаляется с поверхности, благодаря чему карта может использоваться для объяснения другой темы.

Эскизные картосхемы представляют собой картографические рисунки, выполняемые учителем или учащимся на глаз, без точного соблюдения масштаба.

Анаглифические карты — это карты, изображение которых напечатано дважды разными цветами с небольшим сдвигом. Эти карты рассматривают через специальные очки, у которых стекла также двух цветов. Благодаря поглощению стеклами очков лучей разных длин волн, читатель карты видит изображение объемным (стереоскопическим).

Картинные карты представляют собой географические карты, на которых вместо условных знаков использованы уменьшенные художественные изображения (картинки) объектов картографирования (рис. 7.1). Подобные карты, отличаясь повышенной наглядностью, применимы на самых первых ступенях изучения географии (в начальных классах).

Стенные карты предназначены для одновременного использования всеми учащимися в классе. Именно поэтому стенные карты изготавливают с учетом восприятия их содержания с расстояния нескольких метров. Отличительной чертой стенных карт является применение на них более крупных по сравнению с настольными картами условных обозначений и шрифтов. Особое требование к стенным картам состоит в согласованности их содержания с однотипными картами в школьных атласах.

Стенные карты для школы выпускают сериями, т. е. согласованными в отношении географической и математической основы, и конечно, содержания. Так, для курса физической географии материков издается серия карт материков, состоящая из физической, климатической карт, карты природных зон, населения и т. д. При этом согласование карт проведено не только для каждого материка в отдельности, но и между одноименными картами разных материков.



Рис. 7.1. Фрагмент картинной карты из туристического атласа

7.4

Школьные географические атласы

Школьные географические атласы — главные пособия для всесторонней самостоятельной работы учащихся в классе и дома. Как картографические произведения они обладают теми же свойствами, что и все атласы. Однако им присущи свойства, которые вытекают из специфики их назначения. Еще совсем недавно школьные атласы наряду с учебниками географии издавались для каждого класса в единственном утвержденном варианте. В настоящее время при вариативном подходе к изучению всех школьных дисциплин при изучении географии используют различные учебники, число которых увеличивается с каждым годом. Вследствие этого растет и число школьных атласов, издаваемых как государственными учреждениями, так и частными фирмами. Поэтому выбор того или иного атласа в качестве основного, обязательного пособия должен основываться на тщательном анализе всех существующих произведений этого рода. Анализ школьных атласов проводится учителем по той же схеме, что и любого атласа. Учитель географии, хорошо знающий особенности школьных атласов и умеющий их анализировать, сможет более грамотно организовать работу с ними, научить учащихся более полно использовать их в качестве источника географических знаний.

Отдельные школьные атласы помимо карт включают специальные методические вводные разделы, рассматривающие особенности карт атласа и указания по работе с ними, справочные сведения о важнейших объектах земной поверхности (реках, озерах, островах, самых высоких горных вершинах и т. д.). Кроме того, в атласах для старших классов справочные сведения помещают и на самих страницах атласа. Это различного рода диаграммы, таблицы, карты-врезки. Лучшие издания школьных атласов содержат космические снимки участков земной поверхности и общего вида Земли из космоса.

7.5

**Глобусы и другие картографические
произведения для школы**

Глобусы также являются важнейшими картографическими пособиями. Наиболее широко глобусы используют в начальных

классах. Глобус, как уменьшенная модель Земли, незаменим при изучении многих тем школьной географии. Он демонстрирует шарообразность Земли, дает правильное представление о взаимном расположении как элементов земного шара (земной оси, полюсов, экватора, тропиков, полярных кругов), так и отдельных частей земной поверхности (материков, океанов, островов, морей и т. д.).

Глобус обладает свойствами, которыми ни одна карта одновременно не обладает — *равнопромежуточности, равноугольности и равновеликости*. Благодаря этим свойствам он дает правильное соотношение длин (расстояний), сохраняет формы всех фигур (т. е. правильно передает очертания материков, океанов и островов и т. д.) и кривых линий, а также действительное соотношение площадей географических объектов. Поэтому особое значение глобус имеет для уяснения учащимися условности плоской формы карт, неизбежности геометрических искажений на них.

В нашей стране школьные глобусы выпускают разных размеров и масштабов, основными из которых являются 1:30 000 000, 1:50 000 000. Большие, классные глобусы используются как демонстрационные пособия, средние и малые — для самостоятельной работы учащихся в школе и дома. По содержанию глобусы могут быть политическими и физическими.

Кроме глобусов Земли в настоящее время выпускаются глобусы других планет, а также их спутников.

Рельефные карты — это карты с трехмерным изображением земной поверхности. По содержанию эти карты чаще всего бывают общегеографическими и физическими. Вертикальный масштаб этих карт по сравнению с горизонтальным значительно преувеличен, что делает их более выразительными и наглядными. Сами же формы рельефа показаны со значительным обобщением. На рельефных картах, как правило, применяют гипсометрические шкалы, родственные шкалам высот на обычных географических картах.

Профили — это вертикальные разрезы земной поверхности. Они бывают топографическими или орографическими, геологическими, почвенными, геоботаническими, климатическими и др. Принципы построения профилей по крупномасштабным и мелкомасштабным картам будут рассмотрены в главе 8.

Серии карт разной тематики позволяют построить комплексные профили, на которых, например, вдоль избранного направления показывают рельеф, почвы, растительность и любые другие показатели. Наиболее часто в школах используют орографические профили. Однако, могут быть построены и социально-экономические разрезы в том числе и комплексные, совмещающие, например, характеристики плотности населения, его половозрастной состав, занятость и др.

Блок-диаграммы представляют собой трехмерные плоские рисунки. Более известны блок-диаграммы, совмещающие вертикальный и горизонтальный разрезы (продольный и поперечный профили), которые показывают внутреннее геолого-геоморфологическое строение земной поверхности. Их строят по законам перспективы, для наглядности и выразительности дополняются послойной окраской.

В настоящее время возможно получать трехмерные блок-диаграммы на компьютере в виде перспективно смещенных горизонталей. Блок-диаграммы с нанесенными горизонталями позволяют определять абсолютную или относительную высоту, а также углы наклона поверхности в любой точке. Использовать их можно также для нанесения разнообразной тематической нагрузки.

Следует остановиться на тенденциях, определяющих настоящее картографии и географии, а именно на тесной интеграции этих наук с аэрокосмическим методом. У этих методов общий объект исследования — геосистемы. Снимки и карты имеют сходство как модели действительности. Много общего в восприятии и тех и других изображений человеком. При исследованиях по снимкам и по картам большей частью пользуются одними и теми же измерительными приемами. Много между этими моделями действительности и различий. Поэтому они хорошо друг друга дополняют. Такие свойства карт, как условность, абстрактность, генерализованность изображения легче постигается при сравнении их со снимками. Космические снимки широко используются в географических исследованиях. Внедрены они и в учебный процесс.

Федеральной службой геодезии и картографии России издаются специальные пособия для школ, включающие космические снимки с изображением Земли из космоса. Пособия включают таблицы и раздаточный материал, сопровождаются вопросами и заданиями для учащихся, используются как демонстрационные

пособия при изучении начального курса физической географии, освоении темы «Развитие географических знаний о Земле и современные исследования планеты с использованием космических изображений», а также тем «Форма и размеры Земли», «Природные зоны России». Продуктивно использовать данные пособия в сочетании с картами как стенными, так и атласными, а также с иллюстрациями в учебниках.

Глава 8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТ

8.1

Картографический метод исследования

Уже в первобытном обществе люди использовали картографические рисунки для ориентирования по ним, нанесения известных объектов (соседних поселений, мест рыбной ловли, охоты и т. п.).

В античной Греции и Древнем Риме по картам уже проводились измерения расстояний и площадей, а в средневековые карты начали использовать в мореплавании, путешествиях, ведении военных действий.

Разработка методов использования карт впервые была начата великим картографом Герардом Меркатором (1512—1594). Свои картографические произведения — глобусы, карты, атласы он сопровождал текстами-инструкциями по их использованию (определению действительных расстояний по ним, определению направлений, решению различных навигационных задач).

Тематические карты, появившиеся в XVIII—XIX вв. как результат систематизации накопленных к тому времени фактических знаний о Земле, сами стали мощным средством географических исследований. Именно по картам были открыты многие глобальные закономерности, установлены взаимосвязи между различными явлениями, открыты многие новые географические объекты. Все это положило начало использованию географических карт *для научных целей*, о котором и пойдет речь в данной главе. Убедительным доказательством действенности использования географических карт в научных целях является открытие по ним глобальных, например, климатических закономерностей и всеобщей географической зональности, теории мобилизма и дрейфа континентов, а также глобальной тектоники плит.

В России использование карт в научных целях началось с измерения по ним Петербургской Академией площади Государства Российского. Учеными-классиками в области использования карт в научных целях в России считают А.А. Тилло, Д.Н. Анучина,

работы которых были продолжены Ю.М. Шокальским. Весомый вклад в *картометрию* как особого раздела картографии внесли Г.А. Гинзбург, В.Н. Ченцов, В.П. Философов и другие талантливые картографы, а также замечательные географы Н.Н. Баранский, А.И. Спиридонов, К.К. Марков, Ю.А. Мещерский, Ю.Г. Смирнов. Обобщением многих работ в этой области явился капитальный труд Н.М. Волкова «Принципы и методы картометрии».

Центральное место раздела использования карт занимает *картографический метод исследования*. Впервые этот термин ввел советский картограф К.А. Салицев. Он писал: «Суть картографического метода состоит во включении в процесс исследования промежуточного звена — географической карты как модели изучаемых явлений. При этом карта выступает в двоякой роли: в качестве средства исследования и как его предмет в виде его модели, заменяющей собой реальные явления, непосредственное изучение которых невозможно или затруднительно». Дальнейшее развитие картографический метод исследования получил в трудах А.М. Берлянта.

Познание действительности с помощью картографического метода исследования А.М. Берлянт сводит к *следующим этапам*:

- наблюдение за элементами окружающей среды и получение соответствующей исходной информации, подлежащей картографированию;
- обработка полученной в результате наблюдений исходной информации;
- составление карты (или серии карт) на основе обработанной исходной информации;
- изучение карты (или серии карт) и извлечение новой, дополнительной информации, получение новых знаний об окружающей среде (части окружающей действительности). Познание в данном случае понимается в широком смысле слова и включает получение качественных и количественных характеристик, изучение взаимосвязей, динамики (временной и пространственной) явлений, их структуры, прогноз дальнейшего их развития.

Очень важно, что на этапах 2, 3 и 4 происходит отключение излишней информации, а на этапе 4 — приобретаются новые знания.

Изготовление карты приводит к новому пространственному образу действительности, а анализ составленной карты дает существенно новую информацию об отраженных на карте явлениях, сверх той, по которой первоначально составлялась карта.

Например, рельеф в горизонталях может быть построен достаточно формально по отметкам высот, полученным в результате топографической съемки. Геоморфолог же, используя изображение горизонталей, делает выводы о морфологии и генезисе данного рельефа. Не следует забывать, что создание карт может производиться не только по данным, полученным в результате непосредственного наблюдения натуры, но также с использованием уже имеющихся карт и других источников. Обработка карт-источников для получения производных карт — сложный научный процесс, включающий не только отбор необходимой информации, но и синтезирование ее.

Таким образом, картографирование, или картографический метод отображения, и картографический метод исследования отображенной части действительности перекрываются между собой (рис. 8.1). Так при создании любой карты отправным пунктом является ее назначение, т. е. дальнейшее ее использование. В процессе исследований создаются новые карты, которые в свою очередь тоже используют для исследований. При современной геоинформационной технологии создания карт оба метода еще более тесно переплетаются. При этом, однако, отраслевые специалисты, использующие тематические карты для исследований, могут и не иметь представлений о методах их создания.

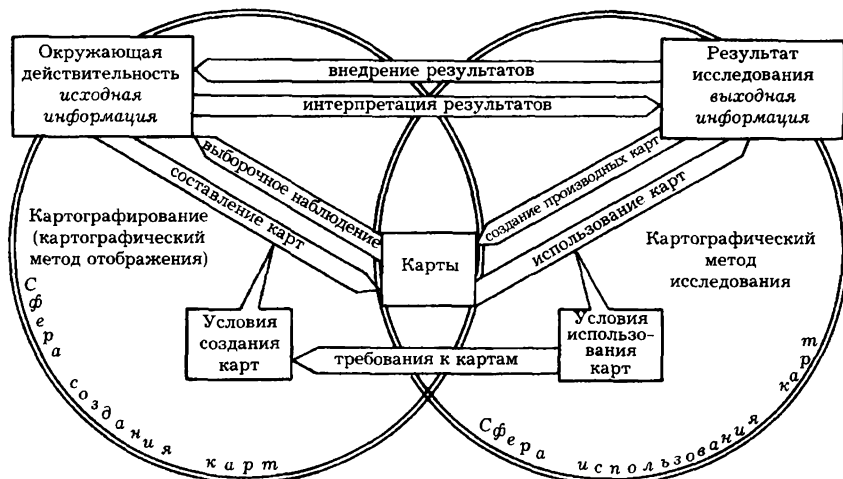


Рис. 8.1. Система «создание — использование карт» по Берлянту А.М.

8.2**Информативные свойства
географических карт**

Все ученые-картографы едины в том, что карта как модель действительности обладает высокой *информативностью*. Однако, в понимании сущности *картографической информации* до сих пор нет единства. Одни ученые, говоря о картографической информации, имеют в виду количество условных обозначений, другие — их разнообразие, третьи — вероятность появления того или иного знака и т. п. Каждое из этих пониманий имеет право на существование, если речь идет об оценке *нагрузки* карты. Однако информация, которую получает читатель карты, не сводится только к ее нагрузке. Читатель в процессе использования карты воспринимает не каждый знак в отдельности, а множество знаков одновременно, видит их пространственные комбинации. Этим карта отличается от других средств коммуникации. Кроме того, читатель извлекает дополнительную информацию, которая присутствует на карте как бы в скрытом виде. Он воспринимает особенности географического положения объектов, их конфигурации, взаимосвязи между изображенными явлениями и т. п. Эта информация, представляющая подчас наибольший интерес для потребителя карты, к сожалению, не поддается формальной оценке.

Для понимания сущности картографической информации не следует забывать, что карта — это образно-знаковая модель действительности. Пространственные комбинации знаков, их сочетания, конфигурация, соподчиненность, связи создают особый рисунок — *картографический образ*. Этот образ формируется с помощью множества графических средств — форма, цвет и его оттенки, величина, структура, ориентировка условных знаков. При оформлении карты картографы применяют многоплановость изображения, благодаря чему читатель карты сначала видит главное, а затем уже второстепенное. Применяют способы наложения и пересечения знаков, их группировка. Это приводит к тому, что при использовании карты у читателя создается не один картографический образ, а множество образов, из которых он выбирает те, которые его интересуют по содержанию, теме и цели. Понятно, что чтение карты, формирование образа требует географических знаний и определенного опыта.

Таким образом, сущность картографической информации не сводится только к нагрузке карты или количеству условных обозначений и степени их разнообразия. Картографическая информация по А.М. Берлянту — это результат восприятия картографических образов. Она возникает лишь в системе «карта — читатель карты». Картографические знаки (*КЗ*) формируют картографические образы (*КО*), а их восприятие дает картографическую информацию (*КИ*). То есть:

$$КЗ \rightarrow КО \rightarrow КИ.$$

8.3

Основные способы анализа географических карт

Применение картографического метода исследования основано на работе с картами как пространственными моделями действительности. Существует множество приемов анализа карт, среди которых наиболее распространены:

- *описания*, имеющие целью качественную характеристику явлений, изображенных на карте и позволяющие получить лишь общее представление о них;
- *графические приемы*, включающие построения по картам различных профилей, разрезов, графиков, блокдиаграмм и т. п.;
- *графоаналитические приемы* — картометрические и морфометрические измерения, обеспечивающие проведение различного рода измерений и вычисления количественных характеристик;
- *математико-картографическое моделирование* — построение и исследование моделей приемами математического, математико-статистического анализа, а также с использованием теории информации.

Приемы анализа образуют целостную систему, обеспечивающую многостороннее изучение отображенного на карте явления или объекта. Они взаимосвязаны и дополняют друг друга. Практически во всех исследованиях, проводимых по картам, применяется не один какой-либо прием, а их совокупность.

Названные здесь приемы исследований по картам давно вошли в практику, но не исчерпывают всего арсенала способов

получения по картам информации об интересующем потребителя объекте. Число приемов с годами растет и пополняется благодаря использованию карт в разных отраслях знаний. В разработке приемов активно участвовали и участвуют не только картографы и географы, но и геоморфологи, геофизики, математики, экономисты.

В зависимости от уровня механизации и автоматизации исследований, проводимым по картам, выделяют:

- *визуальный анализ или чтение карт*;
- *инструментальный анализ*, проводимый с использованием более или менее простых измерительных приборов;
- *компьютерный анализ*, выполняемый полностью в автоматическом режиме.

8.4 Описания по картам

Визуальный анализ и описания по картам — традиционные и общеизвестные приемы анализа, проводимого по картам. Следует различать понятия «анализ карты» и «визуальный анализ». Первый предназначен для выявления свойств самой карты, а последний — для выявления особенностей картографируемых явлений и объектов.

Визуальный анализ и описания по картам не возможно выполнять без умения их читать. *Чтение карты* — это процесс воссоздания действительности по образно-знаковой модели, какой является карта. Извлечение любой информации с карты должно начинаться с ее чтения. Однако качество чтения карт во многом зависит от глубины географических знаний читателя. Для опытного исследователя-географа, постоянно работающего с картами, любая карта более информативна, чем для школьника, знающего лишь азы географической науки.

Чтению карты должен предшествовать ее анализ.

Целью анализа карты является выявление степени ее пригодности для решения конкретных задач (научно-исследовательских, образовательных или практических). Вывод о качестве карты делается на основании оценки соответствия ее назначению, современности и достоверности, полноты, детальности, целесообразности выбора математической основы, способов картографического изображения, качества оформления, наличия

элементов оснащения, логики построения легенды, геометрической точности.

Анализ общегеографической карты проводится по следующей схеме:

1. Общие сведения о картографическом произведении — название, содержание, год, место издания, название издательства.

2. Математическая основа — главный масштаб, класс картографической проекции и ее свойства по характеру искажений; размещение линий и точек нулевых искажений, целесообразность ее выбора для данной территории.

3. Содержание карты по элементам (воды, рельеф, почвенно-растительный покров, населенные пункты, пути сообщения, границы) их классификация и способы изображения.

4. Особенности шрифтового оформления карты — их различия по цвету, характеру и размеру.

5. Характеристика оснащения карты — вспомогательных (легенды, масштаба, картографической сетки и т. д.) и дополнительных характеристик (карты-врезки, текстовые и статистические сведения, профили, диаграммы и т. п.).

6. Характеристика компоновки карты — ее размеры по внутренней, внешней рамкам, по обрезу; сведения о среднем меридиане, частоте картографической сетки, расположении элементов оснащения.

Завершается анализ карты выводами о ее соответствии назначению.

При анализе тематической карты отдельно оценивают географическую основу и специальное содержание, составляющее тему карты. В общих сведениях при этом указывают вид и тип тематической карты. При изучении легенды карты выявляют что показано на карте (объекты, явления, процессы, показатели) и как показано (способы картографирования каждого из элементов содержания).

При анализе серии карт характеризуют каждую из входящих в нее карты по приведенной выше схеме.

После анализа карты приступают к ее чтению и составлению по ней описания.

Цель визуального анализа — выявить особенности размещения явлений и их взаимосвязи. Хотя при описаниях по картам в основном дается качественная оценка изучаемых явлений, при

визуальном анализе можно прочесть и многие количественные характеристики.

Техника описаний проста, но при этом должны соблюдаться некоторые обязательные требования.

Во-первых, описывая территорию по изображенным явлениям важно соблюдать *порядок от общего к частному*, т. е. сначала следует дать характеристику основных, определяющих черт, а затем переходить к деталям и частностям. Любое описание, произведенное по карте, должно сопровождаться выводами.

Во-вторых, всякое научное описание должно быть логично и строго упорядочено, построено по определенному плану.

Например, описание по общегеографической карте включает следующие разделы:

1. Географическое положение описываемого района, форма его территории и размеры (площадь, длина, ширина).

2. Особенности природы района: рельеф, воды, элементы почвенно-растительного покрова; связи между рельефом и водами, рельефом и почвенно-растительным покровом.

3. Социально-экономические особенности, политико-административное деление, населенные пункты (их типы и людность), особенности расселения; транспортная освоенность территории и типы дорог, связь путей сообщения с рельефом.

Краткость, насыщенность фактическим материалом — важное требование, предъявляемое к описанию. Поэтому в него должны быть включены цифровые данные, графики, таблицы.

Преимущество качественных описаний перед количественными приемами анализа карт состоит в том, что они создают образное представление об изучаемом предмете и позволяют сделать выводы, зачастую более глубокие, чем если бы читатель следовал формальным расчетам и операциям.

Описания по картам широко используются также на предварительной стадии при планировании исследований, выборе картографических исходных материалов и методики исследований.

8.5

Графические приемы анализа карт

Графические приемы включают построение различного рода профилей, разрезов, диаграмм, блок-диаграмм.

Среди графических приемов анализа наиболее распространены *профили* и *разрезы*, имеющие вид

$$k = f(u),$$

где k — профилируемый параметр; u — расстояние вдоль заданного на карте направления.

Возможны также сечения по вертикали $k = f(H)$ и временные разрезы $k = f(T)$.

Например, профиль, построенный по горизонталям и высотным отметкам на топографической карте, или профиль рельефа, по мелкомасштабной общегеографической карте с изображением рельефа гипсометрическим способом (рис. 8.2, 8.3). Построение этих профилей производится по общим принципам. Однако имеются в этих процедурах и различия в связи с тем, что на топографических картах используется постоянная шкала рельефа (сечение рельефа) в пределах карт одного масштаба, а на мелкомасштабных картах она переменная и зависит не только от масштаба, назначения карты, но и от характера картографируемой

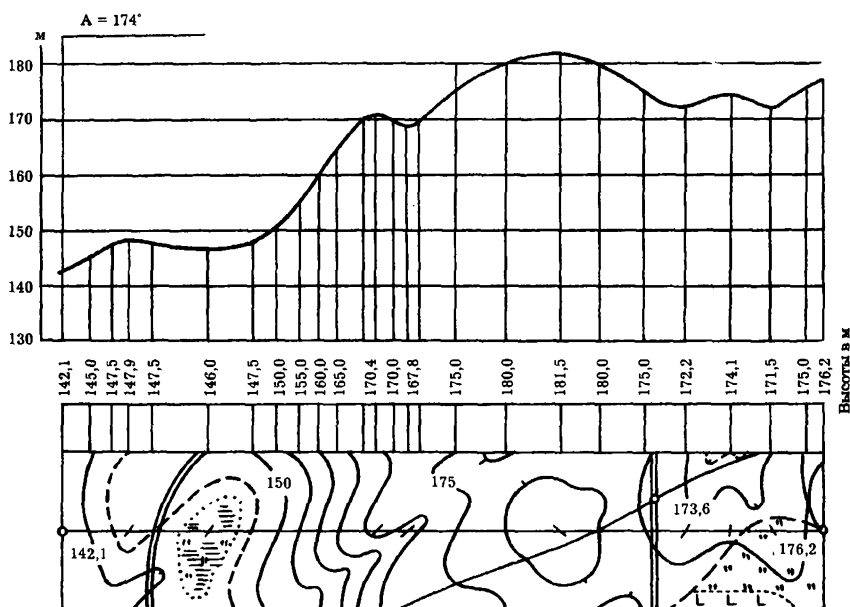


Рис. 8.2. Профиль, построенный по топографической карте

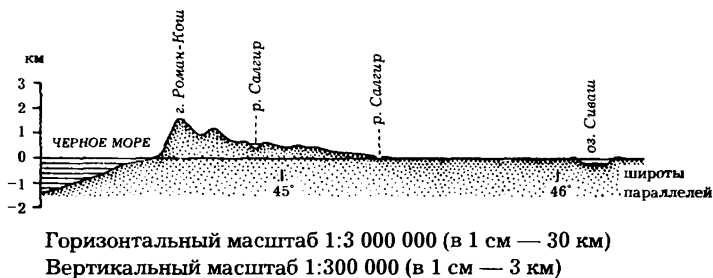


Рис. 8.3. Профиль Крымского п-ва вдоль меридиана 34°15', построенный по мелкомасштабной карте

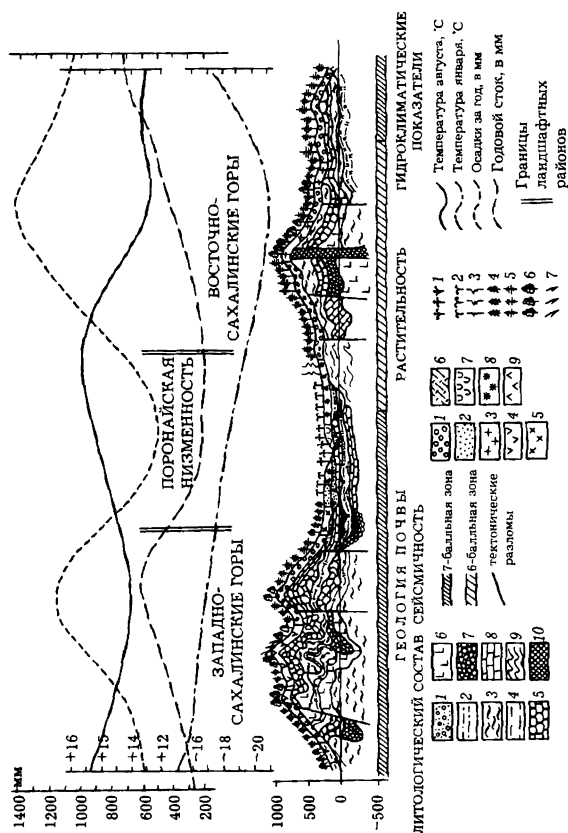
территории. Профиль по мелкомасштабной общегеографической карте с изображением рельефа гипсометрическим способом строится таким образом, что высоты и глубины откладываются по вертикали согласно изогипсам и изобатам, значение которых определяются цветом шкалы высот и глубин. Из-за мелкого масштаба такие профили лишь схематично (генерализованно) передают структуру рельефа (см. рис. 8.3)

В научных исследованиях, а также в учебной работе часто возникает необходимость отображения взаимосвязей между несколькими явлениями, например, между геологическим строением, рельефом, почвами, растительностью территории. В этом случае прибегают к построению *комплексных профилей*, исходными материалами для которых являются карты разной тематики. На комплексных профилях совмещение явлений производится по вертикали, а не в горизонтальной плоскости, но от этого наглядность только выигрывает (рис. 8.4).

Комплексные профили способствуют выявлению взаимосвязей и взаимозависимостей между компонентами природы исследуемой территории, уяснению ее ландшафтной дифференциации.

Комплексные профили можно построить и для социально-экономических явлений (социально-экономические разрезы). Так, например, для характеристики населения вдоль заданного направления можно совместить характеристику его плотности, возрастной состав, уровень грамотности и т. п.

Диаграммы, построенные по данным, снятым с карт, позволяют анализировать распределение явлений, динамику и зависимость между ними. Помимо линейных, площадных и объемных



Литологический состав: 1 — галечники и пески; 2 — суглинки; 3 — глины и алевроиты; 4 — глинистые сланцы и аргиллиты; 5 — песчаники; 6 — туфы; 7 — конгломераты; 8 — известняки; 9 — сланцы; 10 — угли.

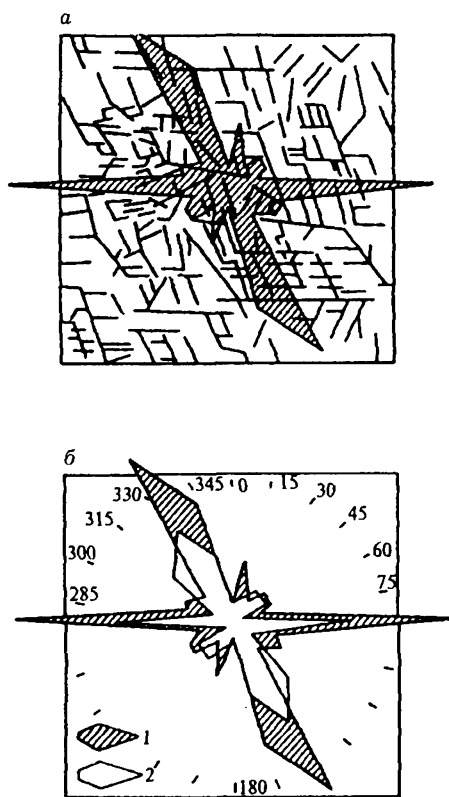
Почвы: 1 — горные буротаежные; 2 — буротаежные типичные; 3 — горные лесные; 4 — горные лесные оподзоленные; 5 — горные буротаежные задернованные; 6 — буротаежные перегнойные; 7 — лугово-глебовые; 8 — торфяно-глебовые; 9 — слабопodzольные.

Растительность: 1 — пойменная; 2 — верховые сфагновые болота; 3 — лиственничные марьи; 4 — елово-пихтовые таежные леса; 5 — елово-пихтовые зеленомошные леса; 6 — леса каменной березы; 7 — заросли кедрового стланника

Рис. 8.4. Комплексный профиль поперек острова Сахалин. Составлен по картам Атласа Сахалинской области (1967).

диаграмм в исследованиях часто используют розы-диаграммы, передающие преобладающие направления явлений (ветров, миграций животных и т. д.).

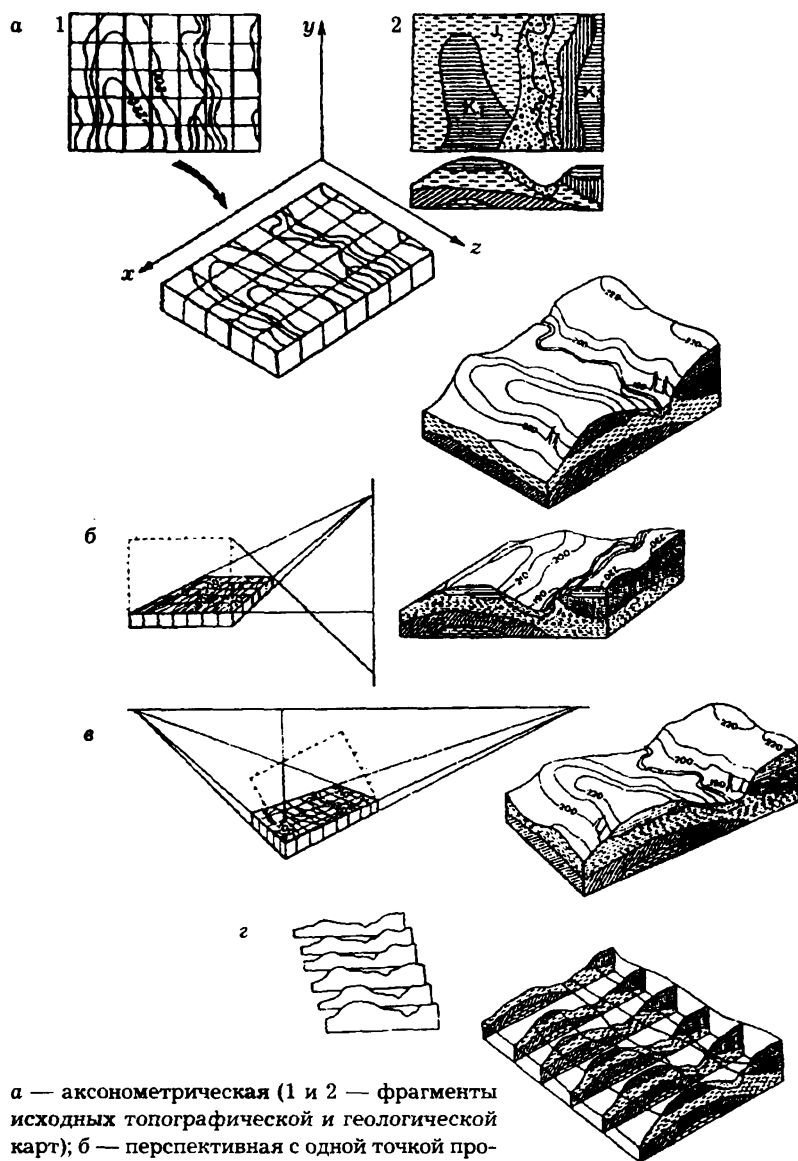
Для построения розы-диаграммы на карте выделяют все линейные элементы и измеряют их азимуты. Далее строят розу-диаграмму, лучи которой пропорциональны суммарной длине элементов соответствующего азимута (рис. 8.5).



а — спрямленные элементы орогидрографии и построенная по ним роза-диаграмма; б — совмещение роз-диаграмм спрямленных элементов орогидрографии (1) и тектонической трещиноватости (2).

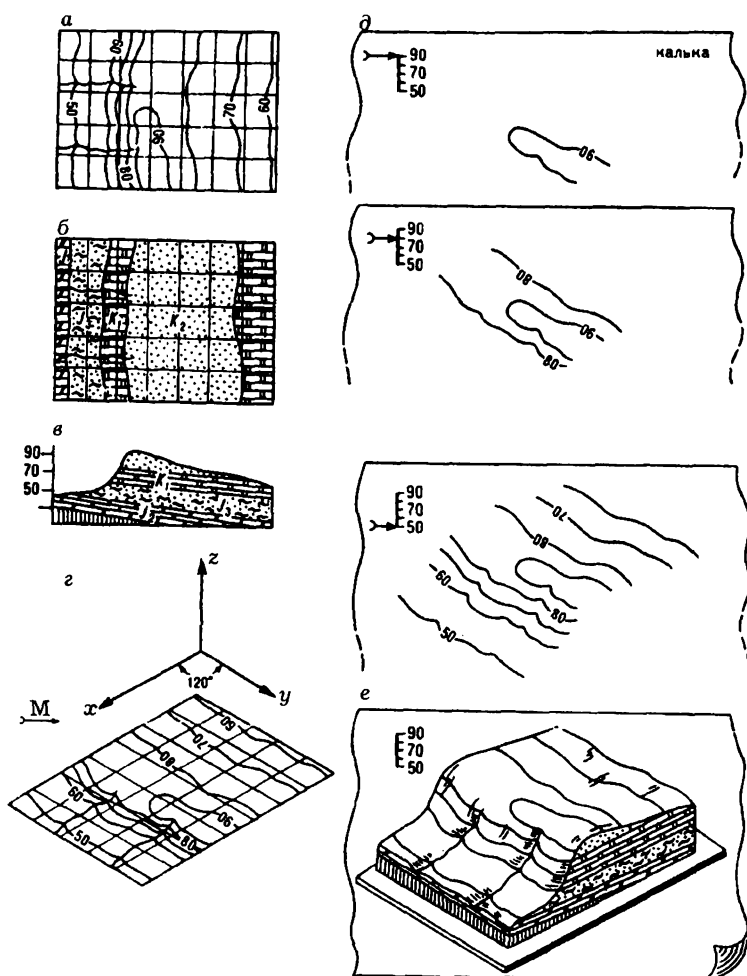
По Берлянту А.М.

Рис. 8.5. Розы-диаграммы, построенные по топографической и геологической картам



а — аксонометрическая (1 и 2 — фрагменты исходных топографической и геологической карт); б — перспективная с одной точкой проектирования; в — перспективная с двумя точками проектирования; г — система параллельных разрезов

Рис. 8.6. Блок-диаграммы



Калькой покрывают трансформированную общегеографическую карту, совмещая марку t с самой верхней отметкой на шкале масштаба, и вычерчивают на ней горизонталь, имеющую эту же отметку — в нашем примере 50 м (D_1). Сдвигая кальку вверх так, чтобы марка t находилась против следующей отметки шкалы, наносят на кальку следующую горизонталь — 40 м (D_2). Таким же образом переносят все остальные горизонталы.

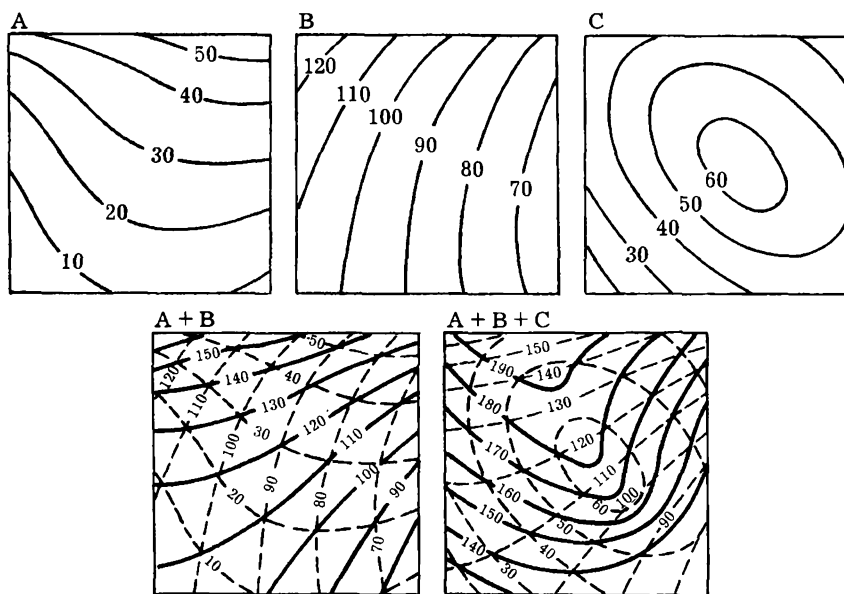
Концы горизонталей соединяют плавными линиями, которые оконтуривают верхнюю поверхность блок-диаграммы. На ней наносят географическую ситуацию, а на построенные ребра и боковые грани — геологический профиль

Рис. 8.7. Построение блок-диаграммы в аксонометрической проекции

Блок-диаграммы позволяют получить трехмерное (перспективное) изображение путем совмещения продольного и поперечного профилей (рис. 8.6). Тематика блок-диаграмм может быть различной и в этом случае для их построения необходимы карты разного содержания. Широкое распространение в учебной и в частности школьной практике блок-диаграммы получили благодаря своей наглядности. Наибольшую известность имеют геологические блок-диаграммы, показывающие рельеф территории совместно с геологическими и геолого-морфологическими профилями, почвенные блок-диаграммы, дающие представление о соотношении рельефа, ландшафта и почв.

Строятся блок-диаграммы обычно в аксонометрической (с углами между осями x , y , z , равными 120°) проекции (рис. 8.7).

К графическим приемам исследований, проводимым по географическим картам, относят действия с поверхностями — *сложение их и вычитание*, а также *умножение*. Эти действия производят, естественно, по изолинейным картам. Задача графического



А, В, С — слагаемые поверхности; А + В и А + В + С — суммарные поверхности (сплошными линиями показаны изолинии сумм)

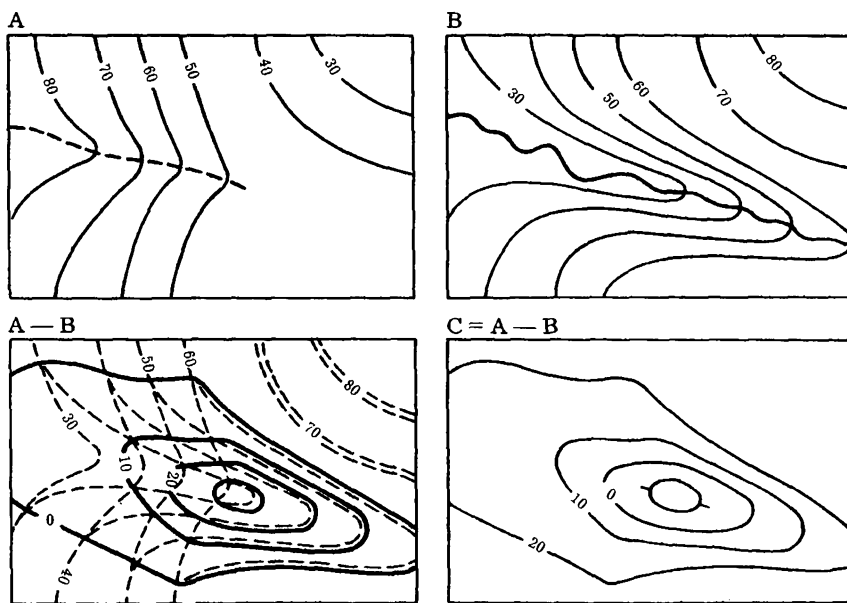
Рис. 8.8. Графическое сложение поверхностей

сложения поверхностей может возникнуть, например, при определении общего количества осадков, общей суммы температур и т. п.

Графическое сложение поверхностей производится с помощью выкопировок на прозрачной основе (кальке, пластике) изолиний с исходных материалов и совмещения их друг с другом по границам территории. В точках пересечения изолиний находятся суммарные величины двух систем изолиний, а далее по одинаковым значениям этих суммарных значений строится новая система изолиний (рис. 8.8).

Задача *графического вычитания поверхностей* может возникнуть при различных балансовых расчетах. Этот прием был применен, например, при построении карты толщины ледникового покрова Антарктиды.

Графическое вычитание поверхностей производится аналогично сложению с той лишь разницей, что в точках пересечения двух систем изолиний находится разность их величин, одинаковые значения которых соединяются плавными линиями (рис. 8.9).



А и В — исходные поверхности;

А — В — совмещение поверхностей и вычитание; С — карта разности

Рис. 8.9. Графическое вычитание поверхностей

8.6

**Графоаналитические приемы анализа карт.
Картометрия и морфометрия**

Графоаналитические приемы — картометрия и морфометрия — используют для определения по картам количественных показателей размеров, формы и структуры объектов.

К картометрическим показателям относят размер (длина, площадь, объем) и ориентировку (азимут, экспозиция, угол наклона), а также географические и прямоугольные координаты объектов.

К картометрии относят также и исследования точности измерений по картам.

Морфометрия занимается расчетами показателей формы и структуры объектов. К ним относятся очертания объектов, кривизна линий и поверхностей, горизонтальное и вертикальное расчленение поверхностей, уклоны, плотность и густота объектов, степень однородности контуров. Морфометрические показатели, как правило, относительны и вычисляются они на основе картометрических показателей. Например, плотность объектов — это число их на единицу площади, извилистость линии — отношение длины кривой к длине плавной огибающей и т. д.

Морфометрические показатели могут рассчитываться как по регулярной сетке квадратов, так и по естественным природным районам. Выбор размера участка, в пределах которых будут производиться вычисления, зависит от многих факторов. От него зависит точность расчета показателей и репрезентативность результатов.

8.7

Измерение длин линий по картам

Измерение длин прямых и ломаных линий на крупномасштабных и среднемасштабных картах производится с помощью циркуля-измерителя и поперечного масштаба (рис. 8.10 и 8.11) с точностью близкой к предельной точности данной карты. При измерении длин линий по картам следует помнить, что в результате измерений получают не длины на земной поверхности, а величину их горизонтальных проекций на эллипсоиде. При малых углах наклона поверхности разница в длине наклонной линии

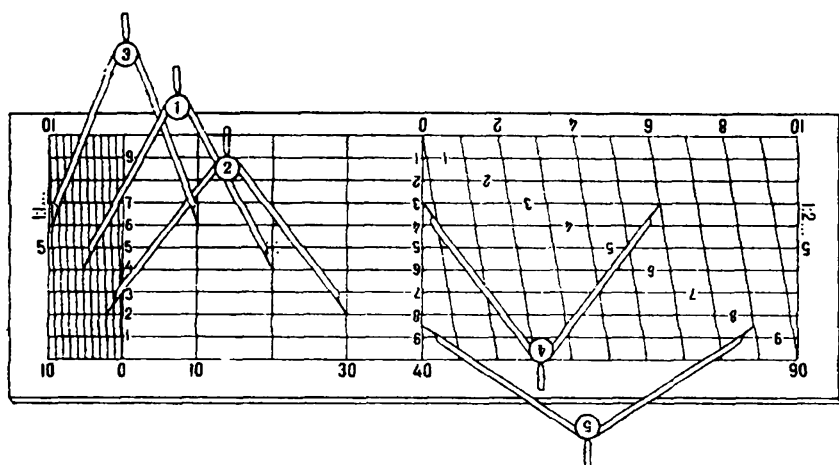


Рис. 8.10. Одна из сторон металлического поперечного масштаба ЛПМ-1

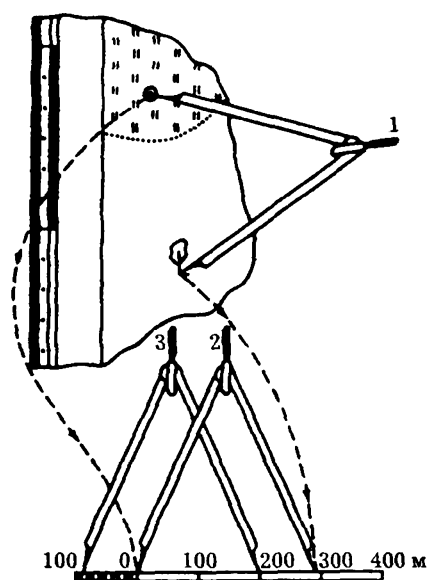


Рис. 8.11. Положение циркуля-измерителя при измерении расстояний по карте с помощью линейного масштаба

и ее горизонтальной проекции мала и может не учитываться. При измерении расстояний в гористых и горных районах действительное расстояние вычисляется по формуле:

$$S = d \cos \alpha,$$

где d — длина горизонтальной проекции линии; α — угол наклона.

Углы наклона на топографической карте можно определить по снятому циркулем-измерителем в данном месте карты заложению (расстоянию между двумя соседними горизонталями) и шкале заложений, размещенной на полях внизу под рамкой карты (рис. 8.12).

Аналогичным образом измеряют длины ломаных линий, беря в раствор циркуля-измерителя каждый прямолинейный отрезок ломаной отдельно и суммируя их.

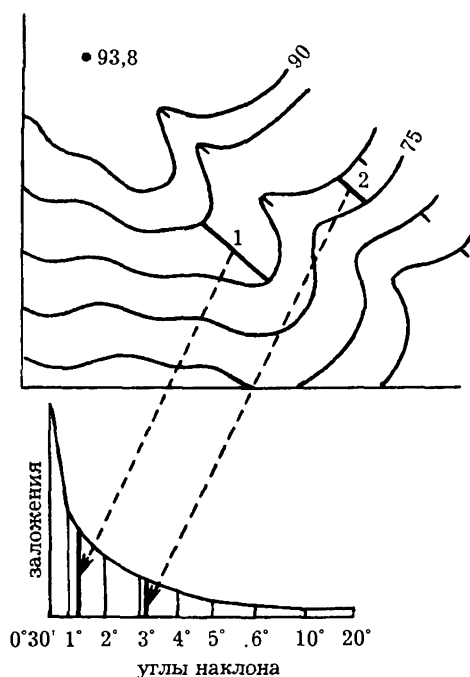


Рис. 8.12. Определение угла наклона (крутизны ската) путем переноса заложений с карты на график заложений $\alpha_1 = 1^\circ 20'$, $\alpha_2 = 3^\circ 10'$

Очень плавные кривые линии измеряют как ломаные, разбив предварительно их на прямые отрезки. Для измерения сильно извилистых линий — рек, береговых линий морей, озер, контуров и т. д. — пользуются циркулем-измерителем с малым раствором (1,0 мм, 2,0 мм, 4,0 мм), переставляя его («шагая») по всем изгибам линии. Понятно, что чем извилистость больше, тем меньше раствор циркуля следует выбирать для измерения линии. Зная, какой длине на местности соответствует раствор циркуля и сколько «шагов» при прохождении всей линии сделано, определяют общую ее длину (рис. 8.13). Следует помнить, что такой способ при

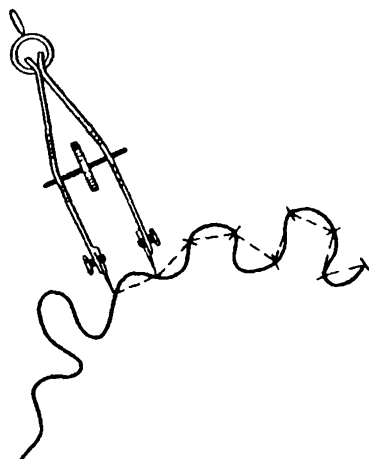


Рис. 8.13. Измерение длин извилистых линий с помощью циркуля-измерителя с малым раствором игл

всей его трудоемкости не дает истинных длин линий, особенно, если измерения проводились по среднемасштабной карте, так как в результате генерализации извилистые линии на карте укорочены по сравнению с действительными. Кроме того, перемещающая циркуль-измеритель по извилистой линии измеряют не сами извилины, а их стягивающие хорды. При уменьшении же раствора приходится сделать большее число «шагов», что приводит к увеличению систематической ошибки измерений. Поэтому измерения извилистых линий проводят двумя разными растворами.

Тогда истинная длина извилистой линии может быть вычислена по формуле:

$$l_0 = l_1 + \frac{1}{3}(l_1 - l_2) - \frac{1}{3}k(l_1 - l_2),$$

где l_1 и l_2 — длины, измеренные двумя разными растворами циркуля-измерителя d_1 и d_2 . При этом $d_2 > d_1$; коэффициент k рассчитывается из соотношения:

$$k = \frac{0,5d_2 - d_1}{d_2 - d_1}.$$

Для измерения кривых линий пользуются также специальным прибором — *курвиметром* (рис. 8.14). Находящееся в нижней части прибора колесико катят по измеряемой кривой. Пройденный путь в сантиметрах считывают по циферблату. Измеренную по карте длину переводят в натуральную величину. Очевидно, что точность измерения кривых линий курвиметром ниже, чем циркулем-измерителем. Кроме того, его не следует использовать для измерения мелкоизвилистых кривых.

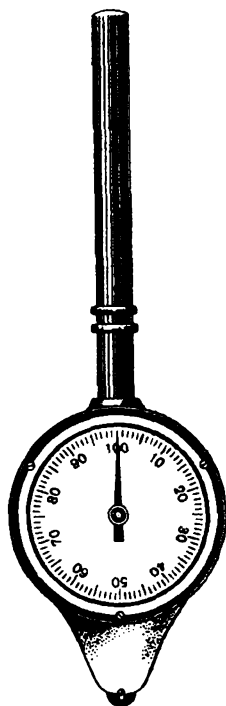


Рис. 8.14.
Курвиметр

В исследованиях, проводимых по картам, часто возникает необходимость подсчета суммарной длины извилистых линий, например, длину всех рек в речном бассейне. Такие измерения в практике географических исследований приходится проводить чаще, чем измерения длин отдельных линий, или их участков.

Использование описанного выше способа поочередного промера каждой отдельной линии делают такие измерения весьма трудоемкими. В этом случае прибегают к косвенному измерению, основанному на статистических закономерностях. Доказано, что если на группу произвольно ориентированных на карте линий наложить сетку квадратов, со

стороной d , то число пересечений m извилистых линий со сторонами квадратов будет пропорциональным их суммарной длине:

$$\Sigma D_L = \frac{\pi}{4} dm.$$

Таким образом, для подсчета суммарной длины извилистых линий на некотором участке карты достаточно наложить на них прозрачную палетку с сеткой квадратов и подсчитать число пересечений каждой из линий со сторонами квадратов (рис. 8.15). Погрешность таких косвенных измерений составляет 3—5%.

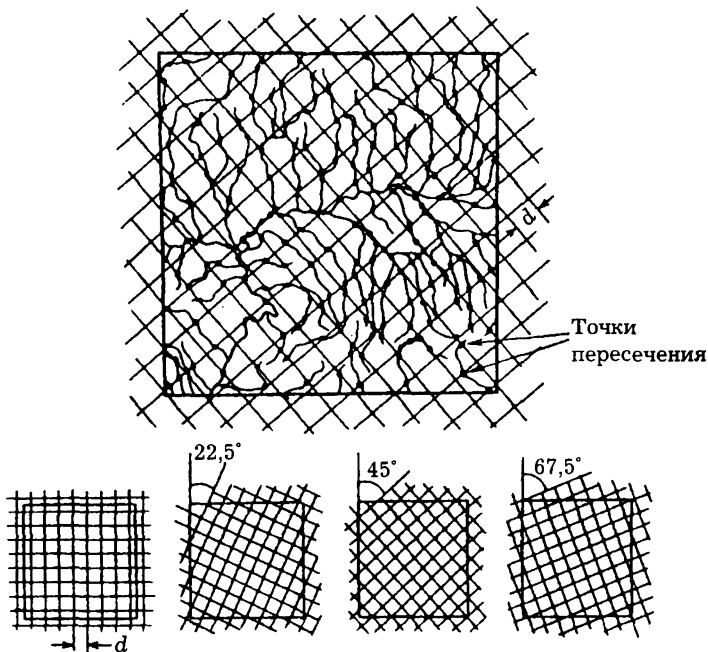


Рис. 8.15. Определение суммарной длины извилистых линий с помощью вероятностной квадратной палетки. Показаны разные положения палетки при четырехкратных измерениях

Точность определения суммарной длины извилистых линий возрастет, если измерения произвести при разных положениях палетки. Тогда при N произведенных измерений (числе наложений

палетки) суммарная длина извилистых линий вычисляется по формуле

$$\Sigma D_L = \frac{\pi}{4N} dm.$$

Понятно, что точность измерений будет зависеть от параметра палетки d , числа наложений N и от плотности самих линий и их взаимной ориентировки.

8.8

Измерение площадей и объемов

Измерение площадей при географических исследованиях по картам производится *планиметрами* и с помощью *палеток* различного вида. Наиболее распространен полярный планиметр (рис. 8.16). Действие полярного планиметра основано на существующей зависимости площади фигуры и ее линейных элементов. Прибор имеет два рычага — полюсный (1) и обводной (4) и счетное устройство (6, 7, 8, 9). Полюсный рычаг соединен с обводным рычагом шарниром (2), а другой конец опирается на неподвижный полюс — тяжелый цилиндр с иглой в нижней его части (3). При работе благодаря игле обеспечивается неподвижность полюса. Обводным рычагом со шпилем на конце (5) обводят измеряемую площадь по контуру. В произвольно выбранной начальной точке контура берут отсчет m_1 по счетному механизму. Обведя

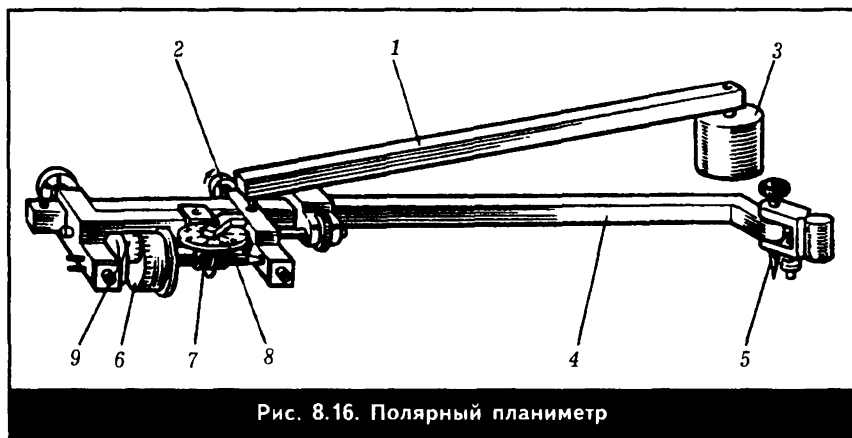


Рис. 8.16. Полярный планиметр

контур по часовой стрелке и возвратившись вновь в начальную точку, берут второй отсчет m_2 . Площадь контура вычисляют по формуле:

$$P = C (m_1 - m_2),$$

где C — цена деления планиметра, определяемая путем промера какой-либо известной площади $P_{\text{изв.}}$. Такой известной площадью на топографической карте является квадрат сетки прямоугольных координат, проводимой через километр или два, а на мелкомасштабной карте — трапеции, образованные меридианами и параллелями, площадь которой можно взять из специальных таблиц.

$$C = \frac{P_{\text{изв.}}}{n_2 - n_1},$$

где n_1 и n_2 отсчеты по счетному устройству соответственно в начале обводки известного контура и в конце.

Точность измерения площадей планиметром составляет примерно 2—3%. Для повышения точности измерения обводку контура производят и против часовой стрелки.

Универсальным способом измерения по картам площадей контуров, имеющих сложную неправильную форму, можно считать *палетки*.

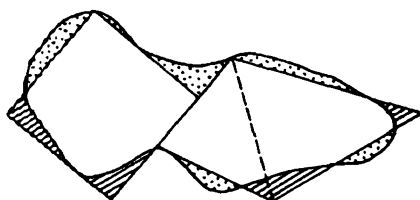
Все палетки представляют собой прозрачные пластинки (сделанные из пластика, кальки) с нанесенными на них сеткой квадратов (*сеточные палетки*), точками (*точечные палетки*) или параллельными линиями (*параллельные палетки*).

Палетки накладывают на контур, площадь которого необходимо определить. Если используют сеточную палетку (рис. 8.17), то сначала подсчитывают все полные квадратики, оказавшиеся внутри контура. Долю неполных квадратиков оценивают на глаз и суммируют:

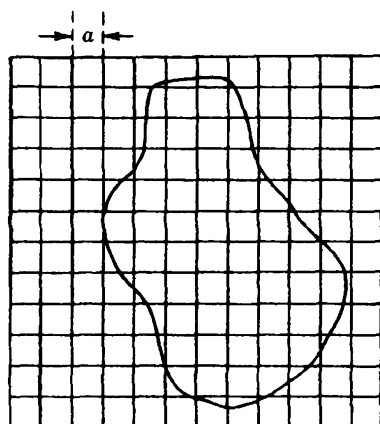
$$P = a^2 n.$$

В этой простой формуле a — сторона квадратика сетки, выраженная в масштабе карты, n — число квадратиков, покрывающих контур.

В случае использования для измерения площади контура точечной палетки (рис. 8.18), подсчитывают число точек, попавших в контур. Вычисление площади ведется по той же формуле, но a



Спрямление криволинейных границ участка и разбивка его площади на простые геометрические фигуры: точками обозначены отсекаемые участки, штриховкой — причленяемые участки



Площадь участка $P = a^2 n$, a — сторона квадрата, выраженная в масштабе карты; n — число квадратов, попавших в пределы контура измеряемого участка

Рис. 8.17. Квадратная сеточная палетка, наложенная на измеряемую фигуру

в данном случае — расстояние между точками палетки, а n — их количество в измеряемом контуре.

При измерении площади контура параллельными палетками (рис. 8.19) используют формулу:

$$P = h \Sigma l,$$

где h — расстояния между линиями, l — средние (пунктирные) линии.

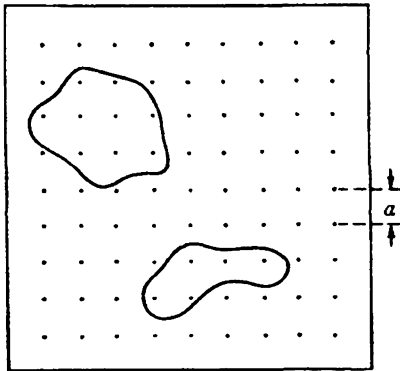
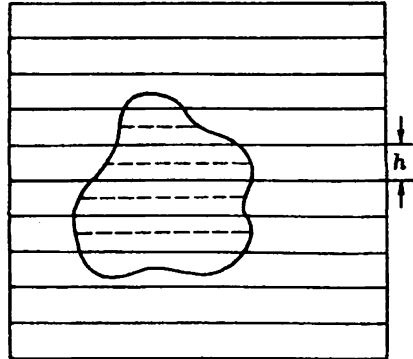


Рис. 8.18. Точечная палетка — видоизмененная квадратная палетка $P = a^2 n$



Площадь фигуры равна сумме длин отрезков (средних пунктирных), отсекаемых контуром участка, умноженной на расстояние между линиями палетки. $P = h \Sigma l$

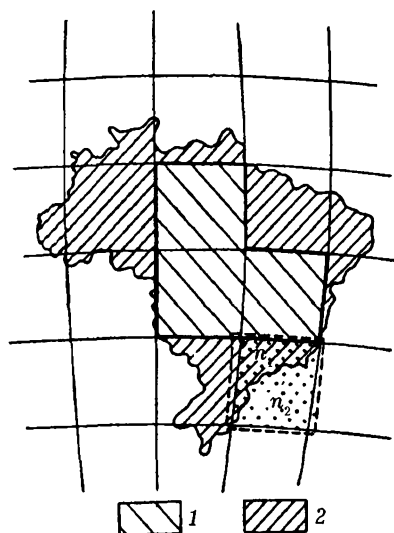
Рис. 8.19. Палетка, состоящая из системы параллельных линий

Измеренную на карте любой палеткой площадь следует перевести в натуральную величину (действительную на местности) с помощью *масштаба площадей*, который равен квадрату линейного масштаба. Если линии на карте уменьшены по сравнению с их длинами на местности в n раз, то площади уменьшаются n^2 раз. Например для масштаба 1:10 000 (1 см — 100 м) масштаб площадей будет равен $(1:10\,000)^2$ или $1\text{ см}^2 — (100\text{ м})^2$, т. е. 1 га.

Экспериментально установлено, что точность измерения площадей палетками не ниже, а для мелких контуров выше точности планиметра.

Измерение площадей на мелкомасштабных картах (рис. 8.20), имеющих искажения, состоит в сгущении сетки меридианов и параллелей и получении более мелких трапеций, в пределах которых колебания масштаба площадей не столь значительны.

Трапеции, которые целиком вписываются в контур, не измеряют. Их площадь определяется с помощью специальных таблиц. В остальных неполных трапециях, попавших в пределы контура, по точечной палетке подсчитывают число точек n_1 в пределах



- 1 — трапеции, площадь которых определяется по таблицам;
2 — площадь в «неполных» трапециях

Рис. 8.20. Определение площади по карте в неравнелинейной проекции

контура и число точек n_2 за пределами его. Площадь неполной трапеции вычисляется по формуле:

$$P_1 = \frac{P}{N} n_1 \left(1 + \frac{v}{N} \right),$$

где P — площадь трапеции на земном эллипсоиде, взятая из специальных таблиц; N — число точек, попавших в пределы данной трапеции.

$$v = N - (n_1 + n_2).$$

Однако лучше выбирать для измерения площадей карты в равнелинейных проекциях.

Определение объемов (объемов осадков, поверхностного и подземного стоков и т. п.) по изолинейным картам можно вычислить как сумму объемов отдельных слоев, заключенных между плоскостями сечения (объемов усеченных конусов).

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n =$$

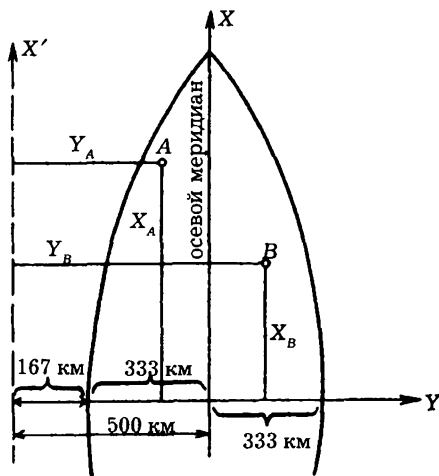
$$= \frac{P_1 + P_2}{2} Z_1 + \frac{P_2 + P_3}{2} Z_2 + \dots + \frac{1}{3} P_n \Delta Z,$$

где P_i, P_{i+1} — площади плоскостей, ограничивающих слой; Z — высота слоя; $\frac{1}{3}Z$ — объем вершины (конуса с высотой Z).

8.9

Определение прямоугольных и географических координат

Прямоугольные координаты X и Y определяют положение точки на плоскости, в зоне Гаусса—Крюгера, относительно осей прямоугольных координат — экватора и осевого меридиана в километрах. Линии экватора и осевого меридиана взаимно перпендикулярны. В отличие от декартовой системы, принятой в математике, в картографии за ось X принимается вертикальная линия



$X_A = 6\,230\,200$	$X_B = 4\,200\,370$
$Y_A = 7\,400\,150$	$Y_B = 7\,630\,080$

Рис. 8.21. Оси прямоугольных координат зоны и координаты точек A и B , расположенных в 7 зоне

осевого меридиана, направленная на север, а за ось Y — линия экватора, направленная на восток. Таким образом, для территории России, расположенной в северном полушарии, все абсциссы (расстояния от экватора) положительны. Ординаты же в каждой зоне при таком положении осей координат могут быть как положительными, так и отрицательными. Для того, чтобы при работе не иметь дело с отрицательными ординатами, ось абсцисс переносят к западу за пределы зоны на 500 км (рис. 8.21). Число 500 выбрано потому, что расстояние от осевого меридиана до крайнего западного меридиана 3° , т. е. примерно 333 км и было бы неудобным отсчитывать все ординаты от оси с такой ординатой.

Таким образом, каждая из 60 зон Гаусса—Крюгера имеет свою систему прямоугольных координат, в которой ось ординат является единой для всех зон, а ось абсцисс в каждой зоне своя. Поскольку координаты точек в различных зонах могут иметь одинаковые значения, впереди ординаты точки указывается номер зоны. Например, координаты точки A , расположенной в 4-й зоне, $X = 5\,346\,200$; $Y = 4\,370\,150$.

Для измерения прямоугольных координат и нанесения точек по заданным координатам в пределах каждой зоны через 1 км (или

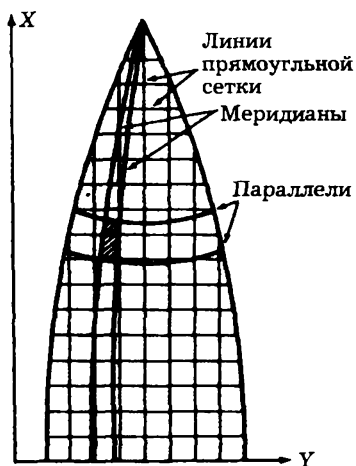


Рис. 8.22. Схема расположения листа карты (заштрихован) и линий прямоугольной координатной сетки в пределах зоны

через 2 км для масштаба 1:100 000) проведены линии, параллельные осям координат, т. е. осевому меридиану и экватору. Эти линии образуют сетку квадратов и называются *километровой сеткой* или *сеткой прямоугольных координат* (рис. 8.22, 8.23).

Параллельные между собой линии километровой сетки не параллельны рамкам карты, так как оси координат не параллельны меридианам и параллелям. Вполне понятно, что каждая линия, параллельная экватору, имеет постоянную абсциссу, а каждая линия параллельная осевому меридиану — постоянную ординату. Значения координат линий километровой сетки, выраженные в км,

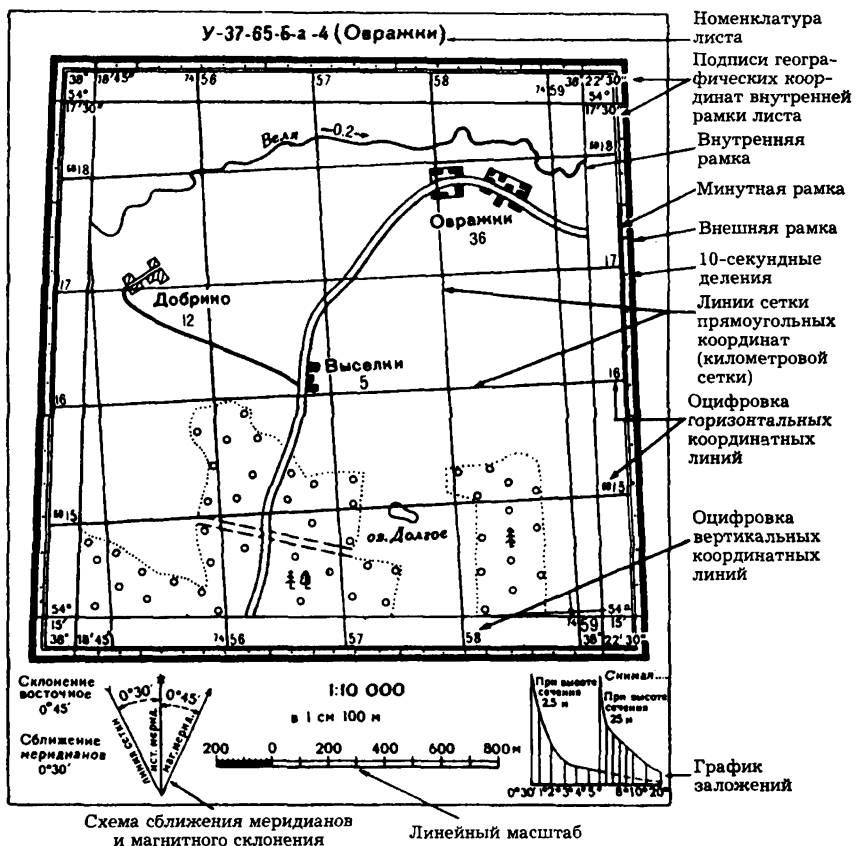


Рис. 8.23. Схематическое изображение листа топографической карты

подписаны между внутренней и минутной рамками — абсциссы справа и слева, ординаты — сверху и снизу. Причем, вблизи углов рамок трапеции карты координаты подписываются полностью (первые две — более мелким шрифтом, две последние — более крупно), у промежуточных линий указывают только две последние цифры (рис. 8.24).

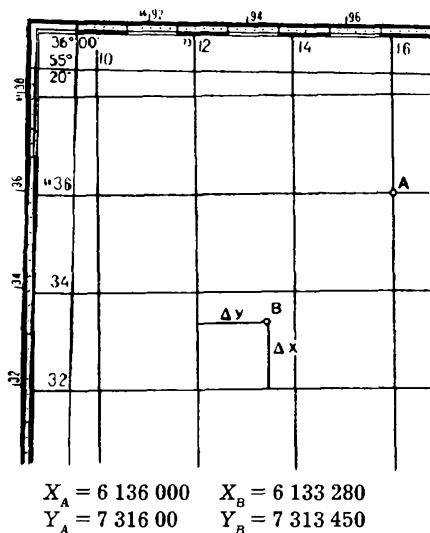


Рис. 8.24. Положение и оцифровка линий прямоугольной координатной сетки на листе карты масштаба 1:100 000 (фрагмент) и определение прямоугольных координат точек

Значения прямоугольных координат точки (объекта) определяются с помощью километровой сетки. Если точка находится на линиях километровой сетки, то прямоугольные координаты получают сразу, прочитав оцифровку координатных линий на рамках карты:

$$X_A = 6\,136\,000; Y_A = 7\,316\,000.$$

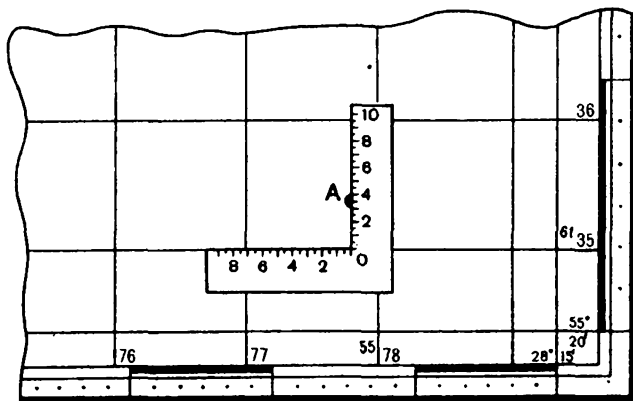
Если же точка лежит внутри клеток сетки, то координаты определяются по координатам ближайших линий километровой сетки и приращением координат. Так, например, координаты точки В (рис. 8.24) вычисляются следующим образом:

$$X_B = 6\,132 + \Delta X; Y_B = 7\,312 + \Delta Y.$$

Приращения ΔX и ΔY измеряют с помощью циркуля-измерителя и линейного масштаба карты и суммируют с координатами километровых линий. В результате получаем:

$$\begin{aligned} X_B &= 6\,133\,280; \\ Y_B &= 7\,313\,450. \end{aligned}$$

Приращения координат могут быть измерены с помощью специального координатомера — угольника с взаимно перпендикулярными сторонами (рис. 8.25).



$$X_A = 6\,135\,350 \quad Y_A = 5\,577\,701$$

Рис. 8.25. Измерение прямоугольных координат точек с помощью координатомера

Обратная задача — нанесение точки по ее прямоугольным координатам — выполняется следующим образом. По значению абсциссы, принимая во внимание только целое число километров, находят соответствующую километровую линию, к северу от которой будет находиться данная точка. По значению ординаты также находится соответствующая вертикальная километровая линия. Данная точка будет находиться к востоку от этой километровой линии. Пользуясь измерителем и линейным масштабом откладывают оставшиеся доли километров приращения координат — ΔX от горизонтальной линии к северу, ΔY — от вертикальной линии к востоку. На пересечении перпендикуляров, проведенных

из полученных точек к линиям сетки, лежит искомая точка с заданными прямоугольными координатами.

Для быстрого нахождения объекта его местоположение принято указывать сокращенно, используя значение юго-западного угла квадрата километровой сетки, в котором этот объект находится, используя две последние цифры от абсциссы и от ординаты. Например, на рис. 8.24 точка *B* находится в квадрате 3212.

Географические координаты — широта φ и долгота λ определяют положение объектов на земной поверхности относительно экватора и нулевого меридиана.

Определение географических координат по топографическим картам производится с точностью до секунд или десятых долей минуты. Для этого предназначена минутная рамка, расположенная на некотором расстоянии от внутренней рамки карты (см. рис. 8.23).

Для определения географической широты точки проводят с юга к ней ближайшую параллель, соединив одинаковые минутные деления минутной рамки с запада и с востока. Широта точки *A* складывается из широты ближайшей к ней с юга параллели и приращения широты от этой параллели до точки *A*: $\varphi_A = \varphi_{\text{ю}} + \Delta\varphi$ (рис. 8.26). Чтобы определить φ , следует спроектировать точку *A*



Рис. 8.26. Определение географических координат пункта *A* по топографической карте. Пунктирными линиями даны параллель и меридиан, проведенные через данную точку

на западную или восточную (какая ближе) минутную рамку карты. Измерить циркулем — измерителем отрезок m от ближайшей южной широты до точки A или от южной широты до проекции этой точки на западной (или восточной) рамке. Измеренную в линейных единицах (см или мм) величину отрезка m следует перевести в угловую меру, т. е. определить какую часть минуты он составляет. Для этого измеряют длину минутного отрезка M западной (или восточной) стороны карты и вычисляют прираще-

ния $\Delta\phi$ в минутах: $\Delta\phi' = \frac{m}{M} \cdot 1'$.

Для определения долготы необходимо провести ближайший с запада от точки меридиан, соединив идентичные минуты северной и южной рамок карты, опустить перпендикуляр из заданной точки на проведенный меридиан и измерить его длину k . Долгота точки A вычисляется $\lambda_A = \lambda_3 + \Delta\lambda$. Для определения $\Delta\lambda$ в градусной мере (в долях минуты) измеряется длина минутного отрезка

К южной (или северной) стороны рамки карты $\Delta\lambda' = \frac{k}{K} \cdot 1'$.

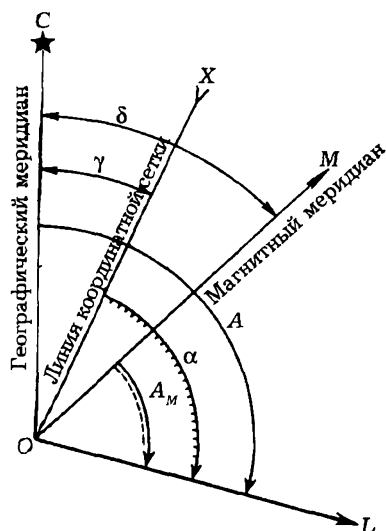
Географические координаты по мелкомасштабной карте определяются с гораздо меньшей точностью — до десятых долей градуса. Решение задачи состоит в выборе ближайших к точке параллели (с юга) и меридиана (с запада), измерении $\Delta\phi$ и $\Delta\lambda$ в линейных единицах (см или мм) и переводе измеренных величин в градусную меру (до десятых долей градуса) аналогично тому, как это делается на топографических картах с той лишь разницей, что в данном случае измеряют не $1'$ по широте и долготе, а градусное расстояние между соседними параллелями и градусное расстояние между меридианами. Эти расстояния на каждой карте, как известно, зависят от выбранной проекции и частоты картографической сетки.

8.10 Измерение горизонтальных углов

Измерение горизонтальных углов (углов направлений) на топографической карте производят относительно начального направления, за которое могут быть приняты географический (истинный) меридиан, магнитный меридиан и осевой меридиан зоны Гаусса—Крюгера.

В зависимости от принятого начального направления различают географический (истинный) азимут, магнитный азимут и дирекционный угол.

Географическим (истинным) азимутом A данной линии (данного направления) называется угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления географического (истинного) меридиана до заданного направления (рис. 8.27).



A — азимут истинный; A_m — азимут магнитный; α — дирекционный угол;
 γ — сближение меридианов; δ — магнитное склонение

Рис. 8.27. Углы направления линии OL

Магнитным азимутом A_m называется горизонтальный угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана до заданного направления. Магнитные азимуты на местности измеряют с помощью компасов или бусселей — приборов, снабженных магнитными стрелками. По карте же магнитные азимуты вычисляются по измеренному истинному азимуту A и величине магнитного склонения δ (склонению магнитной стрелки) — углу между истинным и магнитным меридианом $A_m = A - \delta$.

В каждой точке земной поверхности истинный и магнитный меридианы образуют между собой угол δ , но на топографических картах дается среднее его значение для данной трапеции (данного листа). Причем, склонение от истинного меридиана на восток считается восточным — положительным, на запад — западным — отрицательным.

Дирекционным углом α направления называется угол, измеряемый на карте по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана зоны Гаусса—Крюгера или линий ему параллельных (вертикальных линий километровой сетки) до заданного направления. По измеренным на местности магнитным азимутам дирекционные углы могут быть вычислены, если известна величина *сближения меридианов* $\Delta\gamma$ — угла между северным направлением географического (истинного) меридиана и северным направлением осевого меридиана или северным концом вертикальной линии сетки прямоугольных координат. Для точек, лежащих к востоку от осевого меридиана, сближение меридианов положительное, а для точек, расположенных от осевого меридиана к западу — отрицательная. Максимальное значение угла сближения меридианов в пределах одной зоны 3° , поэтому на практике оно не всегда учитывается.

Сведения о величине сближения меридианов также, как и о величине магнитного склонения на топографических картах приводятся на полях под южной рамкой листа карты. Следует лишь определить какой знак эти углы будут иметь.

Из чертежа можно вывести зависимости всех углов:

$$\begin{aligned}Am &= A - \delta. \\Am &= \alpha - \delta + \gamma. \\ \alpha &= Am + \delta - \gamma. \\ A &= \alpha + \gamma.\end{aligned}$$

Таким образом, для того, чтобы определить любой из этих углов, достаточно измерить по карте истинный азимут или дирекционный угол.

Значения сближения меридианов и магнитного склонения, как уже было сказано, указано внизу на полях карты.

Измерение углов производится геодезическим транспортиром с точностью $15'$. Проще всего измерить дирекционный угол (рис. 8.28), так как при этом не нужно делать никаких дополнительных построений, надо лишь приложить транспортир к любой

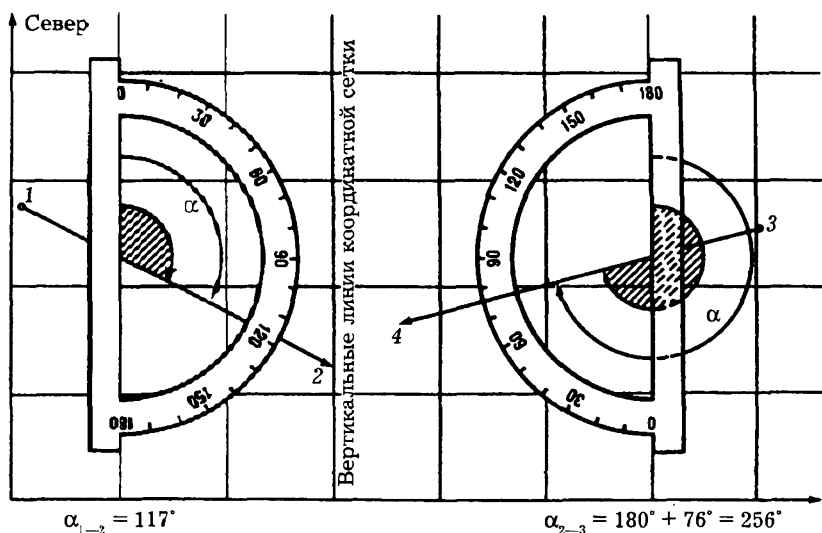
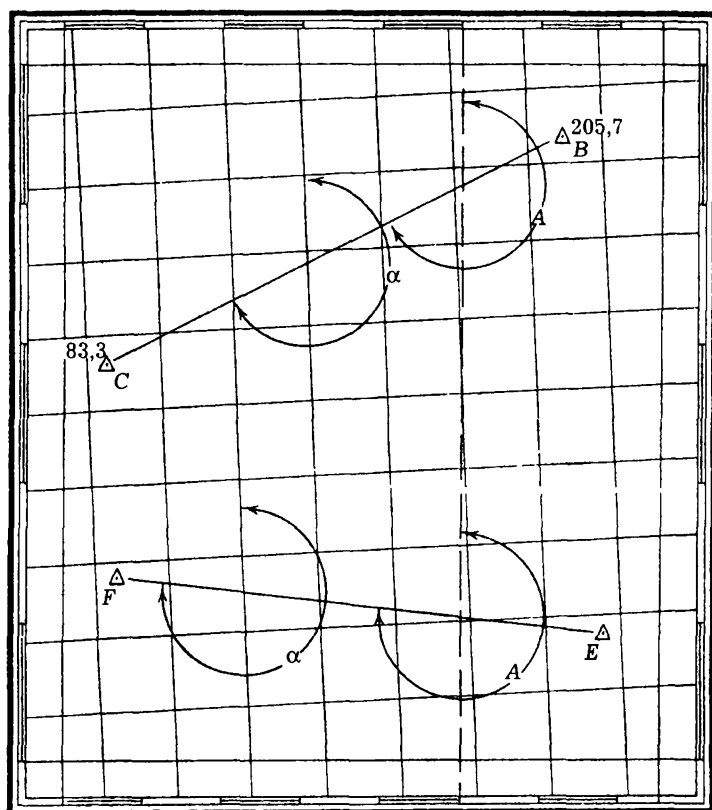


Рис. 8.28. Измерение по картам дирекционных углов направлений транспортиром. Заштрихованы измеряемые углы

из пересекающих данное направление линий километровой сетки. Угол между северным направлением километровой сетки и заданным направлением (считая по часовой стрелке) и будет дирекционным углом заданного направления.

Для измерения истинного азимута данного направления следует провести через него истинный меридиан. Напомним, что само изображение географических меридианов на топографических картах отсутствует (кроме самого восточного и самого западного для данной трапеции, являющихся внутренними рамками листа карты). Изображение же других меридианов получают при соединении идентичных точек (точек, имеющих одинаковую долготу северной и южной сторон минутной рамки). Проведя один из тех истинных меридианов, которые пересекают заданное направление, можно легко измерить истинный азимут, приложив к нему транспортир и отсчитав по часовой стрелке угол от северного направления истинного меридиана до заданного направления (рис. 8.29).

Различают прямые и обратные направления (углы). Для линии 1, 2 (рис. 8.30) углы, измеренные в начальной точке 1, называются



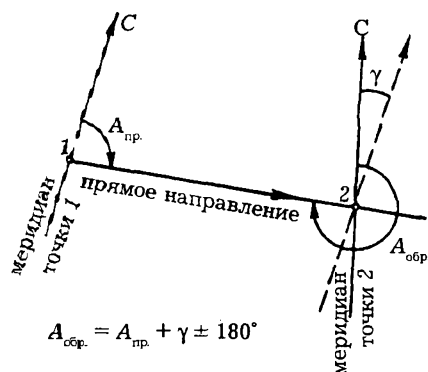
- 1 — линии с точки B на точку C, направленной в юго-западную сторону;
 2 — линии с точки E на точку F, направленной в северо-западную сторону

Рис. 8.29. Схема рамок и километровой сетки листа топографической карты с показом азимутов A и дирекционных углов α

прямыми, а углы, измеренные в конечной точке 2, — обратными.

В общем случае меридианы не параллельны друг другу, между ними образуется угол γ — сближение меридианов. Поэтому прямой и обратный азимуты находятся в следующей зависимости:

$$A_{\text{обр.}} = A_{\text{пр.}} \pm 180^\circ + \gamma.$$



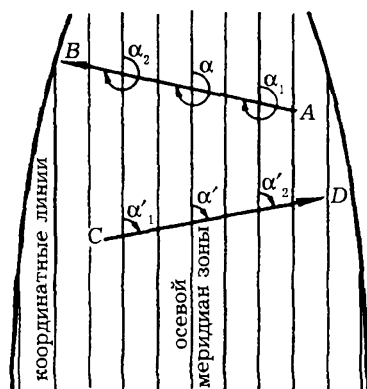
Пунктирной линией в точке 2 дана прямая, параллельная меридиану точки 1

Рис. 8.30. Прямой и обратный азимуты направления

На рис. 8.31 видно, что дирекционный угол прямой линии постоянен во всех точках (в пределах одной зоны), поэтому

$$\alpha_{\text{обр.}} = \alpha_{\text{пр.}} \pm 180^\circ.$$

В формулах по вычислению обратных азимутов и дирекционных углов работает плюс, если прямой азимут и дирекционный



$$\begin{aligned} \alpha_{AB} &= \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha; \\ \alpha_{BA} &= \alpha - 180^\circ; \alpha_{CD} = \alpha'_1 = \alpha'_2 = \alpha'; \\ \alpha_{DC} &= \alpha' + 180^\circ; \alpha_{\text{обр.}} = \alpha_{\text{пр.}} \pm 180^\circ \end{aligned}$$

Рис. 8.31. Дирекционные углы направлений в зоне Гаусса—Крюгера

угол заданного направления расположены в 1-й и 2-й четвертях горизонта, т. е. меньше 180° . И, наоборот, если прямой азимут и дирекционный угол заданного направления больше 180° (заданное направление находится в 3-й и 4-й четвертях), в формулах работает знак минус.

В морской навигации и других практических областях человеческой деятельности для ориентирования используют *румбы*. Румбом (r) называется острый угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана (северного или южного) до заданного направления по ходу или против часовой стрелки. Различают румбы географические, магнитные и дирекционные. Так как значения румбов может быть одинаковым в разных четвертях горизонта, то для полной определенности угловое значение румба обязательно сопровождается указанием направления страны света, например, $r = 50^\circ$ СВ. Зная азимут, можно всегда вычислить румб. Связь между азимутами и румбами показана на рис. 8.32:

$$r_{\text{СВ}} = A; r_{\text{ЮВ}} = 180^\circ - A; r_{\text{ЮЗ}} = A - 180^\circ; r_{\text{СЗ}} = 360^\circ - A.$$

На мелкомасштабных картах, составленных в равноугольных проекциях с той же точностью ($15'$), можно измерить направление

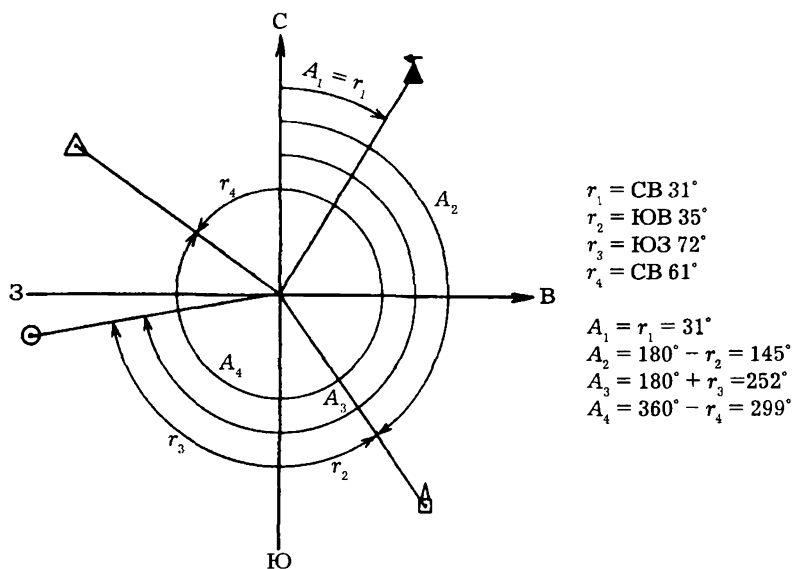


Рис. 8.32. Связь румбов и азимутов направлений

локсодромий — линий на земной поверхности, пересекающих меридианы под одним и тем же азимутом. В равнопромежуточных и равновеликих проекциях измерение углов и направлений более сложный процесс. Иногда для карт даются макеты с изображением изоголов углов. Есть такие макеты и в географическом атласе для учителей средней школы. Они позволяют вычислить искажения углов в каждом конкретном месте карты. Измерив угол на карте, в него следует внести поправку за искажение. Но при необходимости произвести многочисленные измерения углов следует выбирать карты, где эти искажения отсутствуют.

8.11 Определение морфометрических показателей

Морфометрические показатели — это показатели формы и структуры объектов. Вычисляются они на основе картометрических определений и представляют собой большей частью относительные величины, выражающие соотношения между длинами и площадями, длинами и высотами, площадями и углами наклона и т. д.

Показатели формы используют для характеристики геометрической формы, плановых очертаний объектов, извилистости, кривизны и т. д.

Понятно, что *плановые очертания* могут быть самыми различными. Существует множество способов для их характеристики. Наиболее часто общие очертания аппроксимируют (приблизительно описывают) какими-либо геометрическими фигурами: эллипсами, многоугольниками и т. д. А затем определяют их числовые характеристики. Все это достаточно приблизительные показатели. Наиболее часто для характеристики формы используется показатель (коэффициент), который позволяет сопоставить форму изучаемого контура с кругом:

$$f = \frac{P^2}{S4\pi},$$

где P — периметр контура; S — площадь контура.

Значение коэффициента будет тем больше, чем больше форма исследуемого контура отличается от формы круга. А.М. Берлянт

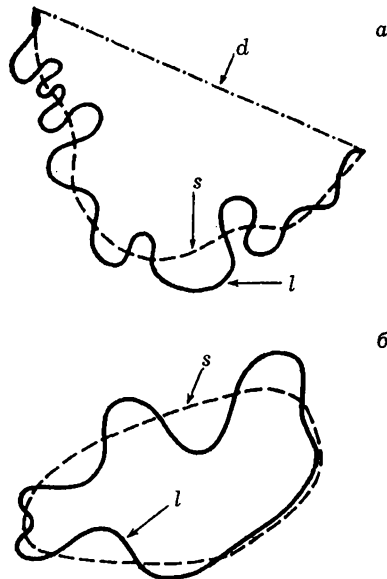
приводит коэффициенты формы для следующих простых геометрических фигур: $f_{\text{круга}} = 1,00$; $f_{\text{шестиугольника}} = 1,10$; $f_{\text{квадрата}} = 1,27$; $f_{\text{равностороннего треугольника}} = 1,65$.

При оценке *извилистости линий и контуров* также может быть использовано множество показателей. Наиболее часто употребляемый коэффициент *относительной извилистости* α , который представляет собой отношение длины линии со всеми изгибами l к длине плавной огибающей s (рис. 8.33).

$$\alpha = \frac{l}{s}.$$

Показатель α может быть использован и для замкнутых контуров.

Другой показатель β характеризует извилистость общих очертаний: $\beta = \frac{s}{d}$, где d — длина стягивающей прямой (см. рис. 8.33).



a — извилистости незамкнутых; b — замкнутых контуров:
 l — извилистая линия; s — плавная огибающая; d — замыкающая линия

Рис. 8.33. Определение извилистости контуров

Для характеристики *плотности* используется показатель, который отражает количество объектов (n), приходящихся на единицу площади (P) и как бы показывает встречаемость этих объектов на карте:

$$Q = \frac{n}{P}.$$

Другой показатель передает собственно плотность объектов:

$$T = \frac{P}{P} \cdot 100\%,$$

где p — площадь, занимаемая какими-нибудь объектами; P — общая площадь района.

Показатели плотности рекомендуется подсчитывать по естественным районам или другим единицам территориального деления. Вычисляются они также и по равновеликим ячейкам — регулярной сетке квадратов или по трапециям. Если сеть этих ячеек достаточно густа, то по полученным данным легко построить карты плотности в изолиниях (псевдоизолиниях).

Для характеристики горизонтального расчленения поверхности также могут быть использованы различные показатели. Один из них рассчитывается как отношение суммарной длины расчленяющих линий Σl к площади P , на которой идет подсчет этих линий:

$$D = \frac{\Sigma l}{P}.$$

К расчленяющим линиям в случае рельефа относятся линии водосборов (талвегов) и водоразделов.

Другой показатель горизонтального расчленения был предложен в пятидесятых годах двадцатого столетия советским географом В.Н. Ченцовым для геоморфологических исследований. Это так называемый показатель «ритма рельефа». Для его вычисления на исследуемом участке строится n параллельных профилей и подсчитывается их суммарная протяженность L . Подсчитывают на этих профилях все перегибы M . Тогда горизонтальное расчленение, или «ритм рельефа», вычисляется по формуле:

$$D = \frac{L}{M + n}.$$

Вертикальное расчленение или его глубина в пределах исследуемой территории определяется амплитудой высот:

$$A = H_{\max} - H_{\min}.$$

Общее расчленение характеризуется углами наклона α и уклонами поверхностей i :

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{H_n - H_{n+1}}{d},$$

где H_n и H_{n+1} — высоты соседних изолиний, между которыми находится точка; d — заложение в направлении нормали к этим изолиниям.

Определив $\operatorname{tg} \alpha$, нетрудно найти угол наклона поверхности α . Способ более простого определения угла наклона по графику заложений был описан ранее.

Имея дело с абстрактными поверхностями (при работе с климатическими, гидрологическими и др. картами), принято говорить не об уклонах, а о градиентах поверхности. Как морфометрический показатель, градиент поверхности вычисляется аналогично уклону.

Картометрические и морфометрические приемы исследования являются наиболее разработанными в теоретическом и практическом отношениях. Начали они развиваться применительно к топографическим картам, достоинством которых является изображение рельефа способом горизонталей. Такой способ изображения рельефа, как это уже отмечалось, позволяет произвести практически все виды измерений и вычислений. Затем эти приемы стали широко использовать в геоморфологии, геологии, ландшафтоведении и т. д. Возникло новое направление — *тематическая картометрия и морфометрия*. Социально-экономическая морфометрия исследует структуру расселения, размещения объектов промышленности и сельского хозяйства, конфигурацию транспортных сетей и т. п. Любые географические прогнозы также включают морфометрические исследования. Например, количественные изменения ландшафтов при строительстве того или иного сооружения, размеры площадей, структуры гидрографической сети, развития эрозионных форм рельефа и т. п.

Картометрические и морфометрические исследования довольно трудоемки, требуют весьма тщательного исполнения процедур

измерений и вычислений, а значит сопряжены с возникновением в процессе проведения работ различного рода погрешностей, связанных с точностью самих карт и инструментов. С внедрением новых компьютерных технологий увеличилась точность исследований с помощью графоаналитических приемов, значительно снизилась их трудоемкость.

8.12 Математико-картографическое моделирование

Сущность *математического моделирования* состоит в создании пространственных моделей явлений или процессов по исходным данным, взятым с карт. Распространенный прием моделирования заключается в составлении уравнений поверхностей — либо реальных (например, рельефа земной поверхности), либо абстрактных (например, годового слоя осадков, плотности населения и др.). Затем с помощью тех или иных математических методов (*аппроксимации, математической статистики, теории информации*) полученная модель исследуется. В практику этих исследований уже достаточно широко внедрены хорошо разработанные приемы численного анализа, математической статистики, теории информации. Сложность заключается лишь в том, чтобы правильно выбрать математическую модель и верно истолковать результаты моделирования.

Аппроксимация — это замена сложных и неизвестных функций другими более простыми функциями, свойства которых известны. Приемы аппроксимации применяют для сложных поверхностей (полей), изображенных на карте изолиниями, для их аналитического описания и разложения на составляющие. Способы аппроксимации в зависимости от конкретных задач исследования и используемого математического аппарата различны. Например, широко используется аппроксимация с помощью алгебраических многочленов и полиномов. В качестве аппроксимирующих могут быть использованы и любые известные алгебраические и тригонометрические функции, облегчающие вычисления.

Математико-статистический анализ картографических изображений используется для изучения распределения, взаимосвязей *статистических совокупностей* объектов или явлений, которые можно рассматривать как однородные множества,

изменяющиеся в пространстве или во времени. Например, распределение высот, температур и т. д. на определенной площади. На картах статистические совокупности образуют статистические поверхности. Изображаются они, как правило, в изолиниях, имеют свои максимумы и минимумы, а также «склоны».

Статистические исследования обычно проводятся:

- для изучения однородных явлений (их размещения, изменений и т. д.), зависящих от многих факторов, с известной функциональной зависимостью;
- для изучения зависимостей явлений, не имеющих строгой функциональной связи;
- для оценки степени влияния отдельных факторов на изучаемое явление и выделение главного, ведущего фактора (факторов).

В основе статистического исследования явления лежит *выборка* — некоторое множество снятых с карты однородных величин и обработка полученных таким образом данных по правилам математической статистики. Выборка может быть произведена в произвольных точках (случайная выборка), по ячейкам какой-либо регулярной геометрической сетки (систематическая выборка), заранее установленным районам (районированная выборка), ключевым участкам (ключевая выборка) и т. п. Характеристика же явления производится согласно выбранным обобщенным статистическим показателям — средними величинам — *модой, медианой, средней арифметической* и др., а также показателями разнообразия — *разнообразие, размах, частость, коэффициент вариации* и др.

Мода (M_o) — это такое значение в сгруппированном статистическом ряду, которое наиболее часто встречается в данной выборке.

Медиана (M_e) — это центральное значение, разделяющее ранжированную выборку пополам.

Средняя арифметическая (M) — это частное от деления суммы всех выборочных данных $\sum a_i$ на их число:

$$(M) = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}.$$

Размах ($+H$) — это амплитуда значений статистической выборки, взятой с данного участка карты:

$$(+H) = a_{\max} - a_{\min}.$$

Особенностью использования математической статистики применительно к анализу явлений по картографическому изображению относится также построение кривых распределения случайных величин — *гистограмм распределения*. Например, если имеется статистическая выборка высот рельефа, произведенная с топографической карты по регулярной сетке квадратов, значения высот группируются в интервалах принятой для данной карты высоты сечения и подсчитывается количество значений в каждом интервале.

155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210
3	5	7	8	11	15	13	10	9	7	6	3

По показателю *частности*, рассчитываемому по формуле

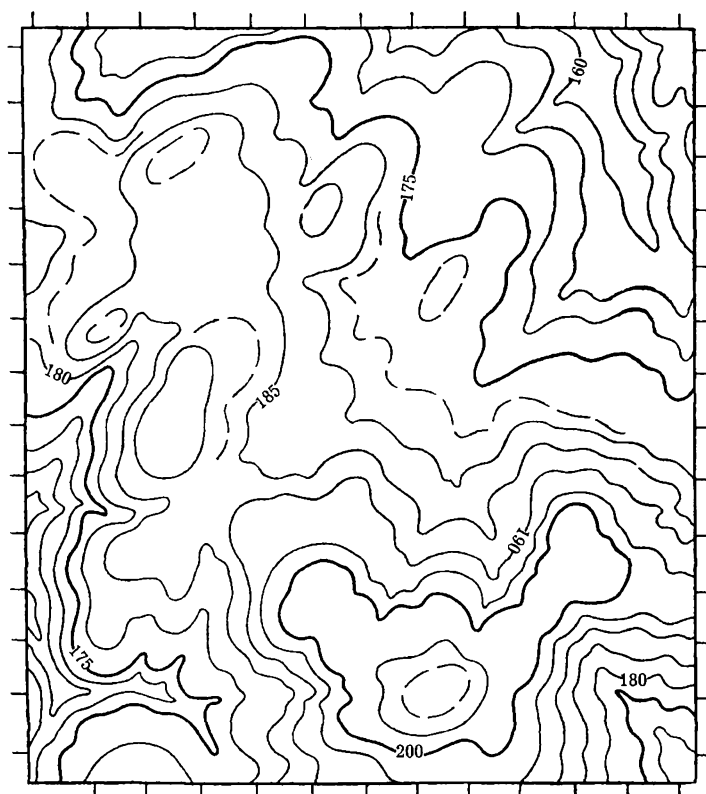
$$\omega = \frac{f}{n} 100\%,$$

строится гистограмма распределения высот на данном участке карты (рис. 8.34).

Чаще всего распределение случайных величин подчиняются нормальному закону. Кривая нормального распределения имеет симметричную относительно экстремального значения форму (рис. 8.34).

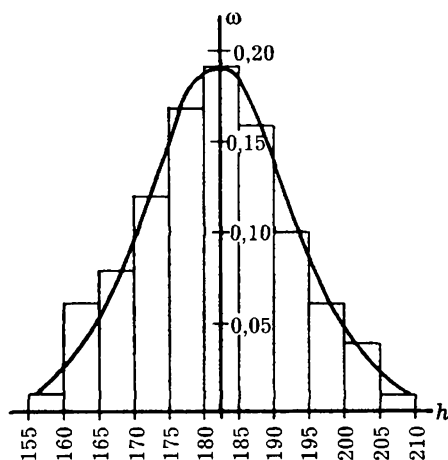
Встречаются и другие виды распределений. Определение типа распределения позволяет проводить районирование территории по формальному признаку. Так гистограммы различных морфологических типов рельефа (высокогорного, низменного, платообразного и т. д.) имеют различный вид (рис. 8.35, а, б, в). Если же гистограмма имеет две вершины (рис. 8.35, г), это говорит о том, что в пределах карты имеют распространение два типа рельефа. Исследовав различные участки карты и получив набор гистограмм, по их виду можно проводить районирование территории по типам рельефа.

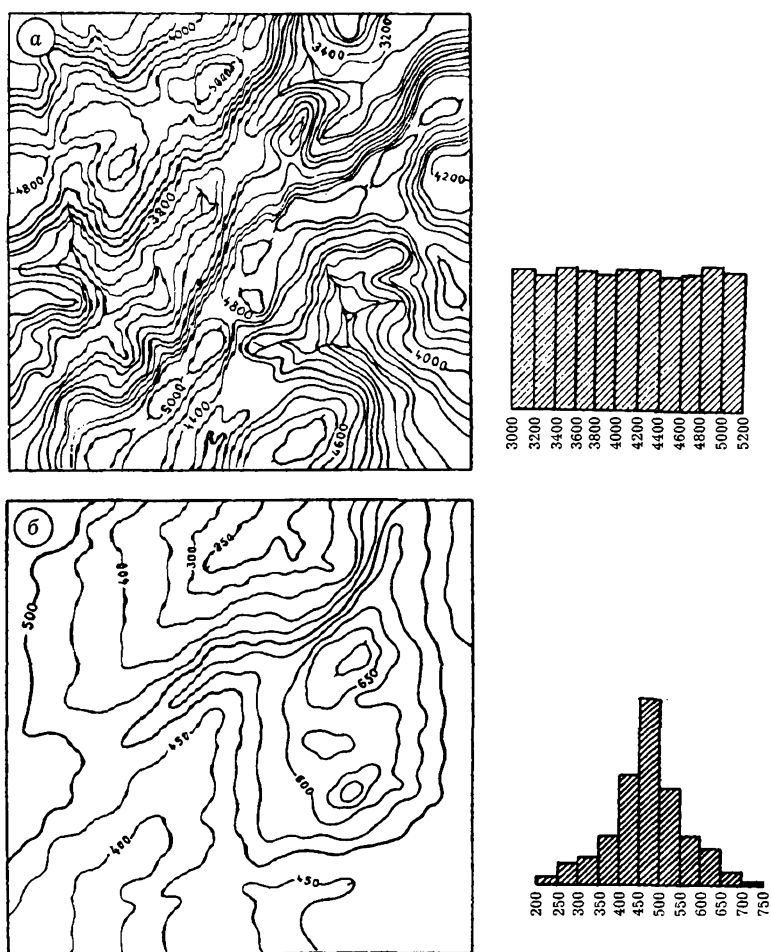
Анализ по картам взаимосвязей явлений производится с помощью хорошо разработанного в математической статистике аппарата *корреляционного анализа*, который позволяет оценить степень тесноты связи между явлениями. Чаще всего исследуются связи между двумя явлениями (например, между средним годовым стоком и годовой суммарной радиацией, отражательной способностью поверхности планеты и ее кратерированностью и т. п.) и определяется *коэффициент парной корреляции*. Для



На рамках карты отмечены
выходы сетки, в узлах которой
взяты выборочные значения
 $n = 182$; систематическая выборка

Рис. 8.34. Участок
топографической карты,
гистограмма и теоретическая
кривая распределения высот
рельефа по интервалам
принятого сечения

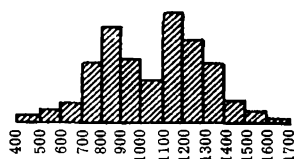
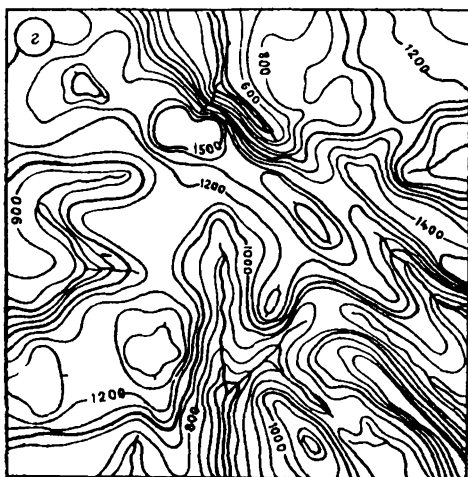
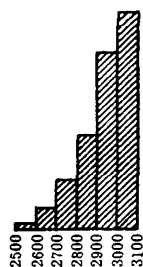
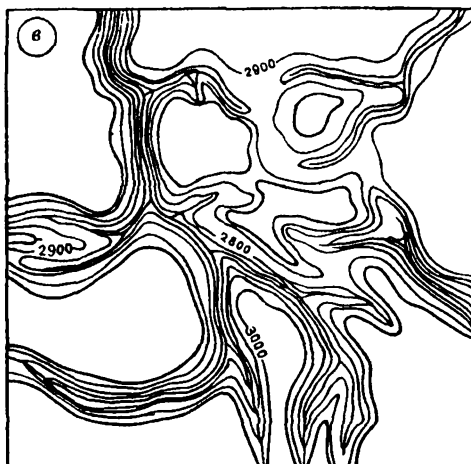




а — высокогорного; б — низменного;

Рис. 8.35. Гистограммы распределения высот

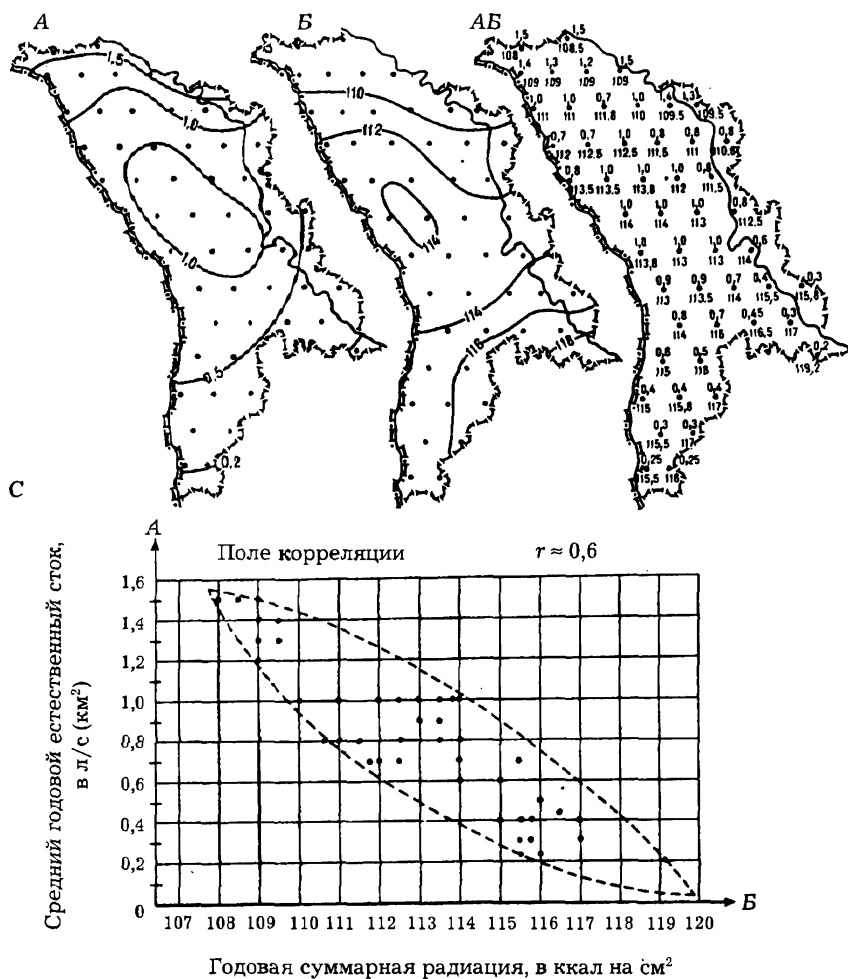
вычисления этого коэффициента необходимо иметь две выборки значений сопоставляемых явлений, измеренных на картах разной тематики в одних и тех же точках. Полученный массив данных подвергается математической обработке, в результате которой вычисляется коэффициент корреляции. Если коэффициент



в — платообразного; г — двух типов рельефа

корреляции равен $+1$ или -1 , это значит, что между явлениями существует полная (функциональная) связь (прямая или обратная). Если коэффициент корреляции близок или равен нулю, связь между явлениями отсутствует. При значениях коэффициента корреляции $0,6-0,9$ связь между явлениями считается

достаточно тесной. Точность определения взаимосвязи (вычисления коэффициента корреляции) при прочих равных условиях во многом зависит от объема выборки.



А — средний годовой сток в л/с км²; Б — годовая суммарная радиация в ккал/см².
На карте АБ в числителе показатели, снятые с карты А, в знаменателе — с карты Б; С — поле корреляции

Рис. 8.36. Расчет коэффициента корреляции по картам

Тесноту связи между явлениями можно оценить и без расчета коэффициента корреляции путем построения графика *поля корреляции* (рис. 8.36). Для этого по осям откладываются значения величин, снятые с карт в одних и тех же точках. По конфигурации поля можно судить о степени тесноты связи между явлениями. При кучном, вытянутом в виде узкой полосы расположении точек связь между явлениями существует. Большой разброс точек, их бессистемное расположение говорит об отсутствии корреляционной зависимости между явлениями.

При исследовании связей между тремя явлениями прибегают к определению *коэффициентов множественной корреляции*. Когда же ставится задача выделить основные факторы, определяющие развитие и размещение какого либо явления, выполняется *многомерный факторный анализ*.

Полученные результаты исследований могут быть оформлены в виде специальных карт взаимосвязей (районирования территории по степени зависимости явлений, картограмм взаимосвязи, карты изокоррелят и др.). Результатом подобных исследований могут также быть и синтетические карты.

Приемы *теории информации* в географических исследованиях используются для оценки степени однородности явлений, изображенных на карте, а также для определения взаимного соответствия явлений. Основным понятием, которым оперируют при использовании теории информации, является *энтропия*, как критерий степени однородности явлений. При возрастании числа изображенных на карте контуров (почв, растительного покрова и т. п.) или выделов энтропия растет.

В заключении рассмотрения способов анализа явлений по картам следует отметить, что обычно они применяются совместно, что способствует совершенствованию картографического метода исследований.

Рассмотренные в данной главе приемы исследований употребляемы как для работы с *отдельной картой*, так и с *сериями карт и атласами*.

Глава 9

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО КАРТАМ

9.1

Работа с отдельной картой

Работа с отдельной картой (визуальный анализ, составление описаний по ней, различные графические построения, картометрические и морфометрические определения и т. п.) может проводиться как без преобразования самого картографического изображения, т. е. использование карты в том виде, в каком она есть, так и после специальной переработки этого изображения, т. е. его преобразования и разложения на составляющие.

По отдельной карте можно изучать структуру явлений и процессов, т. е. выявлять и анализировать размещение в пространстве элементов этих явлений, их конфигурацию, порядок и иерархию.

По внешнему виду объекта, геометрическому рисунку его изображения можно судить о его морфологии, генезисе, факторах, сформировавших этот объект.

При работе с отдельной картой также весьма эффективно выявляются пространственные закономерности и аномалии. При этом наилучшими для такого рода исследований являются карты, обладающие большей обзорностью.

Однако довольно часто исходное картографическое изображение непригодно для глубокого изучения структуры явления. В этом случае прибегают к его преобразованию.

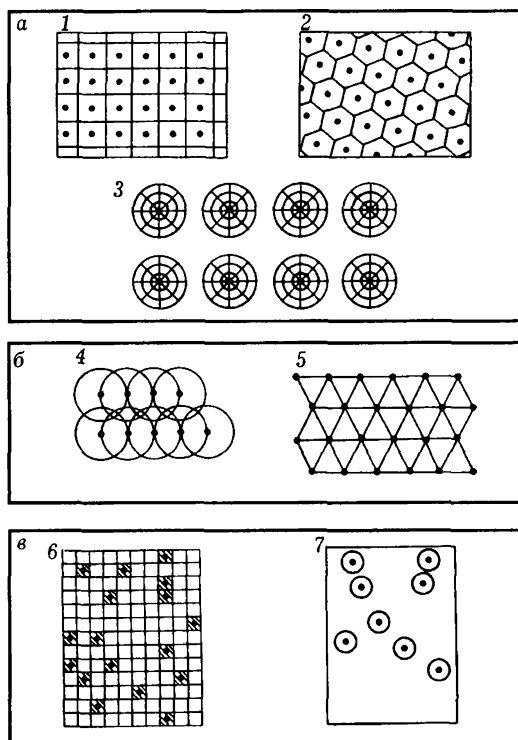
9.2

Преобразование картографического изображения. Виды преобразований

Преобразованием картографического изображения называется такая операция, в результате которой исходная карта превращается в другую (*производную*) карту. Преобразование

картографического изображения выполняют, как уже было сказано, в тех случаях, если отображение изучаемого явления на исходной карте непригодно для данного конкретного исследования.

Преобразование производится с помощью различного рода операторов преобразования (рис. 9.1). Из операторов преобразования наиболее часто употребляют различного рода регулярные и нерегулярные сетки и палетки. В каждой из ячеек оператора выполняется пересчет исходных данных и таким образом получают производные показатели.



а — регулярные неперекрывающиеся операторы: 1 — квадратная сетка; 2 — гексагональная сетка; 3 — радиально-концентрическая палетка; б — регулярные перекрывающиеся (скользящие) операторы: 4 — скользящие кружки; 5 — перекрывающиеся шестиугольники; в — нерегулярные операторы: 6 — случайно выбранные квадраты; 7 — избирательно взятые кружки

Рис. 9.1. Операторы (сетки и палетки), применяемые для преобразования картографического изображения

Все преобразования можно разбить на три типа:

- преобразование метрики (объекта и пространства);
- преобразование структуры;
- преобразование способов картографического изображения.

Изменение метрики объекта заключается в укрупнении ступеней принятых на исходной карте количественных шкал (высот, населенных пунктов и т. п.), переходе от абсолютных показателей к относительным и т. п.

Изменение метрики пространства или анаморфирование. Анаморфированные карты за последние годы приобрели большое распространение и популярность, особенно в социально-экономической географии. Достаточно часто их помещают в научно-популярные, популярные, а также школьные атласы и учебные пособия. Анаморфозы отличаются от обычных географических карт тем, что в уравнения картографических проекций в качестве переменных включаются не только географические координаты, но и сам картографируемый показатель (например, валовой внутренний продукт, плотность населения, уровень грамотности населения и т. п.). Площадь на такой «карте» отражает не размер

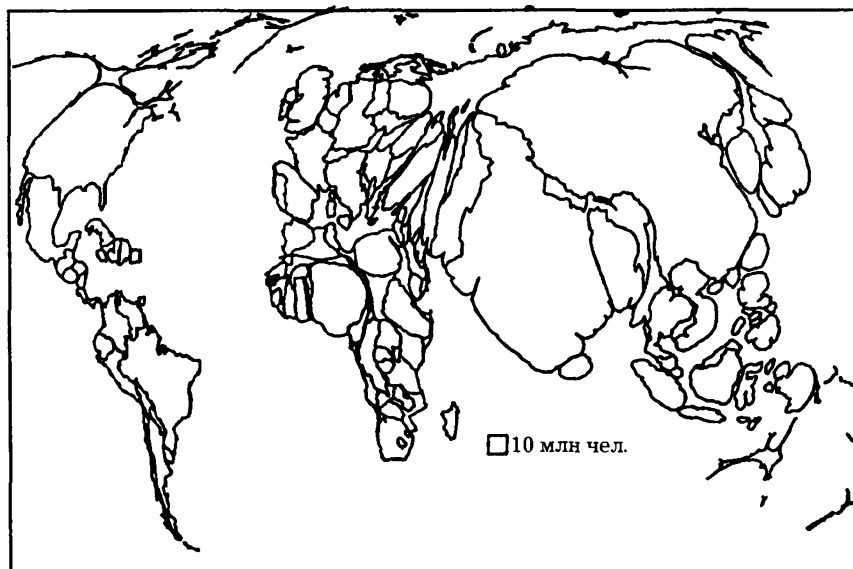


Рис. 9.2. Анаморфоза стран мира, созданная на основе численности населения

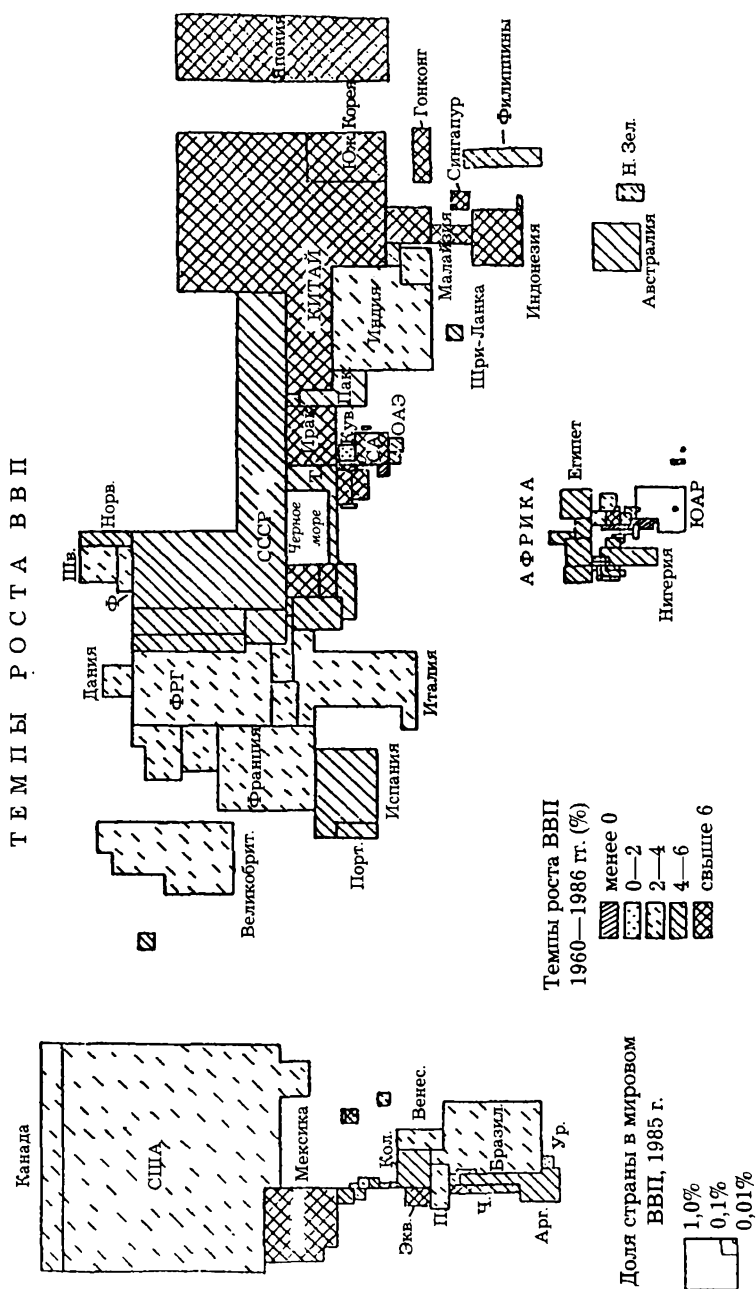


Рис. 9.3. Анаморфоза, построенная вручную

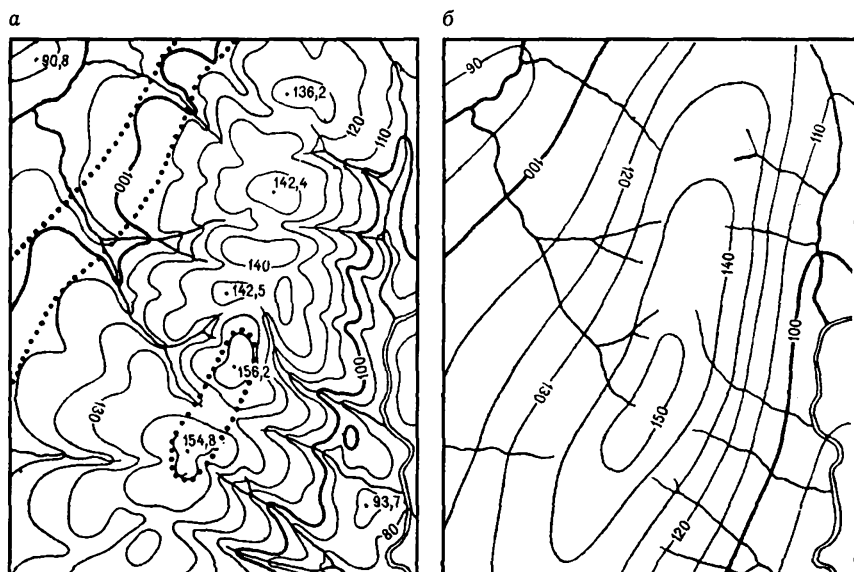
территории, как на обычной географической карте, а величину картографируемого показателя (экономического, демографического и др.) (рис. 9.3). Анаморфированные изображения — это достаточно произвольные построения. Однако предпринимаются попытки их объективизации с помощью математических приемов (рис. 9.2).

При построении анаморфированных изображений вручную территориальные единицы, на которые даны картографируемые показатели, заменяются прямоугольниками или другими геометрическими фигурами. При размещении этих фигур, однако, соблюдаются пространственные соотношения — территориальное соседство картографируемых территорий (стран, областей, районов). В зависимости от точности (детальности) построения схематичность их бывает большей или меньшей, но остается отличительной чертой. Однако при всей схематичности анаморфоз, этот способ позволяет наглядно и содержательно отразить реальные географические ситуации, дает возможность визуально оценить и сравнить показатели картографируемых территориальных единиц.

Построение анаморфированных изображений в школьной географии может быть также весьма полезным. При выполнении в общем достаточно несложных процедур ручного построения анаморфоз учащиеся не только учатся выбирать масштаб построения анаморфоз, но и запоминают статистические показатели (экономические или демографические), закрепляют полученные знания о географическом положении, пространственном соотношении картографируемых территорий.

Преобразование структуры картографического изображения включает *вычленение* (выделение на карте отдельных компонентов геосистем), *схематизацию* (устранение второстепенных деталей и представление картографического изображения в упрощенном виде), *детализацию* (операцию, противоположную схематизации), *дискретизацию* (перевод изображения в дискретную форму) и др. трансформацию исходного изображения с целью углубленного анализа объекта исследования. Примеры подобных операций даны на рис. 9.4—9.6.

В географических исследованиях получила применение и *теория графов* — раздел математики, особенностями которого является геометрический подход к изучению объектов. Основное понятие этой теории — «граф» — задается множеством точек



а — современный рельеф; б — восстановленная поверхность «первичного» рельефа. Точечным пунктиром показано обобщение некоторых горизонталей

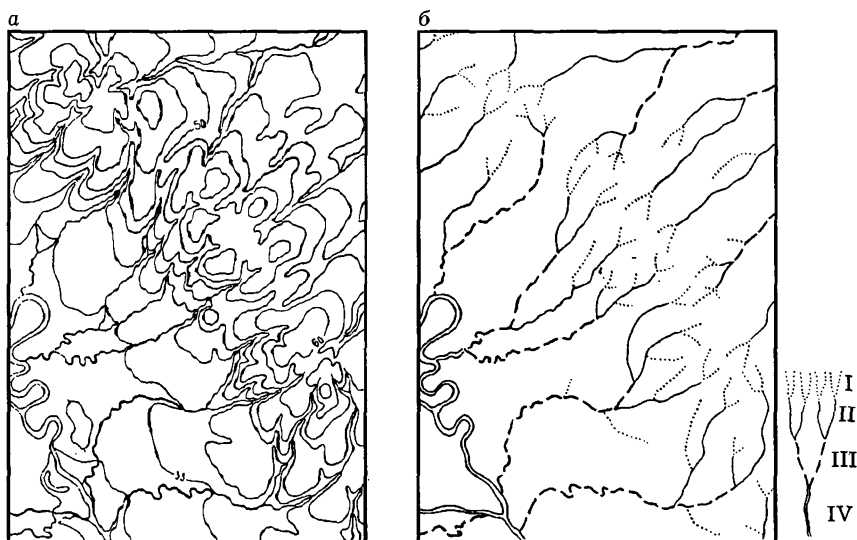
Рис. 9.4. Схематизация.

Преобразование карты современного рельефа в карту морфоизогипс



Рис. 9.5. Вычленение.

Выделение на карте спрямленных элементов рельефа и гидрографии



а — исходная топографическая карта; б — карта разнопорядковых долин (рядом показан схема определения порядков долин по правилу Хортона—Философова): I—IV — порядки долин

Рис. 9.6. Детализация. Составление карты разнопорядковых долин

(вершин) и множеством ребер (связей), соединяющих некоторые (а может быть, и все) пары вершин (рис. 9.7). Примером графов могут служить схема дорожной сети какой либо области или государства с множеством городов — узловых населенных пунктов

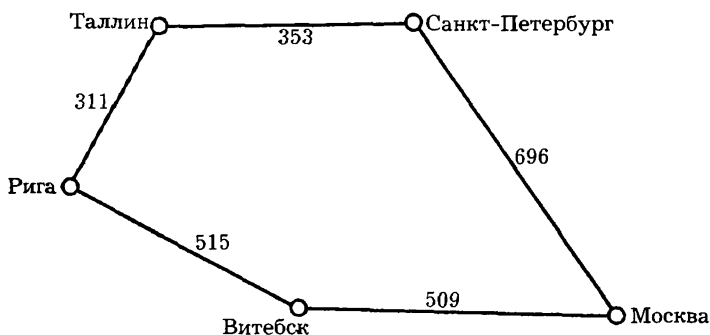


Рис. 9.7. Пример графа, построенного для решения задачи выбора маршрута

(вершин графа); схема метрополитена, где станции — вершины графа, а ребра — пути, соединяющие соседние станции. Одной из простейших задач, решаемых с помощью графа, — выбор какого-либо маршрута от одной станции к другой. Если при этом указан порядок прохождения вершин графа, то граф считается *ориентированным*. Ребрам графа могут быть приписаны какие-либо веса и выделены особые вершины, называемые *полюсами*. Тогда задачи, решаемые по таким графам, могут быть более сложными, например, выбор не просто маршрута, а кратчайшего пути. Например, маршрут минимальной общей протяженности дорог между Москвой и Таллином, используя схему автомобильных дорог (рис. 9.7), легко выбрать, сравнивая два маршрута — Москва—Санкт-Петербург—Таллин и Москва—Витебск—Рига—Таллин.

Область применения теории графов обширна: от решения головоломок и математических развлекательных задач до кибернетики и вычислительной техники. Теория графов имеет связь с новыми разделами математики — топологией, комбинаторикой, теорией чисел. Применяется она и в географических исследованиях — социально-экономической и политической географии, а также в геополитических исследованиях. Так, например,



Рис. 9.8. Граф соседства для Франции

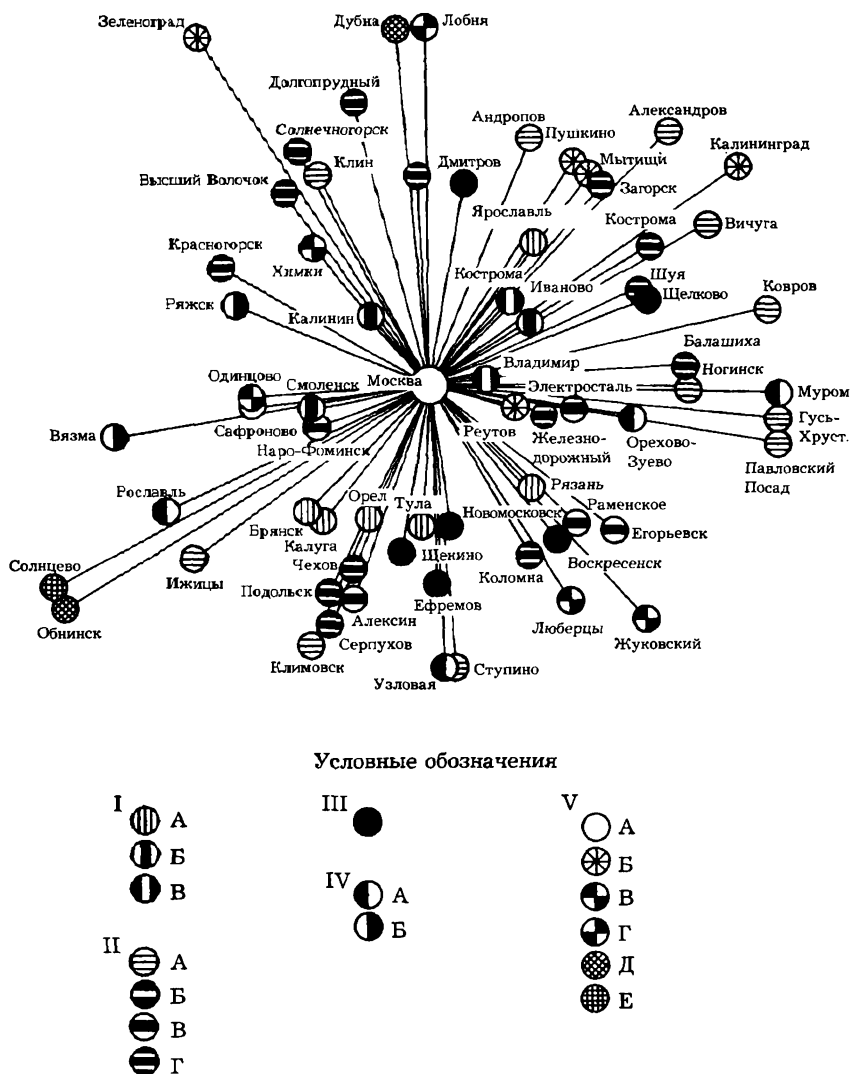


Рис. 9.9. Функциональная удаленность городов Московской области от столицы

построенные для разных стран графы соседства (с выделенными на них соседями 1-го и 2-го порядка, рис. 9.8), использованные совместно с учебниками истории и историческими картами могут

оказаться весьма полезными в размышлениях об отношениях этих стран со своими соседями.

Графы также довольно часто используют для обобщения значительного по объему и разнородного материала. В этом случае они дополняют традиционные карты. Так, например на рис. 9.9 в виде графа представлены результаты оценочного ранжирования городов Московской области по функциональной характеристике. Длины ребер графа пропорциональны степени отличия городов области от Москвы по комплексу показателей — промышленность, сельское хозяйство, сфера обслуживания и др.

9.3

Работа с сериями карт и атласами

Работа с сериями карт и атласами имеет целью сопоставление изображенных на них явлений, анализ и количественная оценка степени их взаимосвязи. Знание же взаимосвязей позволяет прогнозировать одни явления по другим и судить по их изменениям о развитии геосистем в целом.

Для изучения взаимосвязей можно использовать практически все рассмотренные выше приемы анализа от визуального анализа и описания до математического моделирования. Из числа графических приемов хорошие результаты по выявлению взаимосвязей явлений дают построенные по серии карт комплексные профили и разрезы. Дальнейшее уточнение предполагаемых зависимостей можно продолжить, сопоставляя вычисленные по разным картам морфометрические характеристики и, конечно, наиболее достоверной и количественно определенной оценкой взаимосвязей является математическая статистика.

Первым признаком наличия взаимосвязей между явлениями считается соответствие картографических изображений на картах разного содержания. В общем случае — чем больше сходство в изображении контуров, рисунке изолиний, тем сильнее зависимость между явлениями. Однако это не всегда так. Берлянт А.М. приводит пример значительного сходства в рисунке изолиний на карте сроков цветения картофеля и на карте плотности населения для южной части Армении. Это сходство не только визуально легко увидеть, но оно также подтверждается вычисленным коэффициентом корреляции. Значение его близко к +1. Однако, совершенно понятно, что оба эти явления мало связаны между

собой. Все объясняется горным рельефом. Системы изолиний на карте плотности населения и карте цветения картофеля повторяют изогипсы рельефа. То есть при исследовании необходимо помнить, что ни математические, ни графические приемы анализа взаимосвязей не учитывают причинно-следственных связей и существа этих взаимосвязей.

С другой стороны, не следует искать наличия взаимосвязей между явлениями, если на картах не наблюдается соответствия их картографического изображения.

9.4

Исследования по разновременным картам

Исследование *разновременных карт* одних и тех же объектов и явлений имеет целью изучение *динамики и эволюции* природных и общественных процессов. К разновременным относят



Рис. 9.10. Изменение береговой линии северо-восточной части Каспийского моря

не только карты, составленные в разные моменты времени (годы, месяцы, часы), но и *карты-реконструкции* (палеогеографические, историко-географические и т. п.).

Сравнивая карты, на которых одни и те же явления изображены в различные моменты времени, выявляют изменения, происшедшие за определенный промежуток времени, величину этого изменения, его направление и среднюю скорость (рис. 9.10, 9.11).

Разновременные картографические реконструкции делают и для анализа состояния явления или объекта в будущем. Такие карты называют *прогнозными*.

По разновременным картам можно выявить движения разного типа: *медленные* (тектонические, эволюция почвенно-растительного

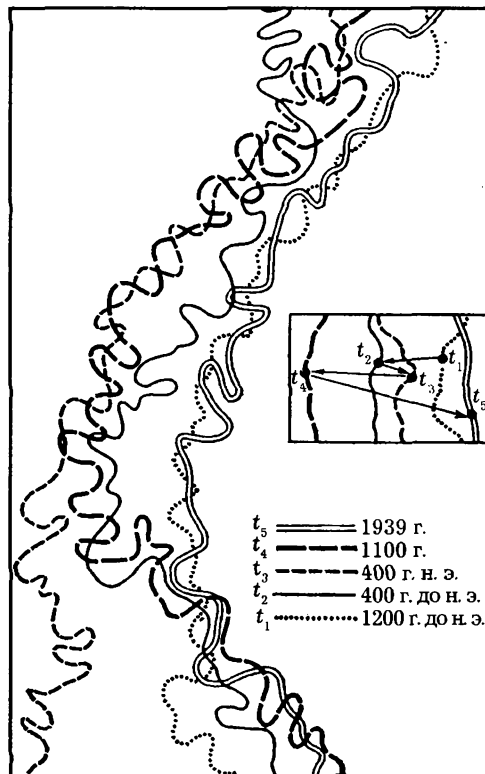


Рис. 9.11. Смещение русла в нижнем течении р. Миссисипи
(по В. Бунге, 1967 г. с дополнениями)

покрова и т. п.), *быстрые* (например, смена синоптической обстановки), *скачкообразные, эпизодические* (возникновение вырубок на месте лесов, пашен на месте залежей земли, образование водохранилищ и т. п.) и *периодические* (например, землетрясения и др.).

Результаты исследований динамики могут быть представлены разными способами, один из которых составление карт *разности* состояния явления на две или несколько дат. На эти карты наносят районы, где произошло уменьшение явления, где увеличение и где явление осталось стабильным.

При исследовании динамики явлений важно правильно выбрать карты. Точность карт для проведения подобных исследований должна быть выше значений изменения этих явлений. Работать с картами, изданными тысячи лет назад, весьма сложно, так как они различаются не только принятой системой условных обозначений, но и системами мер, имеют устаревшую орфографию в названиях объектов и т. д. Практически перед использованием карт, изданных в другие исторические эпохи, нужно пересоставить их на новую современную основу и только после этого приступать к исследованию.

9.5

Надежность исследований по картам. Источники ошибок

Под надежностью картографического метода понимают способность его обеспечить верное решение поставленной задачи. Чем результат ближе к истине, тем надежнее исследование. Вследствие этого возникает вопрос оценки *точности, достоверности и полноты* результатов исследования.

Научные и практические задачи, решаемые с помощью картографического метода исследования весьма разнообразны. И каждая из них требует особого подхода при определении надежности результатов. Универсальных и исчерпывающих критериев оценки надежности не существует. Однако любому исполнителю следует иметь представления об источниках ошибок при исследовании по картам и причинах их появления.

Возможными источниками ошибок и погрешностей может быть любой этап исследований, любая процедура или исходная информация. Они могут быть обнаружены и исправлены при

повторных операциях, скорректированы в результате привлечения дополнительной информации.

Недостаточная профессиональная подготовка исполнителя, отсутствие у него картографических навыков, научно-технические приемы анализа и преобразования карт, используемые измерительные и считывающие устройства и приборы, вычислительная техника и ее программное обеспечение — все это может привести к возникновению ошибок

Причиной возникновения ошибок может быть и необоснованность исходных концепций, некорректность рабочих гипотез и предпосылок, нарушений логики исследований и интерпретации полученных результатов, что в свою очередь зависит от опыта исследователя и уровня изученности явления.

Ошибки могут возникнуть и при передаче информации от исследователя к исследователю в результате нечетких или двусмысленных формулировок, мыслей. Если работы ведутся с использованием компьютерной техники, то причинами ошибок могут быть различного рода сбои, стирание и потеря информации. И конечно причиной возникновения ошибок может быть несоответствие исходных картографических материалов (их современности, полноты, геометрической точности и т. п.) целям и задачам исследования.

Приведенная схема (рис. 9.12) резюмирует выше сказанное и отвечает на три основных вопроса при оценке надежности исследований по картам: на каких этапах возникают ошибки, каковы источники и причины ошибок.

9.6

Ошибки измерений

По своему происхождению все ошибки измерений подразделяют на:

- грубые промахи, возникающие из-за невнимательности исполнителя;
- систематические ошибки, возникающие, как правило, из-за погрешностей мерных приборов (они могут быть учтены);
- случайные ошибки, природа и причины появления которых не вполне ясны и поэтому полностью они не могут быть учтены.

Из-за влияния всех этих ошибок измеряемую величину точно определить не возможно. Поэтому определяют ее *вероятнейшее*

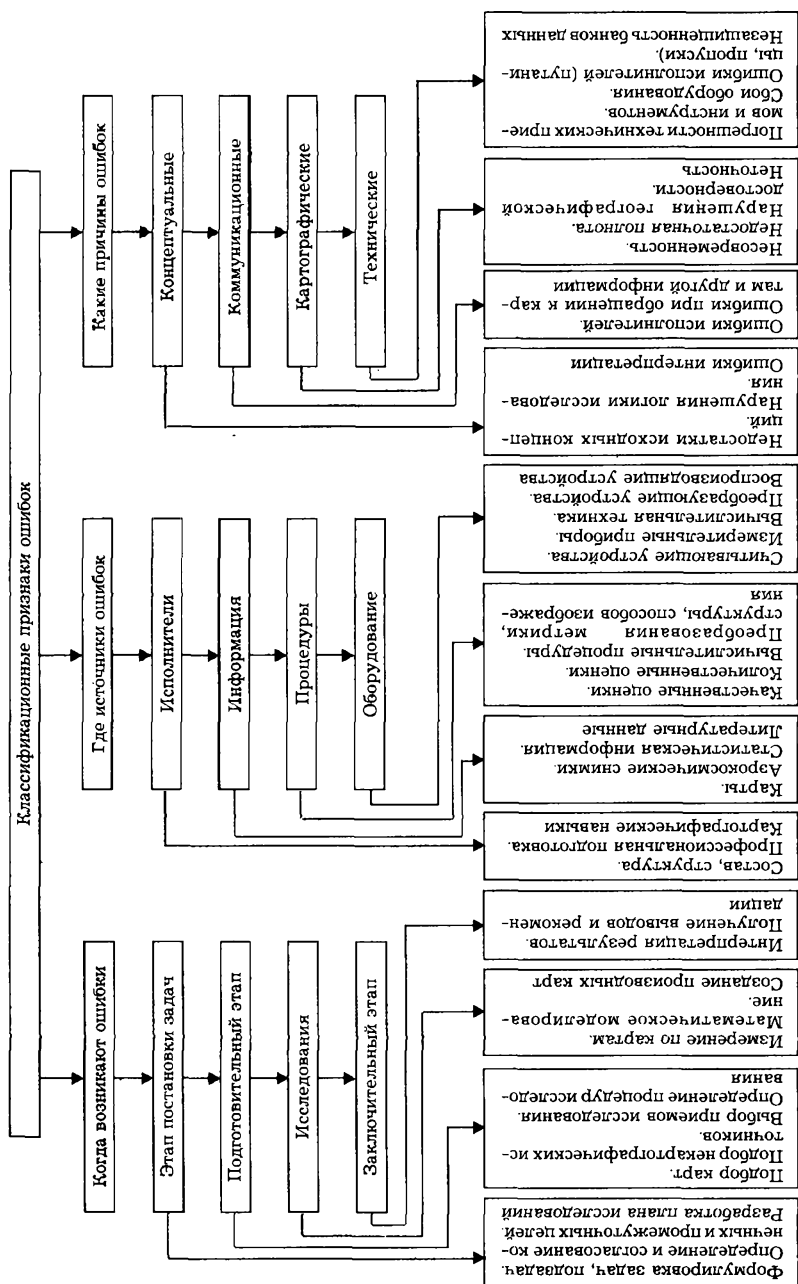


Рис. 9.12. Схема возможных источников ошибок при картографическом методе исследования

значение, которое вычисляется как среднее арифметическое из результатов всех проведенных измерений:

$$X = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n} = \frac{\sum a}{n},$$

где X — вероятнейшее значение; n — число проведенных измерений; $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ — результаты отдельных измерений.

Понятно, что чем больше измерений произведено, тем ближе вероятнейшее значение к истинному.

Предположим, что истинное значение (A) измеряемой величины известно, тогда разность между действительной величиной и измеренным значением a представляет собой истинную погрешность Δ . Отношение погрешности какой-либо величины к ее действительному (истинному) значению называется от-

носительной погрешностью $\frac{\Delta}{A}$. В теории ошибок принято отно-

сительную погрешность обозначать в виде правильной дроби, в числителе которой единица, а в знаменателе — доля ошибки от

измеряемой величины $\frac{\Delta}{A} = \frac{1}{A} : \Delta$.

Например, при измерении длин кривых линий курвиметром возникает ошибка, равная примерно 1—2%, т. е. $\frac{1}{100} - \frac{1}{50}$ часть длины измеряемой линии. Таким образом, при измерении линии, равной 10 см допускается относительная ошибка 1—2 мм в масштабе карты. В зависимости от масштаба карты, по которой производилось измерение, на местности ошибка будет различной для 1:10 000 ошибка на местности составит 20 м; 1:100 000 — 200 м, 1:1 000 000 — 2 км. Таким образом более точные измерения кривых курвиметром возможно произвести по картам более крупных масштабов.

На точность измерений оказывают влияние также способ измерений и приборы, которыми эти измерения производятся. Для повышения точности измерений следует выбирать более точные инструменты.

Все исследования по точности получаемых результатов можно разделить на три группы — точные исследования, исследования средней точности и приближенные исследования.

При *точных исследованиях* проводят измерения и вычисления с максимально возможной для данной карты и данного приема ее анализа *точностью*. При исследованиях такого рода измерения производятся неоднократно и тщательно контролируются путем независимых измерений. При точных исследованиях погрешности измерения длин и площадей по картам составляют 1%, а углов — 1'.

В исследованиях *средней точности* обычно задается определенный предел погрешности. Результаты измерений, точность которых меньше заданного при этом не учитываются. Погрешности измерений длин и площадей при исследованиях средней точности составляют уже 3—5%, а углов — 3°. Исследования средней точности проводятся наиболее часто.

Приближенные исследования выполняются с невысокой точностью и часто необходимы для предварительных оценок. Очень часто они производятся визуально, без применения каких либо приборов и инструментов. Ошибки в измерении длин и площадей в данных исследованиях уже достигают 10%, а угловые измерения проводятся с точностью 8—10°. Подобные приближенные прикидки и оценки весьма полезно производить для контроля, чтобы проследить нет ли в измерениях грубых промахов. Так, например, при измерении площади участка леса по топографической карте был получен результат 0,5 км². Проверить реальность полученного результата можно, сравнив ареал лесного массива с площадью квадрата, образуемого сеткой прямоугольных координат (километровой сеткой). Если на глаз площадь участка леса равна половине данного квадрата, то определения произведены верно.

Все исследования по картам, конечно, зависят от *картографической точности*, которая в свою очередь зависит от математической основы, масштаба карты, технологии составления, подготовки к изданию. Кроме того, на картографическую точность оказывает влияние проведенная при составлении генерализация.

Для топографических и обзорно-топографических карт плановая ошибка (ошибка в положении контуров) складывается из ошибок, возникающих на разных этапах создания карт — при определении координат пунктов государственной геодезической сети, координат пунктов съёмочного обоснования, ошибок при съёмке, погрешностей составления карты, подготовки к изданию и полиграфического воспроизведения (печати тиража карты):

$$m = \pm \sqrt{m_{L_1} + m_{L_2} + m_{L_3} + \dots + m_{L_n}} = \sqrt{\sum m_{L_i}},$$

где m_{L_i} — элементарные ошибки на разных этапах создания карты.

Величина же ошибок по высоте в значительной степени зависит от характера рельефа территории и принятой высоты сечения рельефа на данной карте и составляет примерно 0,3—0,5*h*.

Погрешности в положении контуров и ошибки высот на мелкомасштабных картах в значительной степени зависят от искажений, вносимых картографической проекцией. Они тем больше на краях карты, чем большая площадь территории картографирования. Учет искажений рассмотрен в главе II. Но в принципе, если необходимо произвести различного рода измерения и определения морфометрических, картометрических и статистических показателей, следует использовать среднемасштабные и крупномасштабные карты.

9.7

Ошибки грамматики языка карт

Языково-семиотическая концепция картографии, общие положения которой сформулированы в 1.5, позволяет рассматривать любое картографическое изображение в качестве текста. В карте-тексте совокупность графических знаков представляет ее *словарь*, а правила и принципы, по которым они сочетаются, комбинируются, можно рассматривать в качестве *грамматики языка карты*.

Также, как в естественном языке легко различить грамотную речь или письмо от неграмотных, так и грамотно составленная карта отличается от неграмотной. В естественном языке есть грамматические правила, соблюдение которых позволяет достичь грамотной речи. С картой дела обстоят точно также.

В легенде любой карты выделяют план выражения и план содержания. *План выражения* — это графические знаки и их элементы на карте, а совокупность их значений, т. е. то, что обозначают кружки и другие геометрические знаки, различные виды штриховок и т. д., представляет собой *план содержания*. Суть грамматики языка карты заключается в правильном соединении

(в каждом конкретном случае) плана выражения и плана содержания карты. Иначе говоря, легенда карты должна быть сконструирована таким образом, чтобы графические средства наилучшим образом передавали свойства и отношения объектов и явлений. Только грамотно построенная карта-текст позволяет однозначно толковать ее содержание. В противном случае она может сформировать у читателя неправильное представление о картографируемых объектах и явлениях, их взаимоотношениях и связях.

Существует семь общих правил грамматики языка карты при конструировании ее легенды, руководствуясь которыми можно предупредить грубые ошибки в грамматике языка карты:

- *одинаковые* объекты и явления следует отображать одинаково;
- *различные* объекты и явления следует отображать различно;
- *подчиненное* следует отображать средствами, обеспечивающими отражение подчинения;
- *количественные* различия объектов одного вида следует изображать средствами, обеспечивающими отражение количественных различий;
- *общее* следует изображать средствами, обеспечивающими отражение общности;
- *взаимосвязанное* следует изображать средствами, обеспечивающими отражение взаимосвязей;
- *противоположное* следует изображать контрастно.

Несоблюдение этих в общем-то простых правил приводит к появлению ошибок грамматического строя языка карты, которые, к сожалению, весьма часто встречаются на изданных картах. Речь идет о неверном использовании изобразительных средств (знаков), которое приводит к неправильной трактовке информации, «снятой» с карты или к затруднению чтения, восприятия и понимания карты.

На картах встречаются и другого рода ошибки, например, неточности в тематической информации, а также недостатки, связанные с уровнем знаний о картографируемых объектах и явлениях на период создания карты. Но эти ошибки не связаны с языковой грамматикой карты. Любая неверная или неточная информация может быть изложена грамотно.

В общем виде *под грамматической ошибкой карты* понимают любое несоответствие (прямое, косвенное, очевидное, скрытое) между представлениями о свойствах и отношениях

пространственных и сущностных определенностях объектов картографирования и структурами выражающих эти свойства и отношения изобразительных средств (знаков).

О характере грамматических ошибок в языке карты можно получить представление, рассмотрев рис. 9.13. Отсутствие на карте

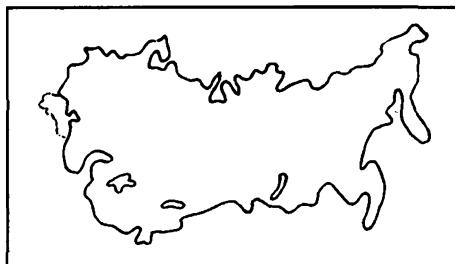
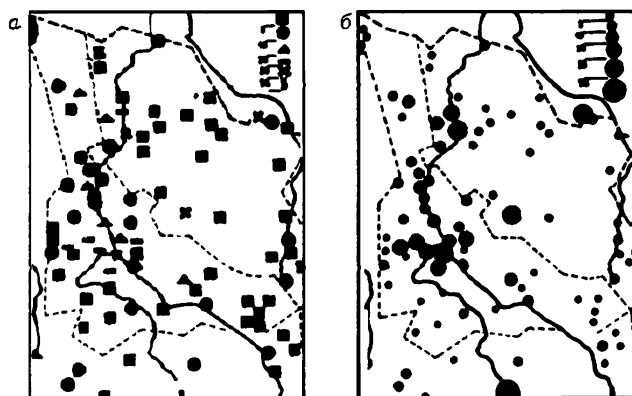


Рис. 9.13. Пример ошибки в пространственном положении и ориентации объектов относительно сторон света

сети географических координат при значительном искажении форм картографируемой территории создает у читателя (особенно у неопытного) неверное представление о расположении географических объектов. Так, со школьной скамьи человек традиционно воспринимает направление север—юг как верх и низ карты, а направление восток—запад — как правая и левая стороны рамки карты. Руководствуясь этими представлениями при отсутствии на карте линий меридианов и параллелей создается впечатление, что Черное море расположено на западе, а самой северной точкой территории бывшего СССР является мыс Дежнева. Карты в «плавающей компоновке» (без сетки географических координат) можно создавать лишь на территории небольших площадей, искажение форм которых не столь значительны.

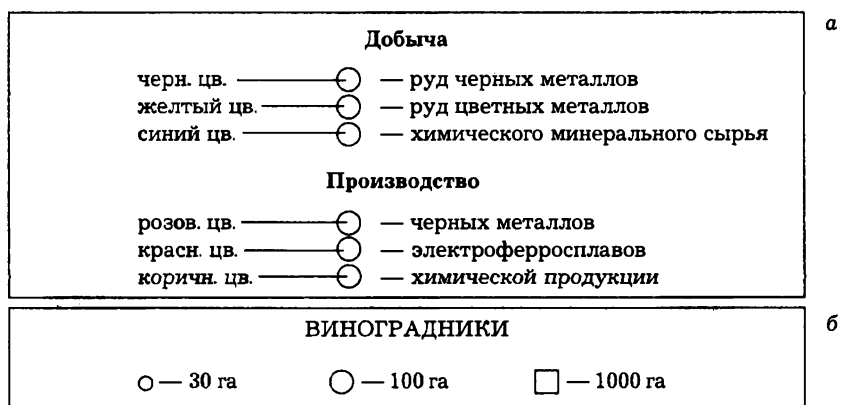
Пример одной из разновидностей ошибок в содержательном слое карты приведен на рис. 9.14, а. На карте, фрагмент легенды которой представлен, для показа различий в количественных показателях (в данном случае цен на землю) использованы геометрические значки различной формы. На рис. 9.14, б ошибка исправлена — количественные различия переданы одним условным знаком, размер которого меняется в зависимости от величины показателя.



а — количественные соотношения объектов переданы неправильно;
б — количественные соотношения переданы верно

Рис. 9.14. Пример ошибки в содержательном слое карты

Наиболее часто встречаются ошибки в отражении знаками отношений сходства и различия объектов по их качественной и количественной определенности, когда разные условные знаки используются для одинаковых объектов (9.15, а, б) и наоборот (рис. 9.16).



а — фрагмент легенды карты металлургической и химической промышленности;
б — фрагмент легенды карты сельскохозяйственных культур

Рис. 9.15. Отражение одинаковых по типу объектов различными условными знаками

а	б
красн. цв. - - - - - 1906 г.	оранж. цв. - - - - - 1909 г.
красн. цв. 1907 г.	оранж. цв. 1845 г.
красн. цв. - - - - - 1896 г.	зелен. цв. →→→ 1907 г.
зелен. цв. - - - - - 1851 г.	черн. цв. о о о о о 1895 г.
зелен. цв. _____ 1901 г.	черн. цв. -х-х-х-х- 1870 г.

а — походы землепроходцев; б — маршруты посольств

Рис. 9.16. Ошибка в отражении на карте сходства и различия объектов

Весьма распространены ошибки в исходных классификациях. Не являясь собственно картографическими, эти ошибки наследуются системами знаков (рис. 9.17).

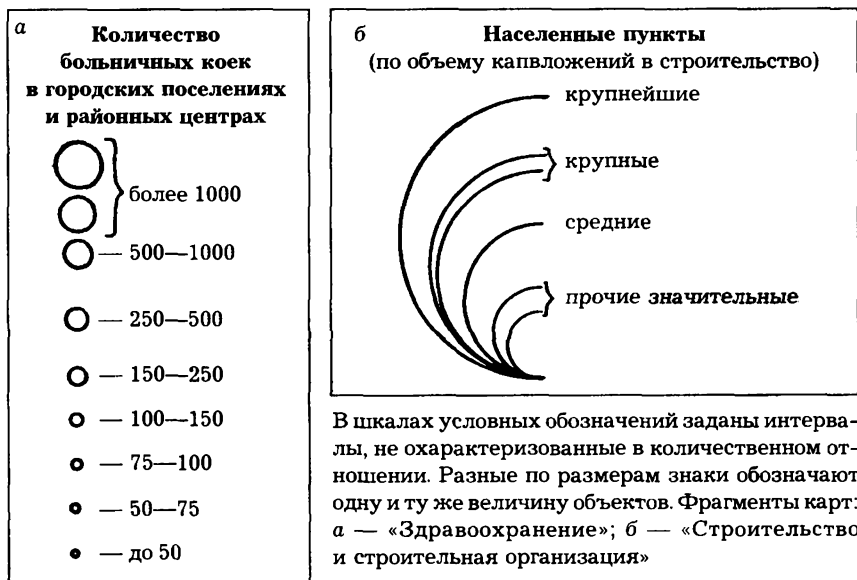
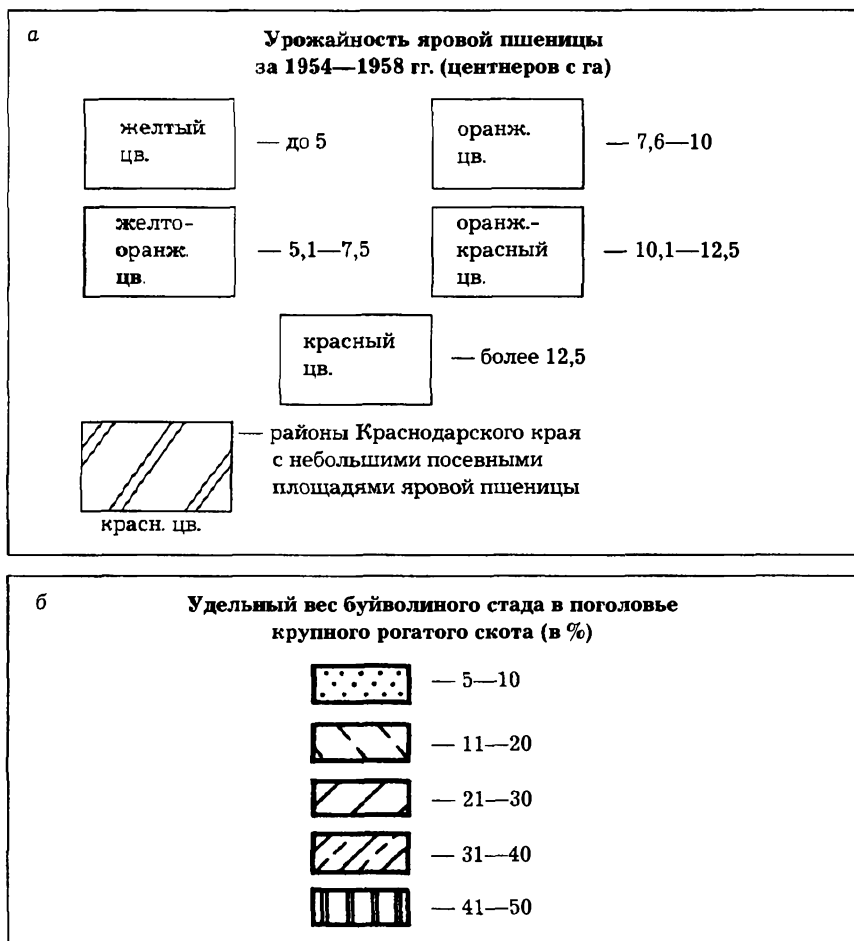


Рис. 9.17. Ошибки в классификации объектов

Кроме того, достаточно типичны и ошибки, обусловленные нарушением традиций картографии и психологического восприятия (рис. 9.18)



а — районы с небольшими посевными площадями яровой пшеницы должны быть даны в начале шкалы урожайности; б — нарушен принцип графического оформления шкалы. С увеличением показателя должна увеличиваться густота штриховки без изменения ее вида

Рис. 9.18. Ошибки в грамматике языка карт, обусловленные неучетом психологического восприятия

Таким образом, при разработке системы условных обозначений, их согласования и логики для исключения грубых промахов следует руководствоваться теоретическими и практическими правилами грамматики языка карты. Разработке легенды любой карты должен предшествовать анализ объектов, явлений или показателей картографирования, определение их количественных и качественных соотношений.

Глава 10

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

10.1

Географические информационные системы

В конце XX в. магистральным направлением развития картографической науки и производства стало *геоинформационное картографирование*.

Возникло геоинформационное картографирование как прямое продолжение комплексного, синтетического и системного картографирования, опирающихся на математические методы и автоматизацию, а в дальнейшем на *географические информационные системы (ГИС)*.

Характерными особенностями этого вида картографирования является высокая степень автоматизации и опора на базы цифровых картографических и географических данных. Применение быстродействующих компьютеров позволяет при этом достичь высочайшей оперативности, приближающейся к реальному времени, обеспечивающей быстрое принятие решений. С помощью компьютеров появилась возможность создавать изображения новых видов и типов (электронные карты, 3-мерные компьютерные модели и анимации и др.).

Географические информационные системы (ГИС) представляют собой компьютерные программные продукты, предназначенные для сбора, обработки, отображения и распространения пространственно координированных данных о различных объектах и явлениях природы и общества. Хранительницами этих огромных массивов информации стали электронные (компьютерные) карты, атласы и другие картографические произведения.

Появившись впервые в середине 60-х годов XX в. в Канаде, США, Швеции, ГИС нашли широкое применение при изучении природных ресурсов, в экологии, экономике, и других областях наук.

Отличительными признаками ГИС являются географическая привязка данных, возможность оперативного обновления баз данных, генерирования новой информации и принятия на ее основе разнообразных решений.

По территориальному охвату (территориальному уровню) ГИС бывают глобальные, национальные, региональные, муниципальные, локальные. В зависимости от территориального охвата масштабы меняются от 1:100 000 000 до 1:1 000.

Принято ГИС делить также и по тематике. Известны земельные, кадастровые, морские инженерные, транспортные и другие ГИС.

10.2 Составные части ГИС

Составными частями любой ГИС являются:

- система ввода;
- графическая база данных;
- тематическая база данных (описательные или атрибутивные данные);
- система визуализации;
- система управления и обработки данных;
- система вывода.

База данных (БД) — это основная часть ГИС. Она состоит из двух взаимосвязанных информационных компонентов: картографической базы данных, описывающих форму и взаиморасположение картографических объектов в определенной проекции (системе координат) и атрибутивной базы данных, содержащей описание реквизитов объектов, их количественные и качественные характеристики, а также некоторые дополнительные данные, которые не могут быть непосредственно отображены на карте — описания территории, профили, результаты полевых обследований и т. п. Оба вида баз данных представляют собой файлы с набором данных, представленных в своих векторных или растровых форматах. Кроме того, в ГИС обязательно имеется *система управления базами данных (СУБД)*, которая обеспечивает поиск, сортировку, удаление, исправление и анализ баз данных. Совокупности баз данных и систем управления образуют *банки данных*.

Система ввода (получения) информации — это устройства (сканеры, клавиатура, дигитайзер, электронные геодезические приборы) для преобразования пространственной информации в цифровую форму и ввода ее в память компьютера или в базу данных.

Системы вывода позволяют вывести результаты обработанной информации (полученную карту, тексты графики, таблицы и т. д.) в той форме, которая удобна потребителю. В зависимости от решаемых задач системы вывода могут быть различными. Ими могут служить монитор, принтер или плоттер, а также внешние носители (магнитные, лазерные) и т. д.

Картографические ГИС могут включать также *систему издания карт*, которая позволяет получать расчлененные по цветам позитивы и печатные формы, используемые в дальнейшем для печати тиража карты.

Аэрокосмические ГИС включают систему *обработки изображений*, обеспечивающую проведение коррекции снимков, проективные преобразования, дешифрирование и другие операции.

Графическая информация вводится в ГИС путем сканирования, цифрования или интерактивным способом, при котором программы снабжены возможностью «обучения» (настройки) системы, конвертации данных из других ГИС.

Сканирование означает процесс перевода исходного картографического (или какого-либо иного) изображения в цифровую *растровую* (точечную) форму. С подобными изображениями мы часто сталкиваемся в повседневной жизни. Телевизионное изображение, иллюстрации в любом типографском издании, отпечатки, выполненные с помощью принтера — все это растровые изображения. Они представляют собой сетку (матрицу) точек, (хорошо видимых при увеличении), которые называются *пикселями*. Чем сложнее исходное изображение, тем «гуще» сетка раstra. Если исходное изображение было цветным, каждой точке автоматически присваивается свой код цвета.

Компьютерная обработка растровых изображений сводится к работе с каждой из точек, составляющих изображение объектов, а не с контурами объектов. Для работы же с объектами растровое изображение путем векторизации переводят в цифровую *векторную* форму. Объекты в векторной форме представлены в виде набора векторов определенной длины и ориентировки.

10.3 Организация информации в ГИС

Картографическое изображение (модель местности) в векторной форме представлено в виде основных графических *примитивов точек, линий и полигонов* (площадей, ограниченных замкнутой линией или набором линий). Объект может состоять как из отдельных примитивов, так и из их групп. Таким образом, вся карта в ГИС состоит из точечных, линейных и полигональных объектов. Существуют ГИС с возможностями работы с *составными объектами*, представляющими совокупности простых. Каждому объекту в ГИС придается свой уникальный номер — *идентификатор*, по которому осуществляется связь с *атрибутивными* (тематическими) базами данных, формируемыми в виде таблиц (рис. 10.1).

Все объекты в цифровом виде выражены координатами X и Y : точка — одной парой координат; линия — двумя парами координат

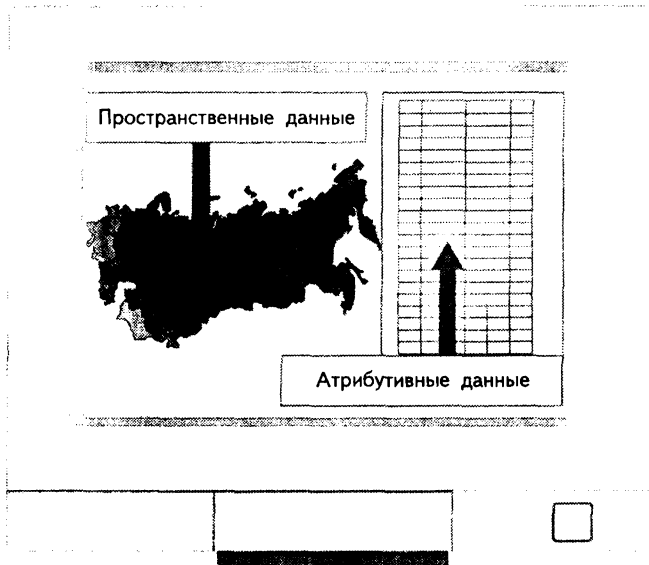


Рис. 10.1. Система геореляционных баз данных: взаимосвязь пространственных и атрибутивных данных

(начала и конца линии); кривые (ломанные) линии — набором координат прямых отрезков; полигоны — ломаными, образующими замкнутый контур (первая и последняя точки имеют одинаковые координаты). Совокупность графических объектов, выраженных координатами, представляет карту в цифровом виде.

Само картографическое изображение в ГИС представлено как набор информационных слоев, на каждом из которых расположены однородные объекты. Например, общегеографическая карта будет состоять из слоев гидрографии, рельефа, почвенно-растительного покрова, дорожной сети, населенных пунктов и границ (рис.10.2). В некоторых ГИС структура слоев жестко связана с электронными типами объектов. То есть на одном слое представлены все точечные объекты, на другом — все площадные (полигональные), на третьем — линейные.

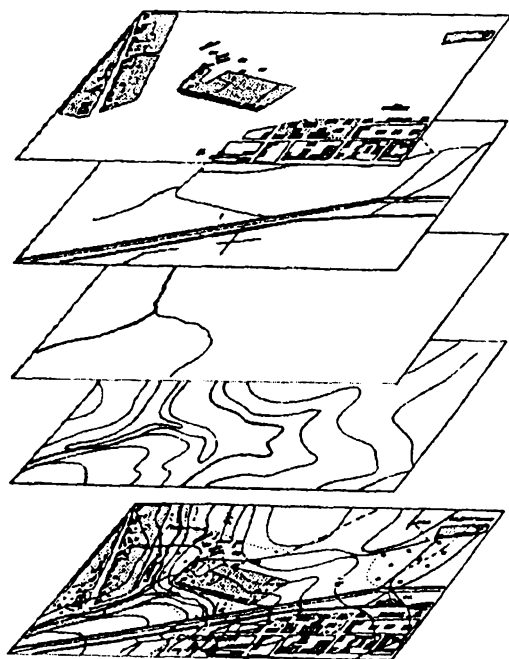


Рис. 10.2. Принцип расположения информационных слоев
в географической информационной системе

Работа может производиться как на отдельных слоях карты, так и на совмещенных всех или в различных их комбинациях слоях.

Характеристики изображенных на карте объектов заносятся в базу данных. Файл базы данных состоит из *строк* и *полей*. Примером может служить база данных по населенным пунктам.

Название	Число жителей	Тип	Административное значение
Калуга	3	1	2
Орел	3	1	2
Самара	2	1	2
Ивановка	5	3	0
Короча	5	3	0
Пограничный	4	2	0

В поле «Число жителей» стоят коды каждой из градаций принятой для данной карты шкалы численности населенных пунктов, например:

свыше 1 000 000	— код 1
500 000 — 1 000 000	— код 2
100 000 — 500 000	— код 3
50 000 — 100 000	— код 4
менее 50 000	— код 5

Число жителей может быть также задано и в явном виде.

В поле «Тип» проставляются принятые коды типов населенных пунктов, например города — 1, поселки городского типа — 2, сельские населенные пункты — 3, которые произвольно назначаются (задаются) исполнителем.

Для характеристики административного значения населенного пункта также производится кодирование всех его возможных вариантов, например, если населенный пункт не имеет никакого административного статуса, он получает код 0, столицы государств обозначаются в данном поле кодом 1, центры областей — кодом 2 и т. д.

Любая база данных (БД) должна обладать возможностями поиска при помощи *запросов* — заданием параметров поиска.

Например, найти все города с числом жителей более 50 000, т. е. в данном случае осуществляется запрос по полям «Число жителей» и «Тип». Все населенные пункты с заданными характеристиками отразятся на карте. Далее они могут быть скопированы в отдельный слой и стать основой для анализа.

10.4 Возможности ГИС

Хранящиеся в ГИС два вида информации — графическая (картографическая) и атрибутивная (тематическая) представляют собой главную ценность, но практическую пользу они приносят при решении прикладных задач. Поэтому кроме основных функций — сбора и накопления информации — в ГИС имеются ряд функций, предназначенных для решения множества специальных задач. Это *утилиты работы с самими базами данных, арифметические и геометрические утилиты*, которые позволяют проводить различного рода расчеты, а на их основе осуществлять *сетевой анализ, зонирование, выделение объектов по критерию*.

Сетевой анализ применяется, например, для определения зон влияния одних объектов на другие, выбора ближайшего или наиболее оптимального пути и т. п.

Зонирование состоит в построении зон влияния отдельных объектов. Например, ограничение зон загрязнения отдельными точечными источниками.

Выделение объектов по заданному критерию, производимое с помощью базы данных, позволяет создавать новый слой объектов с заданными характеристиками, модифицировать, при необходимости, старые слои.

Геоинформационное картографирование расширяет возможности решения широкого спектра проблем, которые требуют оперативного создания картографических произведений (оперативное картографирование). Исходными данными при этом могут служить самые различные материалы от результатов переписи и опросов до аэрокосмических снимков.

Оперативное картографирование, т. е. создание и использование карт в реальном или близком к реальному масштабу времени расширяет возможности изучения динамики геосистем. Появилась и интенсивно развивается *картографическая анимация* (мультипликация), при которой быстро сменяющиеся

карты-кадры создают эффект движения. Специальные компьютерные программы обеспечивают возможности перемещения не только всей карты по экрану, но и отдельных элементов содержания по карте, панорамирование, создание эффекта движения над картой изменение освещенности и окраски различных ее участков и множество других эффектов.

Результатом дальнейшего развития геоинформационного картографирования явилось *виртуальное картографирование* — создание изображений, сочетающих свойства карт, перспективных снимков, блок-диаграмм и компьютерной анимации.

Виртуальные изображения, построенные по топографическим картам, аэро- и космическим снимкам и совмещенные с фотоизображениями ландшафтов используют обычно как реальную модель местности, которая может двигаться и вращаться с различной регулируемой пользователем скоростью. Основное достоинство виртуального изображения — возможность сочетания различной тематической информации в одной модели. Наиболее часто виртуальные изображения применяются при исследовании районов природного риска, строительстве различных инженерных сооружений. Кроме того, использование их весьма перспективно в учебных целях для демонстрации многих природных и социально-экономических процессов. Тематика виртуальных карт столь же разнообразна, как и в традиционном картографировании.

Тесное взаимодействие картографии и информатики сказалось на развитии одного из важнейших ее (картографии) направлений — создании атласов. Электронные *ГИС-атласы*, выпускаемые на компакт-дисках, *интернет-атласы*, простые атласы, предназначенные только для визуального просмотра (*вьюерные атласы*), *интерактивные атласы* содержат карты высокого качества и обычно сопровождаются богатым справочным материалом.

Создаются и комплексные электронные атласы, включающие разные виды информационных слоев. Большинство развитых в экономическом отношении стран (Швеция, Испания, Финляндия и др.) к настоящему времени уже создали электронные версии своих национальных атласов, отличающихся от бумажных лишь частично измененной структурой и наличием отдельных карт с новыми сюжетами. Благодаря значительному сокращению сроков создания электронных атласов по сравнению с традиционными

капитальными произведениями, информация, содержащаяся в них, отличается современностью.

Национальный атлас России, к созданию которого картографическая служба нашей страны приступила совместно с многочисленными научными организациями, предполагается наряду с традиционным многотомным полиграфическим изданием также выпустить в электронной версии (ГИС-версии).

Научно-технический прогресс, определивший развитие средств, методов картографирования, теоретических концепций, требует освоения не только новых способов картосоставления, но и приемов работы с картами. Разработка новых методик использования такого вида картографической продукции в учебном процессе представляется насущной задачей и требует в условиях все возрастающей компьютеризации школьного образования самого пристального внимания школьных учителей географии.

Глава 11

СОЗДАНИЕ КАРТ

11.1 Методы создания карт

Географические карты в зависимости от масштаба получают двумя основными методами:

- путем непосредственных съемок местности и обработки их материалов;
- в лабораторных (камеральных) условиях в результате обработки разнообразных источников, в число которых могут входить материалы предшествующих астрономо-геодезических, съемочных, картографических, географических, экономико-статистических и других специальных работ.

Под *съемкой* понимают совокупность работ, выполняемых с целью создания планов и карт. Различают *наземные* и *дистанционные* съемки (рис. 11.1). При наземных съемках все геометрические измерения проводятся непосредственно на местности. При дистанционных съемочные системы удалены от земной поверхности на значительные расстояния — от сотен метров до тысячи километров. Съемка, производимая с самолета или вертолета называется *аэросъемкой*. Съемка аппаратами, размещаемыми на космических кораблях, искусственных спутниках, орбитальных станциях, называется *космической съемкой*.

Основными методами создания крупномасштабных карт и планов в настоящее время являются *аэрофототопографическая съемка*, включающая получение фотографических изображений местности с самолета и их обработку.

Наземные методы имеют ограниченное применение при создании планов и карт крупных масштабов небольших участков местности, или в случае различного рода строительных, лесотехнических и других работ, когда проведение аэросъемки нерационально.



Рис. 11.1. Виды съемок местности

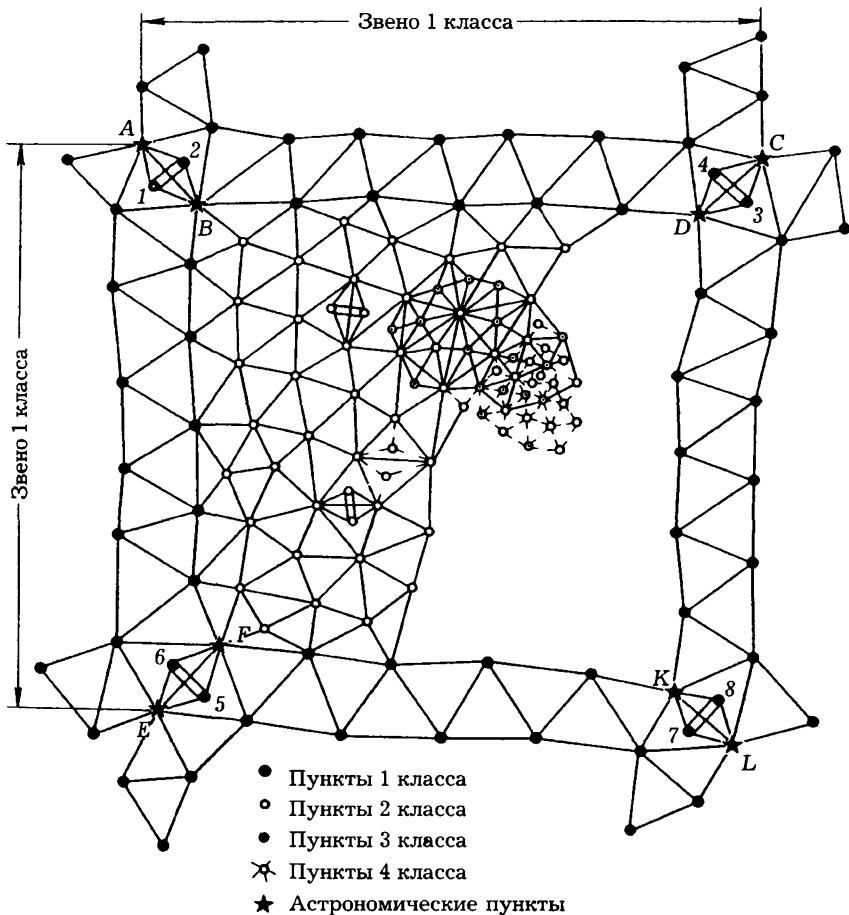
Наземные съемки подразделяются на *плановые*, *высотные* и *планово-высотные*. При плановых съемках определяется лишь плановое положение объектов местности без ее высотной характеристики; при высотной съемке определяют высоты точек; планово-высотные съемки позволяют получить на карте изображение ситуации (контурной части) и рельефа местности.

11.2 Геодезические опорные сети

Все наземные съемки производятся на основе закрепленных на местности *опорных геодезических пунктов*, для которых с высокой точностью определены плановые координаты и высоты. Плановое положение их определено в единой системе плановых координат, а высоты — в единой системе высот. Совокупность

таких геодезических пунктов, равномерно размещенных на территории страны образует *геодезическую опорную сеть* (рис. 11.2).

Геодезическая сеть создается по принципу «от общего к частному». То есть сначала строится довольно редкая сеть пунктов, координаты которых определяются с самой высокой точностью (пункты 1-го класса), а затем эта сеть сгущается пунктами, положение которых определено уже с меньшей точностью (пункты 2-го класса)



AB, CD, EF, KL — выходные стороны; 1—2, 3—4, 5—6, 7—8 — базисы

Рис. 11.2. Схема полигона государственной триангуляции

и так далее (пункты 3-го, 4-го классов). Геодезическая опорная сеть включает *государственную геодезическую сеть (ГГС), сети сгущения и съемочные сети (съемочное обоснование)*.

Координаты геодезических сетей определяются в одной системе координат по всей территории. Государственная геодезическая сеть имеет единое начало координат и единый референц-эллипсоид.

Плановая государственная геодезическая сеть создается методами триангуляции, полигонометрии и трилатерации.

Метод триангуляции заключается в том, что на местности размещают и закрепляют геодезические пункты, являющиеся вершинами треугольников. В первом треугольнике образованной сети измеряется с высокой точностью так называемая выходная сторона и все внутренние углы. По этим измерениям вычисляются (по теореме синусов) длины остальных сторон. Затем во втором примыкающем к первому треугольнике также измеряют все углы и, используя вычисленную ранее длину общей с первым треугольником стороны, получают длины сторон второго треугольника. Зная координаты одной из начальных точек, по вычисленным сторонам и измеренным углам вычисляют тригонометрическим путем координаты остальных точек. Ряды треугольников триангуляции 1-го класса прокладывают по возможности вдоль меридианов и параллелей. Длина сторон треугольников не менее 20 км, углы измеряются с ошибкой не более $\pm 0,7'$.

Метод полигонометрии состоит в проложении на местности сети ломанных ходов, которые в совокупности образуют замкнутые многоугольники (полигоны). Этот метод применяют обычно в залесенной, застроенной местности, где видимость между пунктами затруднена. Прокладывают ходы вдоль дорог и по долинам рек. По координатам начальной точки и дирекционному углу первой стороны хода вычисляют координаты второй точки, и всех последующих точек хода.

Метод трилатерации по своей сути сходен с методом триангуляции. Отличается от него тем, что в треугольниках измеряются не углы, а стороны. Все три стороны треугольников измеряются с помощью дальномеров с высокой точностью (1/400 000 от длины линии), а затем вычисляются координаты точек (вершин треугольников).

Геодезическая сеть 2-го класса строится внутри полигонов 1-го класса путем прокладывания пересекающихся ходов

полигонометрии или построения сплошной сети треугольников. Далее сеть 2-го класса сгущается и таким образом создается геодезическая сеть 3-го и 4-го классов. Измерения углов при создании геодезических сетей 3-го и 4-го классов проводятся уже с точностью $1,5''$ — $2,0''$. Расстояния между пунктами составляют около 5 км.

Все пункты государственной геодезической сети закрепляются на местности — в землю на глубину забивают бетонные сваи, а над землей устанавливают металлические или деревянные сооружения, которые называются *геодезическими знаками* (сигналами, пирамидами) (рис. 11.3).

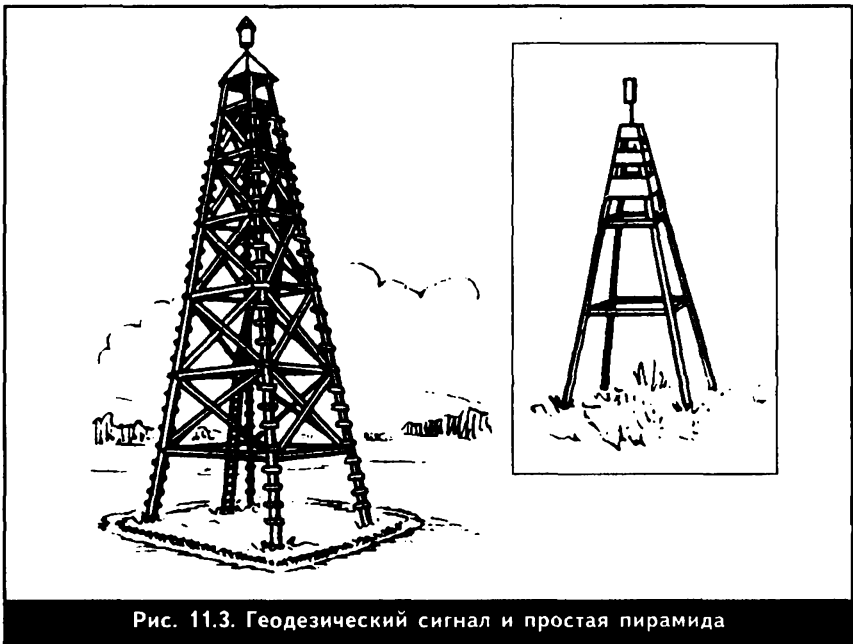


Рис. 11.3. Геодезический сигнал и простая пирамида

Высотная геодезическая сеть создается путем нивелирования, проводимого высокоточными приборами. Государственная высотная сеть в зависимости от точности проводимых измерений при определении высот также бывает 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов.

Нивелирные ходы 1-го класса связывают уровни всех морей и океанов. Между ними вдоль дорог и рек прокладывают нивелирные ходы 2-го класса. Ходы 3-го класса сгущают нивелирную

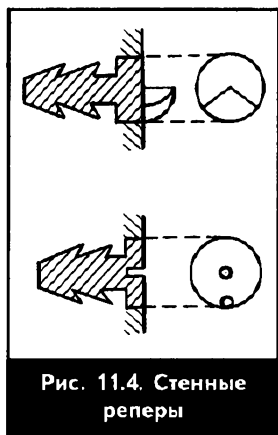


Рис. 11.4. Стенные реперы

сеть 2-го класса, а линии 4-го класса прокладывают между нивелирными пунктами 3-го класса. Пункты нивелирования любого класса закрепляются на местности *реперами* и *марками* (рис. 11.4), которые закладываются в грунт или в стены каменных зданий через каждые 3—5 км хода, а через 50—80 км устанавливаются фундаментальные реперы.

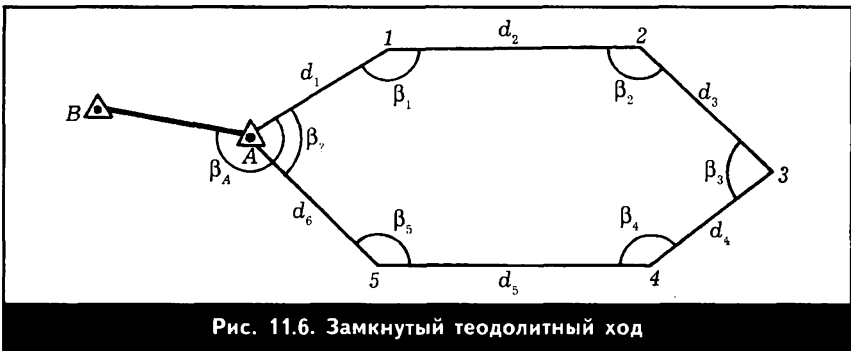
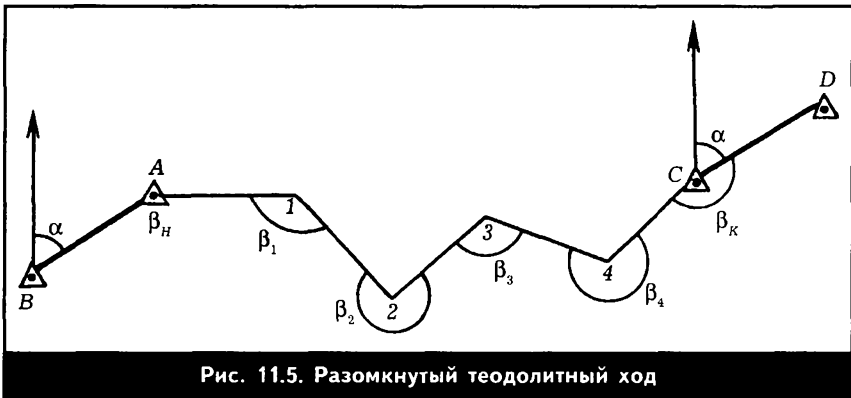
Непосредственным геодезическим обоснованием топографической съемки являются *опорная съемочная сеть*. Поскольку с точек съемочного обоснования будет производиться съемка всей ситуации, пункты ее временно закрепляются

на местности деревянными колышками. Как правило, для точек съемочного обоснования определяются плановые и высотные координаты. Съемочная сеть должна быть привязана к пунктам государственной геодезической сети, т. е. их координаты определены относительно пунктов ГГС. Таким образом, все объекты местности определяемые с точек съемочного обоснования окажутся определены относительно пунктов ГГС.

Опорная съемочная сеть создается проложением *теодолитных ходов* (полигонов). Теодолитные ходы бывают *замкнутые* или *разомкнутые*.

Разомкнутые ходы прокладываются между двумя опорными точками (пунктами государственной геодезической сети). На рис. 11.5 показан пример такого хода. Точки В и С — пункты государственной геодезической сети (триангуляции, полигонометрии, трилатерации). Для них известны прямоугольные координаты и дирекционные углы на другие пункты геодезической сети А и D.

Замкнутый теодолитный ход представляет собой многоугольник, привязанный к одной точке геодезической сети (рис. 11.6). Положение поворотных точек теодолитного хода зависит от конфигурации и размеров снимаемого участка. С каждой из точек теодолитного хода должна быть видна предыдущая и последующая точки хода. Кроме того, между точками не должно быть



препятствий и расстояния между ними должно быть не менее 50 м (обычно 200—300 м). При проложении теодолитных ходов на местности измеряются горизонтальные углы (β) и расстояния между точками 1, 2, 3, ... Как правило в замкнутых ходах измеряются внутренние углы многоугольника, в разомкнутых — углы, лежащие с какой-либо одной стороны по ходу от наблюдателя. Углы измеряются *теодолитом*, расстояния (длины сторон хода) — *мерной лентой* (рис. 11.7). На начальном этапе создания съемочного обоснования проводится *рекогносцировка* — осмотр местности, выбор в соответствии с требованиями и закрепление точек теодолитного хода.

Измерение длин сторон хода производится дважды — в прямом и обратном направлении. При этом разница измерений не должна превышать 1:2000 от длины линии. Если линии измеряются на

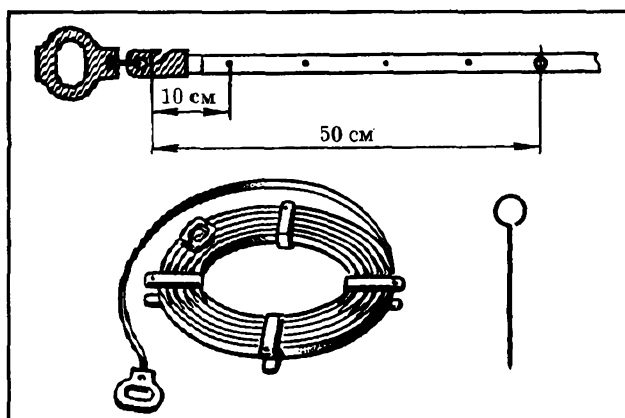


Рис. 11.7. Стальная мерная лента

наклонной местности (угол наклона более $1,5^\circ$), вводится поправка за приведение длин к горизонту. Горизонтальное проложение d (рис. 11.8) вычисляется по формуле:

$$d = S \cos \alpha,$$

где S — измеренная на местности длина стороны хода, α — угол наклона земной поверхности (вертикальный угол).

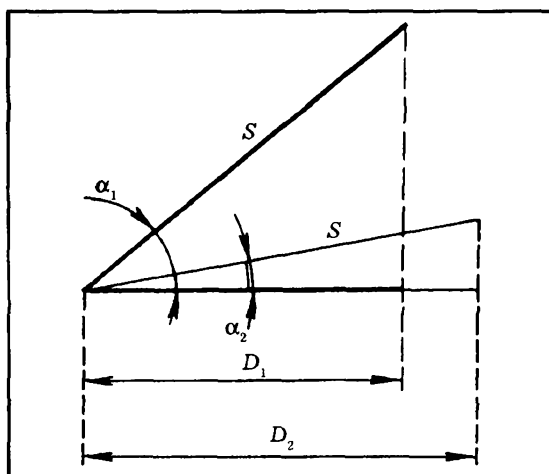


Рис. 11.8. Зависимость длины горизонтальной проекции наклонной линии от крутизны ската

В замкнутом полигоне теоретическая сумма внутренних углов

$$\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 180^\circ(n - 2),$$

где n — число углов.

Практическая сумма углов, полученная в результате проведенных измерений, обычно отличается от теоретической на величину *угловой невязки* $f_\beta = \Sigma\beta_{\text{практ.}} - \Sigma\beta_{\text{теор.}}$.

Предельная допустимая ошибка (невязка) в измерениях углов полигона вычисляется по формуле:

$$f_{\beta_{\text{доп.}}} = \pm 1,5t\sqrt{n},$$

где n — число углов полигона, t — цена деления теодолита.

Если угловая невязка f_β получится больше допустимой, необходимо произвести повторные измерения. В случае удовлетворительных результатов в каждый угол вводят поправку, определяемую по формуле:

$$\delta = \pm \frac{f_\beta}{n}.$$

Поправка вводится со знаком, обратным знаку невязки и таким образом получают исправленные значения углов β :

$$\beta_1 = \beta_{1_{\text{изм.}}} \pm \delta, \beta_2 = \beta_{2_{\text{изм.}}} \pm \delta \text{ и т. д.}$$

Эти вычисления называют *уравниванием горизонтальных углов* теодолитного хода. Производятся они в *камеральных* (лабораторных) условиях. В камеральных условиях производятся также вычисления прямоугольных координат X и Y точек теодолитного хода:

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2}; Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2},$$

где X_1 и Y_1 — прямоугольные координаты начальной точки; ΔX_{1-2} и ΔY_{1-2} — приращение координат, вычисляемые по формулам:

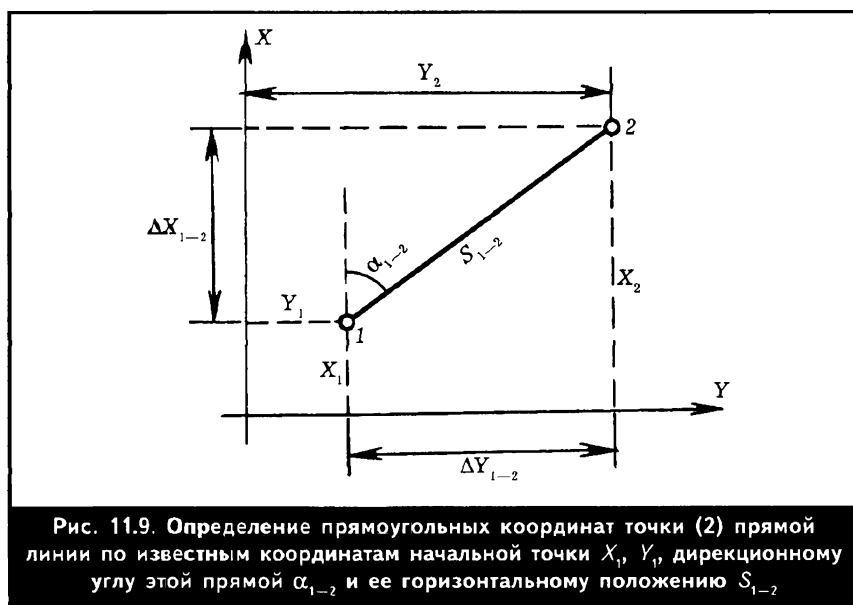
$$\Delta X_{1-2} = S_{1-2} \cos \alpha_{1-2};$$

$$\Delta Y_{1-2} = S_{1-2} \sin \alpha_{1-2},$$

где α — дирекционный угол стороны хода, вычисляемый по горизонтальному углу β :

$$\alpha_{\text{послед.}} = \alpha_{\text{пред.}} \pm 180^\circ - \beta,$$

где $\alpha_{\text{послед.}}$ и $\alpha_{\text{пред.}}$ дирекционные углы соответственно последующей и предыдущей сторон теодолитного хода (рис. 11.9), S — расстояние между точками.



По вычисленным прямоугольным координатам точки съемочного обоснования (точки теодолитного хода) наносятся на пластик с вычерченной на нем сеткой прямоугольных координат (километровой сеткой).

11.3 Плановые съемки

Как было сказано, при плановых (горизонтальных) съемках определяется лишь плановое положение объектов местности без ее высотной характеристики, т. е. создается лишь контурное изображение местности (рис. 11.10).

Плановые съемки (как, впрочем, и другие) производятся с точек съемочного обоснования. При этом виде съемок для определения

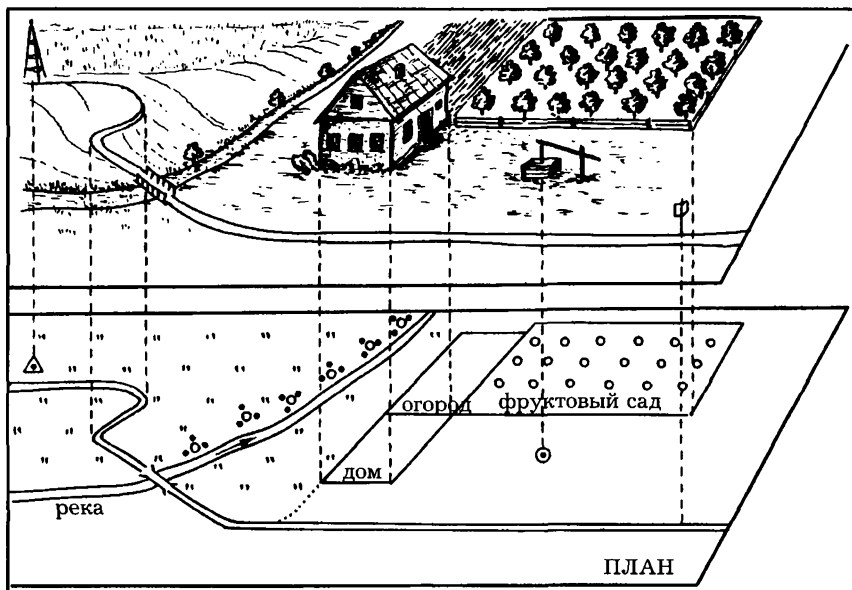


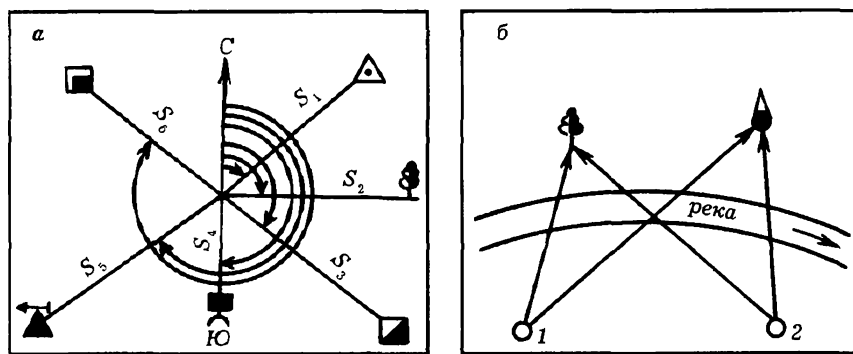
Рис. 11.10. Получение планового изображения местности

планового положения любого объекта местности относительно точек съемочного обоснования измеряют расстояния и направления. В зависимости от того, каким путем определяют направления на объекты, плановые съемки делят на *угломерные* и *углоначертательные* (графические). При угломерных съемках измеряют горизонтальные углы, а при углоначертательных (графических) — направления на объекты местности прочерчиваются на горизонтальном планшете.

Для изображения на плане объекта местности в своих очертаниях необходимо определить положение его характерных точек, число которых зависит от сложности конфигурации и размера каждого конкретного объекта. Положение малых по площади объектов, изображаемых на карте внесмачными условными знаками, например, колодца или дерева, определяется одной точкой. Прямолинейный объект (улица, линия электропередач и т. п.) может быть изображен, если получено положение двух точек; для ломанных и криволинейных контуров характерными являются точки поворота и изгиба.

Плановое положение объекта может быть получено различными способами: полярным, обхода, створов, перпендикуляров, засечек.

При *полярном* способе положение точек местности определяется путем измерения расстояний от точки стояния с инструментом (точки съемочной сети) до каждого из объектов и углов от исходного направления, например, магнитного азимута (рис. 11.11).



а — полярным; б — прямой графической засечки

Рис. 11.11. Определение планового положения точек разными способами

Способ *обхода* применяется при съемке в закрытых, затрудненных для доступа территориях (болот, пашен и др.). Съемщик обходит снимаемый контур и измеряет длины прямолинейных сторон хода и их направления (горизонтальные углы или азимуты).

Способ *створов* заключается в определении положения линейных объектов, расположенных под углом к съемочному ходу (рис. 11.12). При этом находят положение точки пересечения сторон снимаемого объекта с линией хода 1, 2, 3, 4 и из них определяют направления нужных линий. Так обычно снимают линии электропередач, заборы, границы пашен и т. п.

Способ *перпендикуляров (ординат)* применяют для съемки небольших объектов, расположенных вблизи сторон теодолитного хода и имеющих криволинейные границы, например, берега реки, контура леса и т. п. Положение характерных точек таких объектов определяется путем измерения длин перпендикуляров

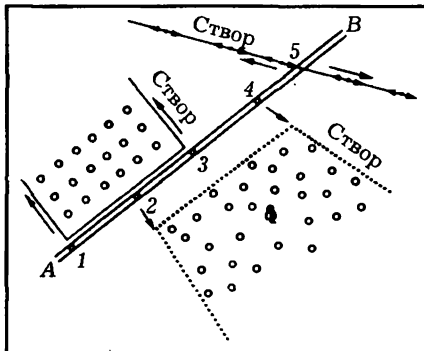


Рис. 11.12. Визирование с точек магистрального хода по створу

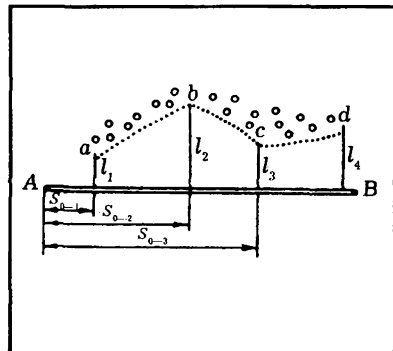


Рис. 11.13. Измерения при съемке способом ординат

l_1, l_2, l_3 опущенных на линию хода, а также расстояний от начальной точки хода S_1, S_2, S_3 и т. д. (рис. 11.13).

Способ засечек применяется для определения положения третьей точки по двум известным. Из известных двух точек определяют азимуты направлений на недостижимую точку. Положение определяемого объекта будет в точке пересечения этих двух направлений (рис. 11.14).

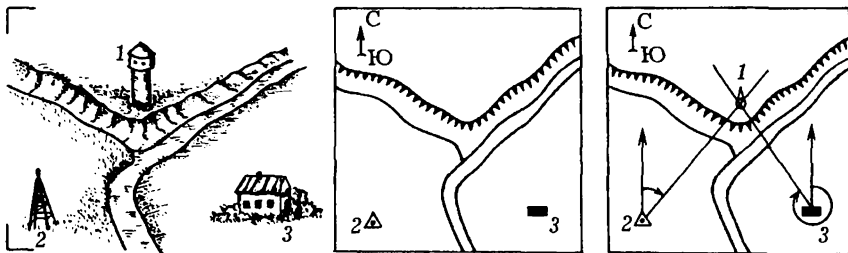


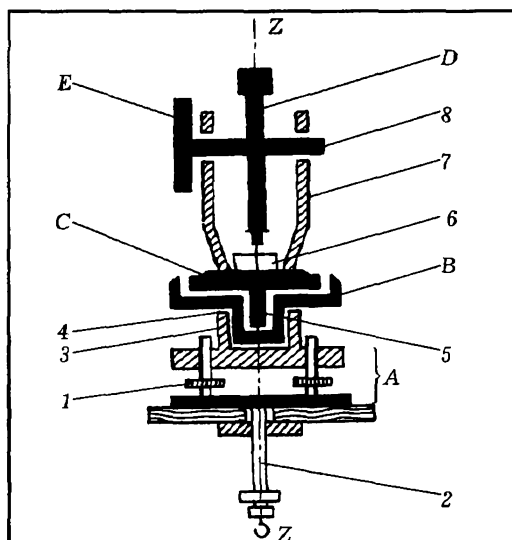
Рис. 11.14. Нанесение на план объекта 1 (башня) способом обратной засечки. Положение объектов 2 и 3 дано на плане

В зависимости от условий местности обычно при плановых съемках используются сразу несколько (а то и все известные) способов.

11.4 Теодолитная съемка

Теодолитная съемка — это плановая угломерная съемка, при которой все измерения производятся *теодолитом* — универсальным угломерным геодезическим инструментом.

Теодолиты весьма разнообразны по конструкциям и точности измерений. Однако принципиальная схема их устройства и принцип действия одинаковы. На рис. 11.15 дана схема устройства теодолита. У всех теодолитов основными рабочими частями являются горизонтальный и вертикальный круги с градусными и более мелкими делениями. У современных теодолитов горизонтальный и вертикальный круги закрыты кожухами, отсчеты по ним при



A — подставка; B — горизонтальный круг с лимбом; C — алидада; D — зрительная труба; E — вертикальный круг; 1 — подъемные винты; 2 — становой винт; 3 — втулка; 4 — ось вращения; 5 — ось алидадного круга; 6 — уровень; 7 — подставки вертикального круга; 8 — ось вращения зрительной трубы D и вертикального круга E

Рис. 11.15. Схема устройства теодолита

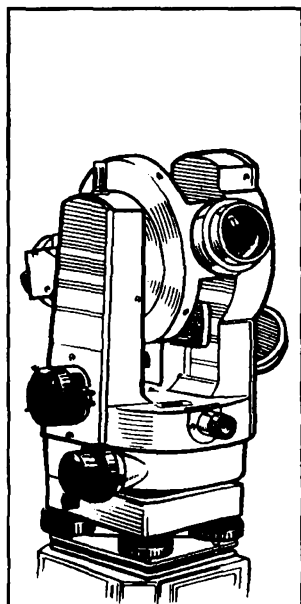


Рис. 11.16. Оптический шкаловый теодолит

измерениях углов берутся по микроскопу — специальному оптическому отсчетному устройству и поэтому такие теодолиты называются *оптическими* (рис. 11.16). Изображение штрихов обоих кругов передаются в поле зрения шкалового микроскопа (рис. 11.17).

Зрительная труба теодолита служит визирным устройством, с помощью которого производится точное наведение на предмет (веху или рейку). Труба имеет объектив и окуляр и снабжена *сеткой нитей* (рис. 11.18), предназначенной для точного визирования.

Горизонтальный круг теодолита с круговой шкалой-лимбом и алидадой предназначен для измерения горизонтальных углов.

Горизонтальный угол β лежит в горизонтальной плоскости, его лучами служат горизонтальные проекции направлений на наблюдаемые объекты (рис. 11.19). Для измерения горизонтального угла инструмент на штативе устанавливается в вершине

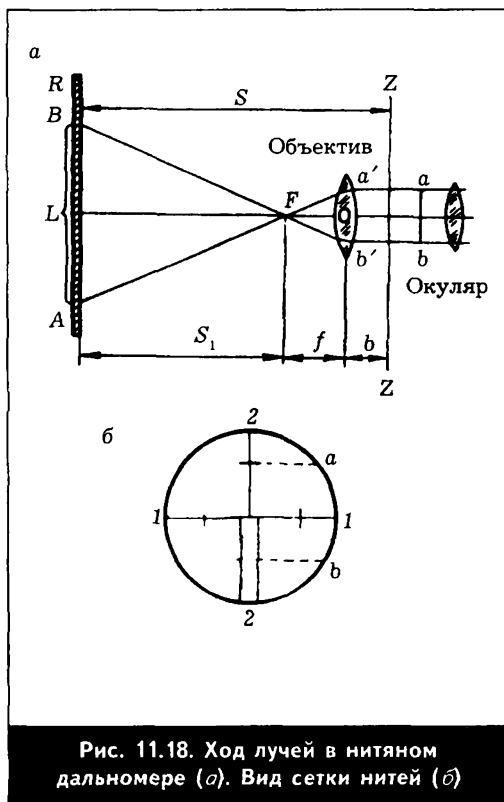




Рис. 11.19. Принцип измерения горизонтальных углов. Заштрихованы вертикальные плоскости, проходящие через точку установки инструмента (вершина измеряемого угла) и визируемые предметы

измеряемого угла, подъемными винтами на подставке теодолита приводится в горизонтальное положение по уровням, центрируется с помощью отвеса над точкой с большой точностью. На две другие точки, горизонтальный угол между которыми измеряется, устанавливаются веши. Измерение горизонтальных углов производится *полным приемом*, который состоит из двух полуприемов. При закрепленном круге поворотом алидады наводят зрительную трубу (вертикальную нить сетки) на правую вешу и берут отсчет по шкале горизонтального круга, расположенной в оптическом устройстве – микроскопе. Затем визируют на левую вешу и берут второй отсчет. Измеряемый угол равен разности правого и левого отсчетов (рис. 11.20):

$$\beta_1 = a_1 - b_1.$$

Эти действия составляют первый *полуприем*. Если визирование производилось при положении вертикального круга теодолита справа от наблюдателя, оно называется визированием при «круге право» (КП), если круг был слева – визированием при «круге лево» (КЛ). Для контроля производится второй *полуприем* – те же действия при другом положении вертикального круга



теодолита. Для этого зрительную трубу (объективом вниз) переводят через зенит. Таким образом получают второе значение того же угла:

$$\beta_2 = a_2 - b_2.$$

Из двух значений вычисляют среднюю величину угла:

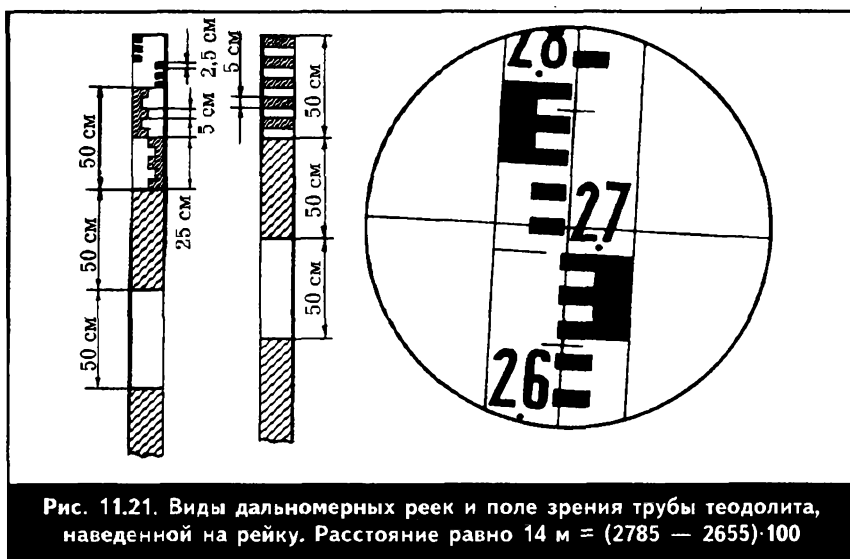
$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}.$$

В результате применения полного приема измерения горизонтального угла исключаются погрешности измерений.

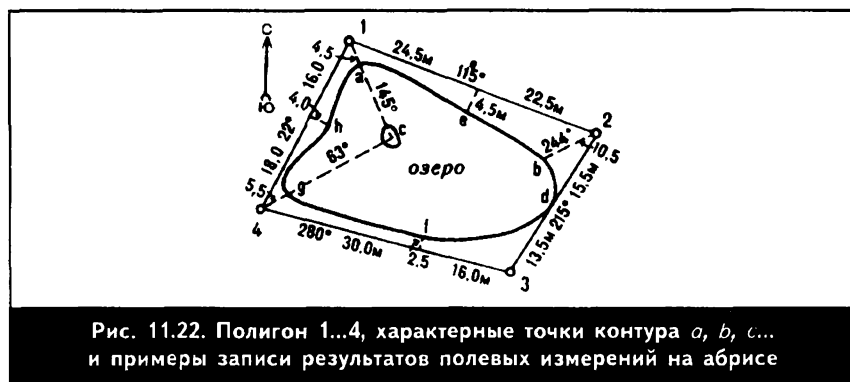
При производстве теодолитной съемки расстояния до объектов местности измеряются дальномерным устройством теодолита (нитяным дальномером). Для этого в наблюдаемой точке устанавливается *дальномерная рейка* (рис. 11.21) с сантиметровыми делениями. Измеряемое расстояние равно числу делений рейки, видимых между дальномерными нитями сетки нитей теодолита, умноженных на коэффициент дальномера. Современные теодолиты обычно имеют коэффициент дальномера $K = 100$, т. е. 1 см на рейке соответствует 1 м на местности.

Нитяными дальномерами обычно измеряют расстояния до 300 м с точностью $\frac{1}{300} - \frac{1}{400}$ от длины линии.

Съемка ситуации ведется полярным способом, способом ординат или другими способами с точек опорной съемочной сети



(станций), на которых поочередно устанавливается теодолит. К объектам, подлежащим съемке выставляются поочередно дальномерные рейки. Эти точки называются *пикетами*. Со станции на каждый пикет производится визирование и определяется расстояние и направление (горизонтальный угол). Результаты полевых наблюдений (измерений) заносятся в специальный (*пикетажный*) журнал. Одновременно в журнале ведется *абрис*, представляющий собой схематический рисунок участка местности в условных знаках (рис. 11.22).



Ситуацию в принятых для данного масштаба условных знаках на план наносят в камеральных условиях по данным журнала и абриса, измеряя углы направления на объекты транспортиром и откладывая расстояния от станций (пунктов опорной съемочной сети) до пикетов с помощью поперечного масштаба.

Плановые съемки не высокой точности могут быть проведены и простыми приборами — компасом (буссолью), эккером, астролябией (рис. 11.23—11.26).

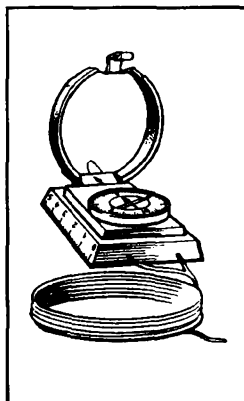
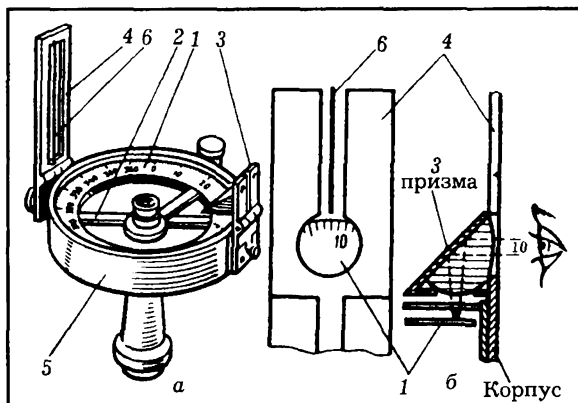
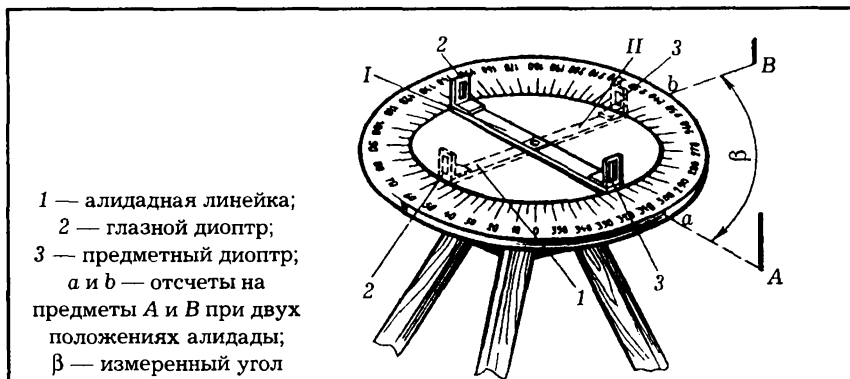


Рис. 11.23. Компас артиллерийский АК



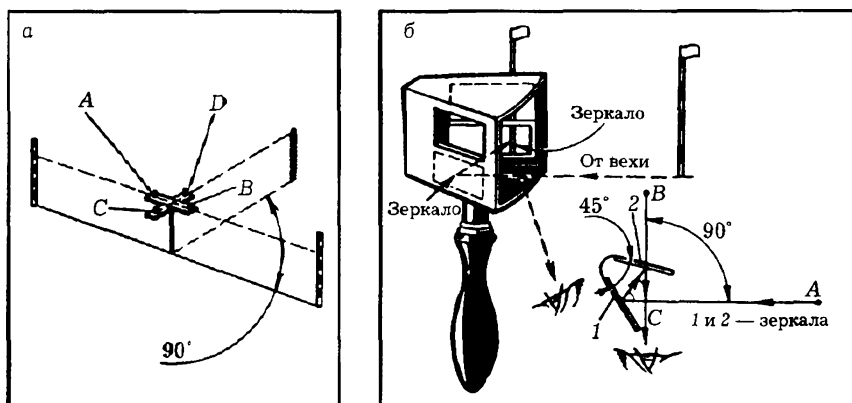
1 — лимб; 2 — магнитная стрелка; 3 и 4 — диоптры; 5 — корпус; 6 — волосок предметного диоптра

Рис. 11.24. Буссоль Шмалькальдера



1 — алидадная линейка;
2 — глазоный диоптр;
3 — предметный диоптр;
a и b — отсчеты на
предметы A и B при двух
положениях алидады;
 β — измеренный угол

Рис. 11.25. Измерение горизонтального угла с помощью простейшей астролябии



а — с помощью крестообразного эккера; б — с помощью двухзеркального эккера

Рис. 11.26. Построение прямого угла

Наибольшее распространение из простейших видов съемок получила компасная (глазомерная) или буссольная съемка. При компасной (буссольной) съемке направления линий местности определяются магнитными азимутами. Расстояния получают различными способами — шагами, рулеткой и др. Компасная (буссольная) съемка может быть маршрутной или площадной. Также, как и при теодолитной съемке, сначала создается опорная съемочная сеть, с точек которой и производится определение положения характерных точек контуров площадных, линейных и других объектов местности. При съемке ведется абрис. В условиях открытой местности съемка ведется полярным способом. При этом буссоль устанавливается на штативе примерно в центре участка так, чтобы все снимаемые объекты были видны с точки стояния. Измеренные азимуты и расстояния записываются в полевой журнал. Обработка полевых измерений начинается с построения опорной сети по азимутам и длинам сторон. Направления сторон линий хода производится транспортиром относительно заранее проведенной линии магнитного меридиана. Положение характерных точек местности (пикетов) наносят, откладывая азимуты и расстояния от точек и сторон опорной сети. Расстояния, измеренные шагами, можно пересчитать и выразить в метрах или откладывать по построенному специально для этих целей *масштабу шагов*.

Маршрутная компасная съемка имеет целью создание плана полосы местности вдоль съемочного обоснования. Такая необходимость возникает часто в экспедициях, походах, на экскурсиях. В этом случае проложение съемочного обоснования и съемка подробностей, как правило, производится одновременно.

11.5 Высотные съемки

Высотные съемки — это съемки, при которых определяется высотные отметки точек земной поверхности. Высотная отметка точки является ее третьей координатой — помимо двух плановых, определяемых в системе географических или прямоугольных координат. На картах, как известно, даются *абсолютные высоты* точек, т. е. высоты относительно поверхности геоида (уровенной поверхности) (рис. 11.27). Практически же высоты точек определяются относительно пунктов государственной геодезической сети, высоты которых определены в единой абсолютной системе высот.

Определение отметок высот точек сводится к измерению *превышений* h между точкой с известной высотой и точкой, высоту которой требуется определить (рис. 11.28).

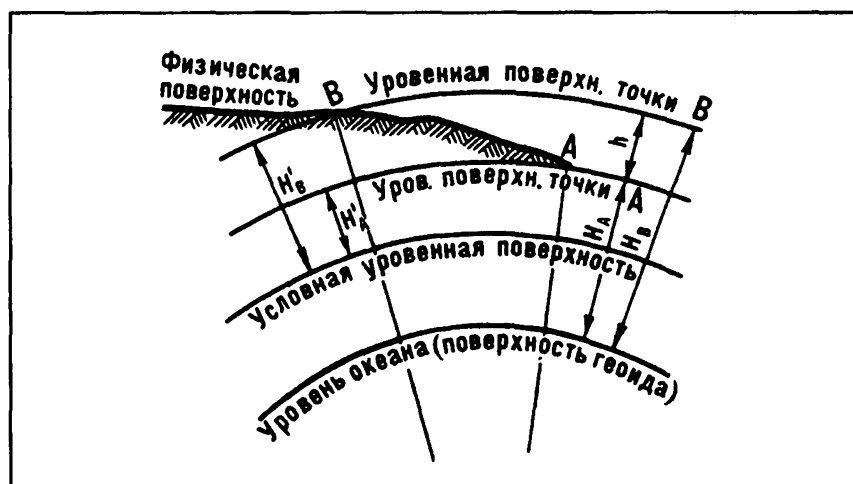
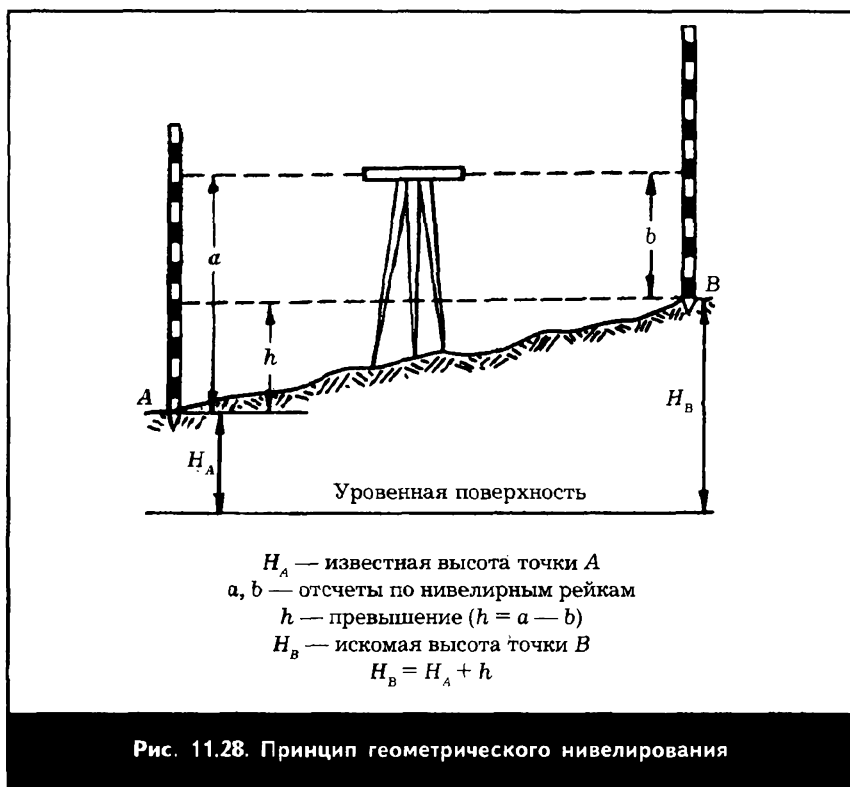


Рис. 11.27. Соотношение абсолютной, условной и относительной высот



Комплекс полевых работ по определению высот точек топографической поверхности местности называют *нивелированием*. Искомая абсолютная высота точки B определяется как алгебраическая сумма высоты исходной точки A и найденного превышения точки A над точкой B:

$$H_B = H_A + h_{AB}.$$

Если точка B выше точки A, то превышение положительное, в обратном случае оно отрицательное.

В зависимости от способа определения высот и используемых инструментов нивелирование бывает геометрическое, тригонометрическое и физическое и его разновидность барометрическое.

11.6

Геометрическое нивелирование

Сущность геометрического нивелирования заключается в том, что положение условной уровенной поверхности определяется горизонтальным визирным лучом *нивелира*, а величины отрезков a и b измеряются по установленным вертикально рейкам в точках с известной и определяемой высотой (см. рис. 11.28).

Нивелир устанавливается между точками A и B примерно на равных расстояниях. В точках A и B устанавливаются рейки, одна из которых по ходу движения является задней (A), другая передней (B). Приведя прибор с помощью подъемных винтов в горизонтальное положение, трубу сначала наводят на заднюю рейку, высота которой известна, и делают по ней отсчет a (взгляд назад), а затем на переднюю рейку (взгляд вперед) и получают по ней отсчет b . По рис. 11.28 ясно, что превышение точки B над точкой A может быть найдено по формуле $h = a - b$, т. е. превышение между двумя точками на местности при геометрическом нивелировании равно отсчету по задней рейке минус отсчет по передней рейке (взгляд назад минус взгляд вперед). При повышении местности по направлению движения превышение положительное, при понижении — оно отрицательное.

Место установки прибора называется *станцией*. Если превышение между двумя точками определяется с одной станции, такое нивелирование называют *простым*. С одной станции можно определить превышение, если расстояние между точками не более 150 м. При больших расстояниях точность результатов нивелирования уменьшается. Если расстояние между точками более 200 м или превышение между ними велико, прибегают к неоднократной установке нивелира, т. е. прокладывают *нивелирный ход*. Такое нивелирование называют *сложным*.

При сложном нивелировании общие точки для двух станций называют *связующими* (рис. 11.29). Превышение конечной точки B над исходной A вычисляется по формуле:

$$h_{BA} = H_B - H_A = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n = \Sigma h,$$

т. е. равно сумме превышений между связующими точками. Так как $h = a - b$, то $\Sigma h = \Sigma a - \Sigma b$, т. е. превышение между двумя

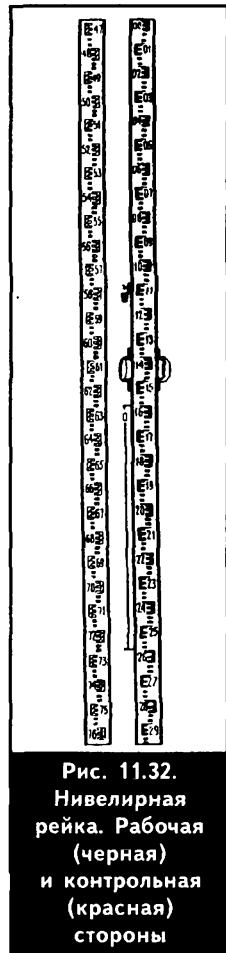
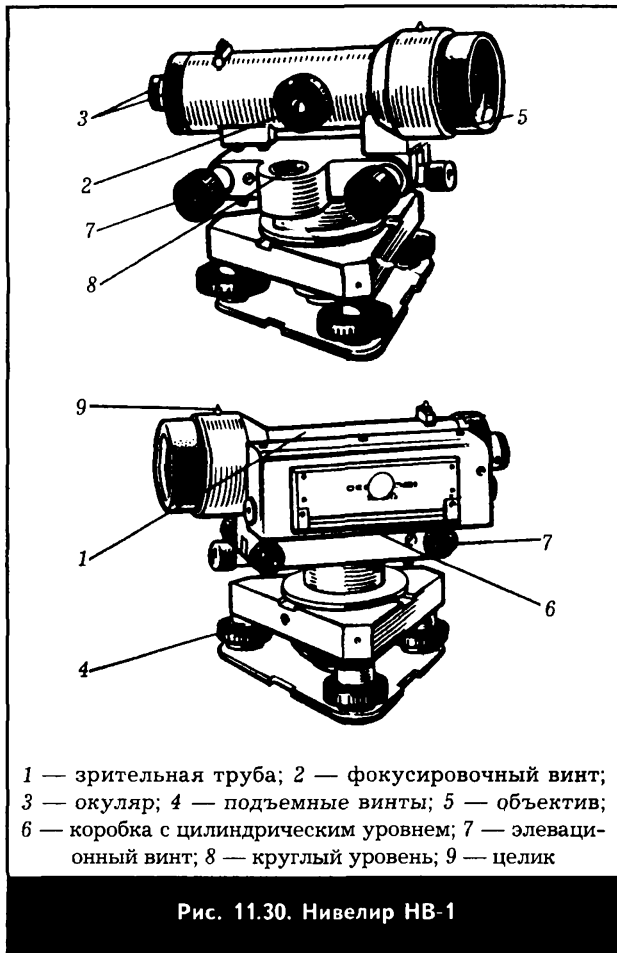


Рис. 11.29. Нивелирование хода

точками при сложном нивелировании равно сумме взглядов назад минус сумма взглядов вперед.

Сложное нивелирование осуществляется путем проложения нивелирных ходов преимущественно замкнутых. Ход, проложенный в прямом и обратном направлении по одной и той же линии, является разновидностью замкнутого хода.

Для проведения геометрического нивелирования необходимы *нивелир*, *штатив*, на котором он устанавливается, и две *нивелирные рейки*. В зависимости от класса нивелирования могут быть использованы нивелиры различной точности (высокоточные, точные или технические) и конструкций. Но принцип работ при использовании нивелира любой конструкции одинаков — нивелирование производится горизонтальным визирным лучом, т. е. лучом, параллельным уровенной поверхности. В техническом нивелире НВ-1 (рис. 11.30) горизонтальность зрительной трубы проверяется по цилиндрическому уровню, соединенному с ней наглухо. Именно поэтому главным условием, которому должен удовлетворять нивелир, является параллельность визирной оси зрительной трубы инструмента и оси цилиндрического уровня. Оптическая система нивелира передает изображение пузырьков уровня в поле зрения трубы. Горизонтальность трубы соответствует контакту (совмещению) двух половинок изображения пузырька цилиндрического уровня (рис. 11.31).



Для технического нивелирования используются нивелирные рейки, длиной 3 м, толщиной 1,5—2 см и шириной 10 см, на которых нанесены сантиметровые деления с одной стороны рейки черным цветом (черная сторона рейки), с другой — красным (красная сторона рейки). Через каждый дециметр деления подписаны (рис. 11.32). Нижний конец рейки называется *пяткой*. На черной стороне рейки деления начинаются с нуля, на красной с какой-либо условной величины, например, 4754. Следовательно отсчеты по двум сторонам рейки, установленной на одной и той же точке будут неодинаковыми. Разность этих отсчетов называется *разностью пяткок*. При сложном нивелировании на любой станции разность пяткок всегда остается постоянной. Это служит контролем правильности взятия отсчетов по рейке.

Отсчеты по рейкам берутся по средней нити поля зрения трубы в мм, т. е. отсчет всегда состоит из четырех цифр. Первые две — подписанные на рейке дециметры, третья цифра обозначает число сантиметров и четвертая — доли сантиметров, оцениваемая на глаз. На рис. 11.33 отсчет по рейке равен 2115.

При камеральной обработке результатов нивелирования сначала производится проверка полевого журнала. При отсутствии ошибок определения превышений, приступают к *уравниванию нивелирного хода*.

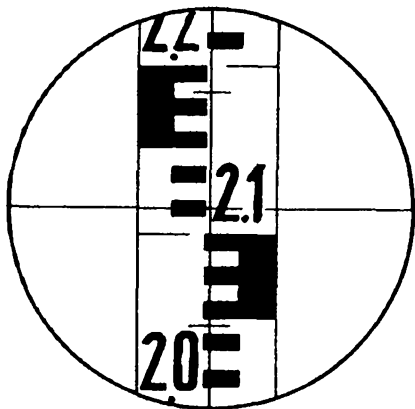


Рис. 11.33. Поле зрения зрительной трубы нивелира

Если нивелирный ход был проложен между двумя точками с известными высотами, теоретическая сумма всех превышений хода равна разности высот начальной и конечной точек:

$$\Sigma h_{\text{теор.}} = H_B - H_A.$$

В замкнутом ходе сумма всех превышений должна равняться нулю $\Sigma h_{\text{теор.}} = 0$.

Разница между теоретической и практической суммами превышений дает невязку, т. е. ошибку, допущенную в измерениях:

$$\Sigma h_{\text{теор.}} - \Sigma h_{\text{практ.}} = f_h.$$

Допустимая невязка при производстве технического нивелирования вычисляется по формуле

$$fh_{\text{доп.}} = \pm 20 \text{ мм } \sqrt{L},$$

где L — длина хода в километрах.

Если невязка, полученная в результате вычислений, не больше допустимой, вычисляется поправка в каждое измеренное превышение

$$\Delta = \frac{f_h}{n}.$$

Поправки вводятся в каждое превышение с обратным знаком

$$h_1 = h_{1\text{изм.}} \pm \Delta; h_2 = h_{2\text{изм.}} \pm \Delta; \dots$$

По исправленным превышениям и высоте начальной точки вычисляют абсолютные высоты связующих точек нивелирного хода:

$$H_{\text{послед.}} = H_{\text{пред.}} + h_{\text{испр.}}$$

где $H_{\text{послед.}}$ и $H_{\text{пред.}}$ — высоты соответственно последующей и предыдущей точек хода, а $h_{\text{испр.}}$ — превышение между ними.

В школьной практике, в краеведческой работе, при построении профилей рельефа (оврагов, балок, обрывов и т. п.) используется простой способ геометрического нивелирования — *ватерпасовка*.

Инструментами при ватерпасовке служат две легкие рейки длиной около 2 м с сантиметровыми делениями и *ватерпас* —

накладной уровень. Одна рейка устанавливается вертикально, другая, имитирующая горизонтальный визирный луч нивелира, — горизонтально (что контролируется наложенным на нее ватерпасом). По вертикальной рейке определяется превышение h двух соседних точек, а по горизонтальной — заложение d (рис. 11.34).

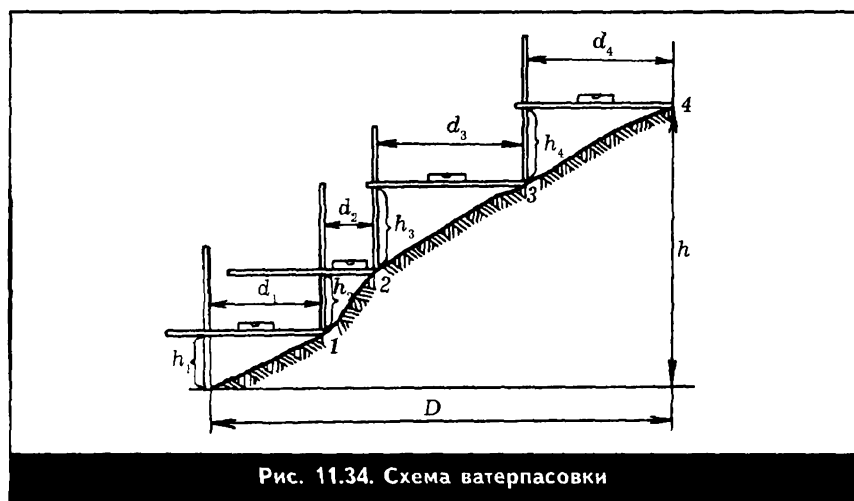


Рис. 11.34. Схема ватерпасовки

По результатам измерений в камеральных условиях строится профиль.

11.7 Тригонометрическое нивелирование

При тригонометрическом нивелировании определение превышений производится теодолитом, позволяющем производить измерения вертикальных углов (углов наклона) и расстояний (рис. 11.35).

Для производства тригонометрического нивелирования в начальной точке А устанавливают теодолит; в точке В, высоту которой необходимо определить — рейку. Из рис. 11.35 видно, что превышение

$$h = Dt g \alpha + i - l,$$

где D — горизонтальная проекция склона, α — угол наклона топографической поверхности (вертикальный угол); i — высота

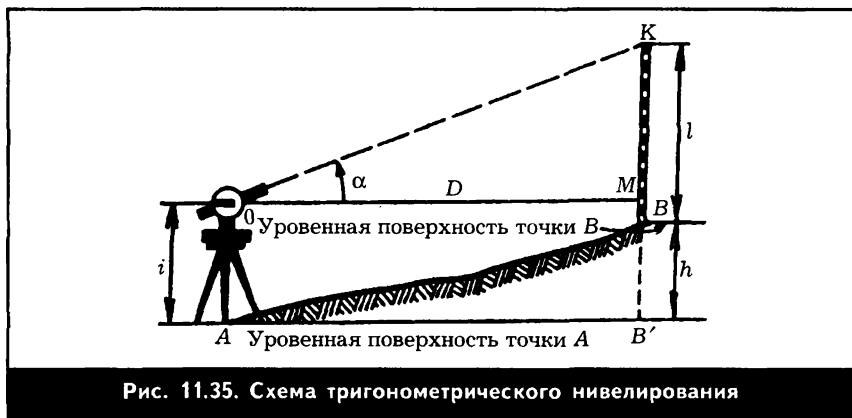


Рис. 11.35. Схема тригонометрического нивелирования

инструмента, l — высота визирования на рейке. Если визирование производить на отметку рейки, равную высоте инструмента, т. е. если $i = l$, вычисление превышения производится по формуле:

$$h = D \operatorname{tg} \alpha.$$

С помощью измерения прямого и обратного превышений производится контроль точности определения превышений:

$$h_{\text{пр.}} = -h_{\text{обр.}}$$

Ошибка может составлять лишь 4—5 см на 100 м расстояния.

Углы наклона определяются при помощи *вертикального круга* теодолита, который вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси (2) вместе с визирной трубой (1). При повороте в вертикальной плоскости визирной трубы теодолита вместе с ней поворачивается неподвижная линейка — *алидада вертикального круга* (4), на концах горизонтального диаметра которой имеются штрихи — *нуль-пункты* и *верньеры* (рис. 11.36). Отсчеты, равные величине наклона визирной оси трубы, берут по вертикальному кругу. Горизонтальность положения алидады проверяется по цилиндрическому уровню, прикрепленному к ней (5). Пузырек уровня алидады в момент взятия отсчета должен быть в середине, что достигается с помощью наводящего винта (3).

Вычисление вертикального угла для разных типов теодолитов производится по разным формулам, учитывающим величину места нуля. *Место нуля* (МО) — это отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной трубы (рис. 11.36).

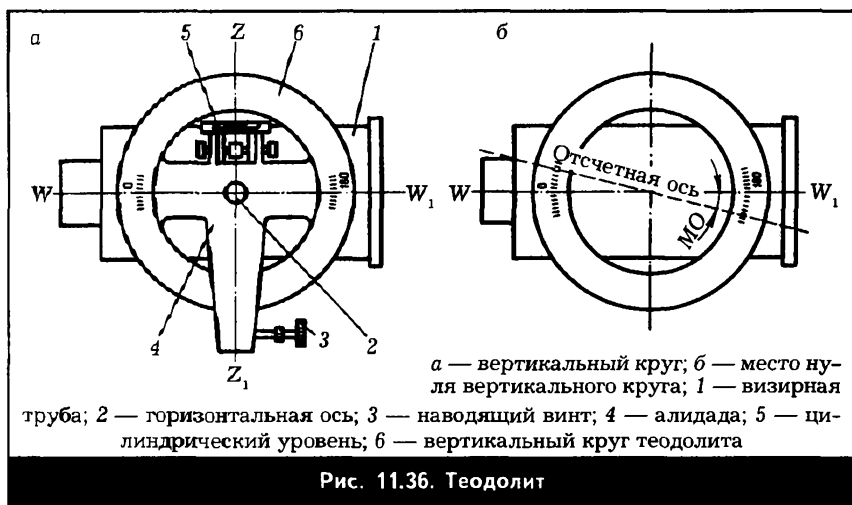


Рис. 11.36. Теодолит

Такой отсчет теоретически должен быть равен нулю. Однако, это условие (место нуля равно нулю) выполняется не всегда (заводские погрешности). Поэтому при работе с тем или иным инструментом $МО$ определяют путем визирования на одну и ту же точку при двух положениях ($КП$ и $КЛ$) вертикального круга прибора:

$$МО = \frac{КП + КЛ + 180^\circ}{2}.$$

Вычисление вертикального угла, например, для теодолита Т-30 производится по формулам:

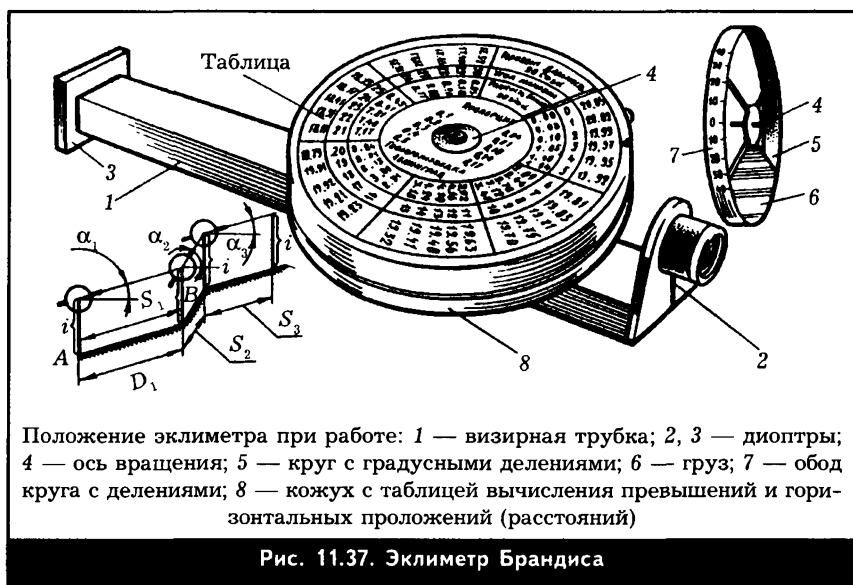
$$\alpha = КП - МО \text{ или } \alpha = МО - КЛ.$$

Для других типов теодолитов формулы вычисления вертикальных углов можно найти в паспорте инструмента.

Измерение горизонтальной проекции склона D производится при помощи дальномерных нитей поля зрения трубы теодолита.

В полевых исследованиях, не требующих высокой точности определения превышений для измерения вертикальных углов, используют *эклиметр*. Расстояния при этом измеряют шагами или рулеткой.

Наиболее распространен *эклиметр Брандиса* — портативный прибор, состоящий из трубки визирования с диоптрами (рис. 11.37). На трубке прикреплен круг с градусными делениями



и нулевым штрихом. При вращении круга его диаметр с нулевым штрихом благодаря грузу занимает горизонтальное положение. Глядя в глазной диоптр, наводят объектный диоптр на заданную точку, отсчет по кругу берут через специальную прорезь. Ясно, что при горизонтальном положении визирной оси отсчет по кругу будет равен нулю, а при ее наклоне будет указывать число градусов, соответствующих углу наклона. С помощью таблицы, наклеенной на кожухе круга, по измеренным углам наклона и расстояниям, вычисляются превышения.

11.8 Физическое (барометрическое) нивелирование

Барометрическое нивелирование основано на закономерностях изменения атмосферного давления с изменением абсолютной высоты местности (высоты точки над уровнем моря), установленных Б. Паскалем в XVII в. *Нивелирование, при котором превышения определяются по данным изменения атмосферного давления, измеренного в этих точках, называют барометрическим.*

Барометрическое нивелирование используется для высотных съемок в горной и высокогорной местности. Для измерения давления используют приборы — *барометры* с различными принципами действия. В топографии получили распространение пружинные *барометры-анероиды* (безжидкостные), обеспечивающие определение давления с точностью 0,2—0,3 мм ртутного столба.

Превышение h при барометрическом нивелировании вычисляется по формуле:

$$h = \Delta H(B_1 - B_2),$$

где B_1 и B_2 — давление, измеренное в точках, превышение между которыми определяется; ΔH — барическая ступень высот.

Барическая (барометрическая) ступень высот — это расстояние по вертикали в метрах, на котором атмосферное давление меняется на 1 мм ртутного столба. Она зависит от географической широты местности, от температуры воздуха и, конечно, от давления. Так, например, при давлении 760 мм и температуре 0° для европейской части России барическая ступень равна 10,5 м/мм.

Так как показания барометра-анероида A отличаются от показаний ртутного барометра, то для приведения измеренного анероидом атмосферного давления к показаниям ртутного барометра на каждой станции в показания анероида вводят поправки: 1) шкаловую, равную $c(760 - A)$; 2) температурную bt_A , где: b — температурный коэффициент — поправка на 1°С анероида, t_A — температура прибора; 3) добавочную поправку a , возникающую из-за наличия механических погрешностей прибора. Все эти поправки определены путем сравнения каждого конкретного прибора с эталоном в баро- и термокамерах и внесены в паспорт барометра. Поэтому без паспорта правильность показаний анероида не гарантирована.

Таким образом приведенное давление B вычисляется по формуле:

$$B = A + bt_A + c(760 - A) + a.$$

Барометрическое нивелирование проводится путем проложения замкнутого хода. Съемщик последовательно на каждой из точек хода измеряет атмосферное давление (по анероиду), температуру воздуха (термометром-пращом), температуру прибора (по встроенному в анероид термометру). Вернувшись в начальную точку, он вновь проводит те же измерения. Разность давлений

в исходной точке в итоге двух измерений представляет собой невязку — результат суточного хода атмосферного давления и ошибок прибора. Ее распределяют на каждую из станций. По вычисленным значениям атмосферного давления и определенным для каждой станции барической ступени вычисляют превышения между станциями. Зная абсолютную высоту исходной точки и превышения, определяют абсолютные отметки всех точек хода. Точность определения высот барометрическим нивелированием невелика и составляет 2—2,5 м.

По результатам барометрического нивелирования может быть построен профиль рельефа. Для этого при проложении хода следует измерять и расстояния между станциями.

11.9 Плано-высотные съемки

Проведение плано-высотных съемок имеет целью получение изображения не только контуров объектов местности, но и ее рельефа, т. е. методами этой съемки определяется как плановое положение, так и высоты точек местности.

Плано-высотные съемки подразделяют на тахеометрическую и мензульную.

Тахеометрическая съемка выполняется с помощью геодезических приборов — тахеометров, которые в зависимости от используемых в них дальномеров бывают различных типов (редукционные, электронно-оптические, номограммные). Преимуществами этой съемки перед другими является быстрота ее проведения и обработка результатов съемки в камеральных условиях.

Съемка проводится с точек съемочного обоснования — проложенных тахеометрических ходов. Полевые работы сводятся к измерению направлений (горизонтальных углов), расстояний и углов наклона (вертикальных углов). Направления на объекты местности (горизонтальные углы) измеряются полуприемом, расстояния — дальномером тахеометра, вертикальные углы — с помощью вертикального круга. Съемка проводится главным образом полярным способом. На точку съемочного обоснования устанавливается тахеометр, к снимаемому объекту — дальномерная рейка. По ней измеряют расстояние до объекта и берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругу. По углу наклона вычисляется превышение. Все точки, на которые производилось

визирование (съёмка), называются *пикетами*. Высоту пикетов получают алгебраическим суммированием высоты точки стояния (точки съёмочного обоснования) и превышения пикета над ней.

Во время тахеометрической съёмки на каждой станции обязательно ведется зарисовка плановой ситуации местности — *абрис*. На основе полевых измерений строят план местности: сначала по прямоугольным координатам наносят точки съёмочного обоснования (точки тахеометрического хода), затем по горизонтальным углам и расстояниям наносятся речные пикеты. Высотные отметки пикетов подписывают рядом с ними. Руководствуясь высотными отметками пикетов и принятой для данного масштаба высотой сечения рельефа, интерполированием производят построение горизонталей.

Мензульная съёмка — это планово-высотная, углоначертательная (графическая) крупномасштабная топографическая съёмка, в процессе которой на планшет наносится ситуация и рисуется рельеф непосредственно в полевых условиях. Отличаясь трудоемкостью, мензульная съёмка имеет свои достоинства — простоту и наглядность, возможностью выявить ошибки непосредственно в поле во время проведения измерительных работ.

Съёмку выполняют *мензульным комплектом*, в который входят: *мензула*, *кипрегель*, *ориентир-буссоль* (рис. 11.38—11.40) и *дальномерные рейки*.

Мензула состоит из квадратного деревянного планшета, размером 60×60 см, и подставки с тремя подъемными винтами (рис. 11.39) для приведения планшета в горизонтальное положение (см. рис. 11.38). Подставка устанавливается с помощью станowego

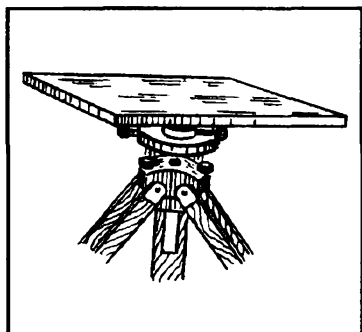


Рис. 11.38. Мензула

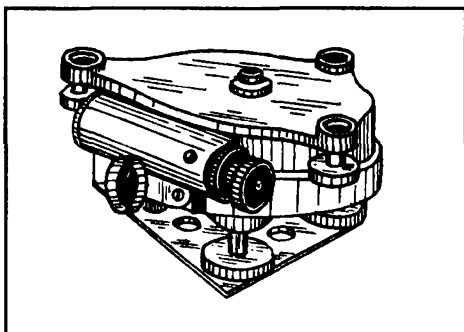


Рис. 11.39. Подставка мензулы

винта на штатив. На подставке специальными винтами крепится планшет. Ориентируется планшет по магнитному меридиану с помощью *ориентир-буссоли* (рис. 11.40). Перед выходом в поле на планшет наклеивается бумага или пластик с изображенной на ней сеткой прямоугольных координат и нанесенными по прямоугольным координатам точками съемочного обоснования.

Кипрегель — геодезический прибор, предназначенный для визирования (определения направления на нужную точку местности), прочерчивания этого направления на планшете, измерения расстояний и превышений (или вертикальных углов). Он состоит из линейки (1), колонки вертикального круга (2), скрепленной со зрительной трубой (3). В положении зрительной трубы при *КЛ* кипрегель-автомат КА-2, изображенный на рис. 11.41, а, он позволяет определять превышения, при *КП* — измерять вертикальные углы.

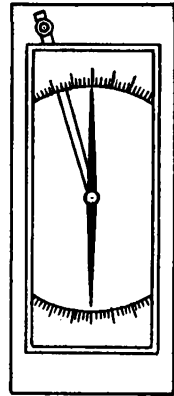


Рис. 11.40.
Ориентир-буссоль

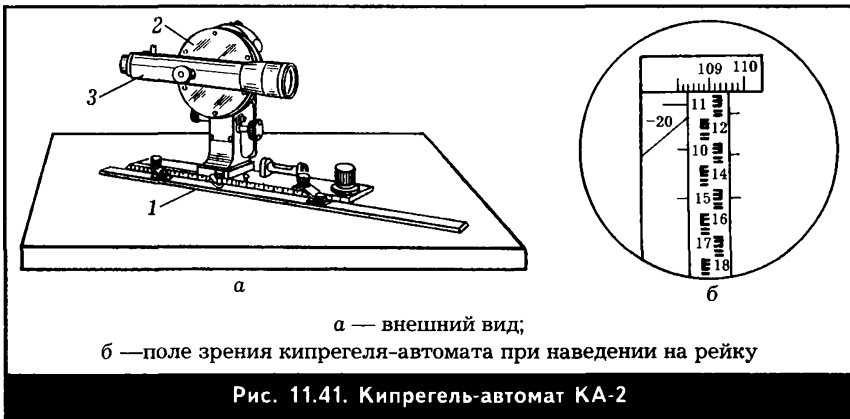


Рис. 11.41. Кипрегель-автомат КА-2

Оптическая система кипрегеля-автомата КА-2 состоит из зрительной трубы и стеклянного лимба с системой призм для передачи изображенных на лимбе кривых для измерения расстояний и превышений. В поле зрения трубы, наведенной на рейку, установленную на искомую точку местности, наблюдатель видит изображение (см. рис. 11.41, б), Г-образную посеребренную пластину

с нанесенными на нее тремя горизонтальными штрихами и одним наклонным, положение которого при разных наклонах визирной трубы меняется. Горизонтальные штрихи служат для измерения расстояний (горизонтального проложения), а наклонный штрих — для определения превышения наблюдаемой точки над точкой стояния.

Для определения горизонтального проложения, не превышающего 300 м и превышений h правую грань Г-образной посеребренной пластины совмещают с изображением рейки. Устанавливают начальный горизонтальный штрих на отметку рейки, соответствующую высоте прибора. Затем пузырек цилиндрического уровня при алидаде вертикального круга приводят в нуль-пункт при помощи винта (4). По нижнему горизонтальному штриху берут отсчет по рейке. Разность отсчетов по верхнему и по нижнему дальномерному штрихам, умноженная на 100, даст расстояние в метрах от точки стояния до рейки. На рис. 11.41 отсчет по нижнему горизонтальному штриху равен 1547. Высота прибора (отсчет по начальному горизонтальному штриху) равен 1130. Следовательно, горизонтальное проложение $D = (1547 - 1130) \times 100 = 41,7$ м. Для определения превышения точки наблюдения над точкой стояния прибора следует отсчитать количество видимых делений от начального штриха Г-образной пластины до наклонной прямой, умножить это число делений на коэффициент наклонной прямой и выразить его в метрах. Так на рис. 11.41 число видимых делений от начального штриха до наклонной прямой 7, коэффициент наклонной прямой -20 , следовательно превышение $h = 7 \times (-20) = -140$ см $= -1,40$ м.

Кроме Г-образной пластины с горизонтальными и наклонным штрихами в поле зрения зрительной трубы кипрегеля видны деления окружности лимба, предназначенные для измерения вертикальных углов (углов наклона).

При производстве съемок мензула устанавливается на точке съемочного обоснования, приводится в рабочее состояние (ориентируется, приводится в горизонтальное положение и центрируется). Линейку кипрегеля придвигают вплотную к изображенной на планшете точке стояния и последовательно визируют на рейки, устанавливаемые в точках местности. Если рейка выставляется для съемки контура, такой пикет называется *контурным*. Если же рейка устанавливается в характерных точках рельефа, пикет называется *высотным*.

Вдоль линейки кипрегеля прочерчиваются направления на каждый из пикетов. По дальномерным штрихам кипрегеля измеряется расстояние в метрах. Измеренное расстояние, переведенное в масштаб карты, измерителем откладывается вдоль прочерченного направления на объект. Полученная точка накалывается иглой измерителя, подписывается, например, ПК1. Далее определяется превышение данного пикета над точкой стояния (по наклонной прямой кипрегеля). Абсолютная высота пикета вычисляется как алгебраическая сумма высоты точки стояния инструмента (точки съёмочного обоснования) и превышения пикета.

Получив на планшете местоположение нескольких пикетов, соединяют пикеты, относящиеся к одному контуру. Ситуация вычерчивается в условных знаках, принятых для данного масштаба съемки.

По полученным высотам пикетов производится рисовка горизонталей отснятого участка в соответствии с принятой для данного масштаба съемки высотой сечения рельефа.

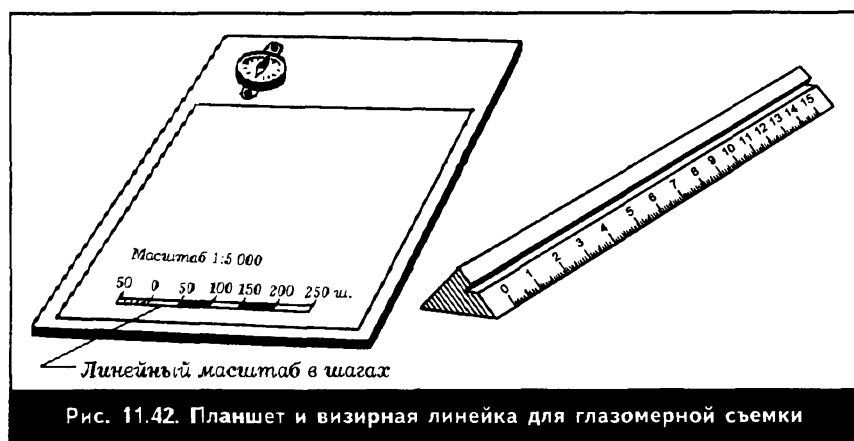
В процессе съемки ведется пикетажный журнал (журнал мензульной съемки). В него заносят результаты всех измерений и вычислений. В отдельной графе даются дополнительные пояснения к каждому пикету (что за объект и где он находится, например, ПК1 — перекресток дорог).

Закончив съемку с первой точки съёмочного обоснования, переходят на вторую. Повторяют все действия в той же последовательности, что и на первой точке. Так последовательно, устанавливая мензулу на разных точках съёмочного обоснования, получают план всего участка.

Рисовка контурной части и рельефа в поле делают карандашом. Окончательно оформляют план в туши в камеральных условиях.

Глазомерная съемка — это углоначертательная съемка, производимая простейшими приборами с целью получения быстрого, хотя и приближенного по точности плана участка местности. Глазомерная съемка может быть плановой, а в сочетании с барометрическим нивелированием — и плано-высотной. Она также может быть *маршрутной* и *площадной*. Маршрутная глазомерная съемка находит применение в экспедициях, при проведении краеведческих и туристических походов. Площадная съемка по сути представляет собой совокупность маршрутных съемок.

Для проведения глазомерной съемки используют легкий планшет (30×40 см) с наклеенной на него бумагой или пластиком, компас, визирную линейку (рис. 11.42) и циркуль-измеритель.



Компас прикрепляется к планшету и служит для ориентирования его по сторонам горизонта (по магнитному меридиану).

Визирование на объект производится с помощью трехгранной визирной линейки вдоль ее верхнего ребра.

Расстояние до снимаемых объектов при глазомерной съемке измеряется шагами (рис. 11.43). Точность при этом составляет не более $\frac{1}{50}$ от длины измеряемой линии.

Перед съемкой по дорогам, просекам, линиям связи, хорошо выраженным контурам прокладывается съемочный ход. Съемка ситуации ведется всеми известными способами плановой съемки (полярным, засечек, ординат, обхода, створов), а также на глаз.

Для проведения съемки на планшете строится линейный масштаб шагов. Сначала определяют длину шага. Для этого на местности откладывают мерной лентой или рулеткой расстояние 100 м. Мерщик проходит его спокойным шагом прямо и обратно, считая шаги. Вычисляют среднее число шагов, содержащихся в 100 м. Например, при прохождении стометрового расстояния прямо было сделано 120 шагов, а обратно — 122 шага. Среднее число шагов в 100 м 121. Длина одного шага равна $100:121 = 0,83$ м. Пусть задан масштаб съемки 1:5 000. Для построения линейного

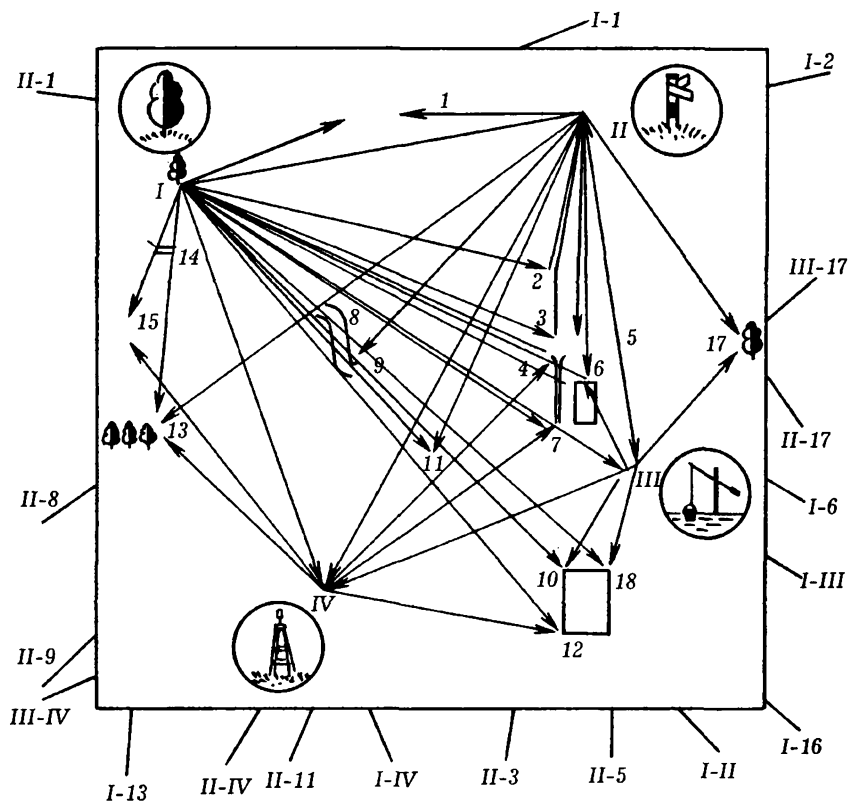


Рис. 11.43. Полевые работы при глазомерной съемке

масштаба шагов сначала вычисляют, сколько шагов поместится в основании масштаба, т. е. в 1 см на планшете или 50 м на местности. На местности $50,0:0,83 = 60,2$ шага. Так как величина 60,2 неудобна при откладывании расстояний по линейному масштабу, то строят линейный масштаб с основанием, соответствующим числу шагов, кратному 10. Так, для 100 шагов основанием масштаба будет $100:60,2 = 1,7$ см, т. е. этому числу сантиметров соответствует 100 шагов на местности. Теперь, чтобы построить линейный масштаб в шагах, необходимо провести две параллельные линии, наметить на них начальную точку, подписать над ней 0. От нее несколько раз отложить отрезки по 1,7 см вправо и один

раз влево. Правые отрезки подписываются 100, 200, 300 и т. д. шагов. На конце левого отрезка ставится число 100, а сам этот отрезок делится на 10 равных частей. Каждая из этих частей соответствует 10 шагам. Внизу под масштабом шагов строится линейный метрический масштаб. Нули обоих линейных масштабов при этом следует совместить, чтобы было легко сравнивать шаги и соответствующее им количество метров. Однако при глазомерной съемке перевод расстояний, измеренных на местности в шагах необязателен. Можно эти расстояния откладывать на планшете непосредственно в шагах.

Производство глазомерной съемки сводится к ориентированию планшета, визированию на снимаемый объект, прочерчиванию на него направления, откладыванию в данном направлении расстояния и вычерчивании в полученной на планшете точке условного знака, принятого для изображения данного объекта в масштабе производимой съемки.



11.10 Современные методы наземных съемок

К концу прошлого века наиболее совершенным методом определения пространственных координат стал метод, основанный на использовании искусственных спутников Земли. Суть его состоит в том, что летящие по строго заданным орбитам спутники, координаты которых в каждый момент времени точно известны, непрерывно излучают радиосигналы регистрируемые специальными приемниками на Земле. Это позволяет измерять радиотехническими средствами расстояния (дальности) от спутников до приемника. По этим дальностям определяется местоположение приемника, т. е. вычисляются координаты приемника (способом засечки).

Для решения этой задачи созданы и уже достаточно широко используются две эксплуатационные космические системы: американская Global Positioning System (GPS) — Глобальная система позиционирования (ГПС) и российская Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС).

GPS и ГЛОНАСС работают в *гринвичской пространственной геоцентрической системе координат*. Начало координат расположено в центре масс Земли, ось Z направлена по Условному земному полюсу. Ось X лежит на пересечении экватора

и гринвичского меридиана. Ось Y перпендикулярна оси X (система координат правая). Геоцентрические координатные системы устанавливают по высокоточным измерениям и закрепляют при помощи пунктов космических геодезических сетей. Следует иметь в виду, что геоцентрические системы координат для GPS и ГЛОНАСС различны. Каждая система закреплена координатами пунктов своей геодезической сети и использует свой референц-эллипсоид. Поэтому положения точек — геодезические широта, долгота и высота по нормали будут получены относительно эллипсоида, которым пользуется данная система позиционирования.

Геодезические широты и долготы могут быть переведены в плоские прямоугольные координаты. Напомним, у нас в стране их вычисляют на плоскости в проекции Гаусса—Крюгера в шестиградусных зонах.

В кодовых приемниках заранее могут быть установлены нужные системы координат и им соответствующие единицы измерения, что освобождает от последующего пересчета полученных результатов. Геодезические высоты, регистрируемые с помощью приемников могут быть также пересчитаны в используемые на практике высоты.

Измерения координат с помощью спутникового приемника производится следующим образом. Над точкой, положение которой требуется определить, устанавливается антенна приемника и в течение заданного времени регистрируются радиосигналы не менее, чем от четырех спутников. Определяемые координаты высвечиваются на экране приемника. Точность определения координат пропорциональна времени, в течение которого идет прием радиосигналов. Еще большее повышение точности достигается одновременным применением двух приемников — одного «базового», находящегося в одном пункте с известными координатами, другого — «подвижного», перемещающегося по определяемым точкам. Записанная информация на обоих приемниках затем обрабатывается на компьютере по специальной программе. Схема лицевой панели спутникового приемника приведена на рис. 11.44.

Портативные спутниковые приемники, распространение которых уже имеет массовый характер, позволяют определять их местоположение с различной точностью — от десятков метров до нескольких миллиметров. Однако следует иметь в виду, что в закрытых помещениях, глубоких оврагах приемоиндикаторы не работают.

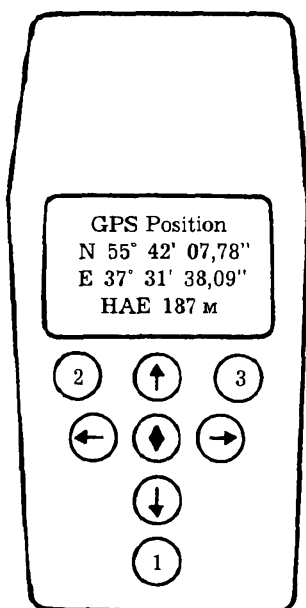


Рис. 11.44. Лицевая панель приемника GeoExplorer, его габариты 17×8×4 см, масса 0,4 кг (без аккумуляторов)

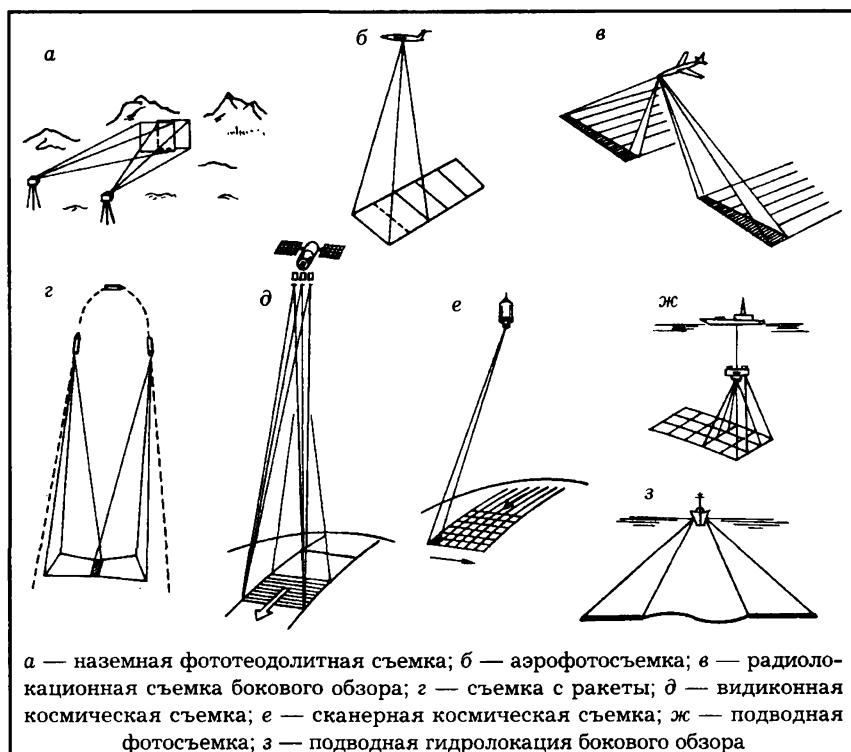
Благодаря своим свойствам — глобальность, оперативность, всепогодность, оптимальная точность, отсутствие необходимости видимости между определяемыми пунктами — спутниковые системы позиционирования нашли широкое применение в стужении геодезических сетей, исследовании сейсмической активности и вулканизма, океанологических исследованиях и т. п.

В географических исследованиях и картографировании спутниковые системы позиционирования позволяют определять местоположение исследуемого объекта, производить трассирование контуров, регистрировать траекторию движения (пешком, на автомобиле, катере и других видах транспорта), строить орографические профили, проводить крупномасштабные съемки. Однако спутниковое позиционирование не может полностью заменить геодезию, которая располагает рядом практических способов получения координат недоступных объектов. Сочетание традиционных геодезических измерений и современных спутниковых технологий представляется наиболее рациональным.

11.11

Дистанционные методы съемок
(дистанционное зондирование)

К дистанционным съемкам (дистанционному зондированию) относят все виды неконтактных съемок: с летательных воздушных и космических аппаратов (самолетов, вертолетов, космических кораблей, спутников и т. д.), судов и подводных лодок, наземных станций (рис. 11.45). Главные качества дистанционных изображений, это их высокая детальность, одновременный охват значительных, иногда весьма обширных пространств, возможность получения повторных снимков и изучение труднодоступных районов. Благодаря этим качествам данные дистанционного зондирования нашли в картографии разнообразное применение



а — наземная фототеодолитная съемка; б — аэрофотосъемка; в — радиолокационная съемка бокового обзора; г — съемка с ракеты; д — видиконная космическая съемка; е — сканерная космическая съемка; ж — подводная фотосъемка; з — подводная гидролокация бокового обзора

Рис. 11.45. Виды дистанционного зондирования

и в том числе они служат источниками для составления и оперативного обновления топографических и тематических карт. Аэро- и космические снимки широко используются для создания общегеографических и тематических карт.

Съемки ведут в видимой, ближней инфракрасной, тепловой инфракрасной, радиоволновой и ультрафиолетовой зонах спектра.

11.12 Аэрофототопографическая съемка

Аэрофототопографическая съемка в настоящее время является основным методом создания современных топографических карт и планов.

Аэрофотосъемкой называется комплекс работ, предназначенных для создания топографических карт с использованием аэрофотоснимков. В этот комплекс работ входят летно-съемочные работы, фотографические процессы, топографо-геодезическая и фотограмметрическая обработка результатов съемки (рис. 11.46).

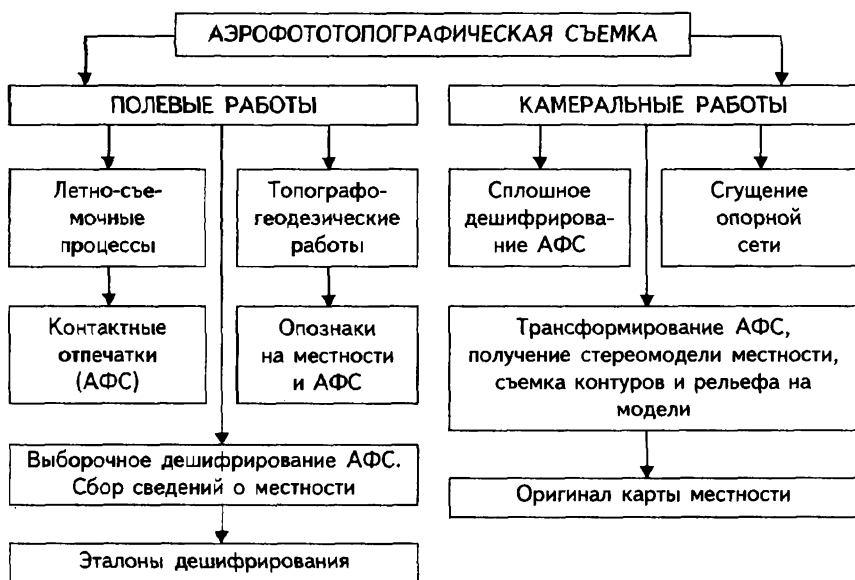
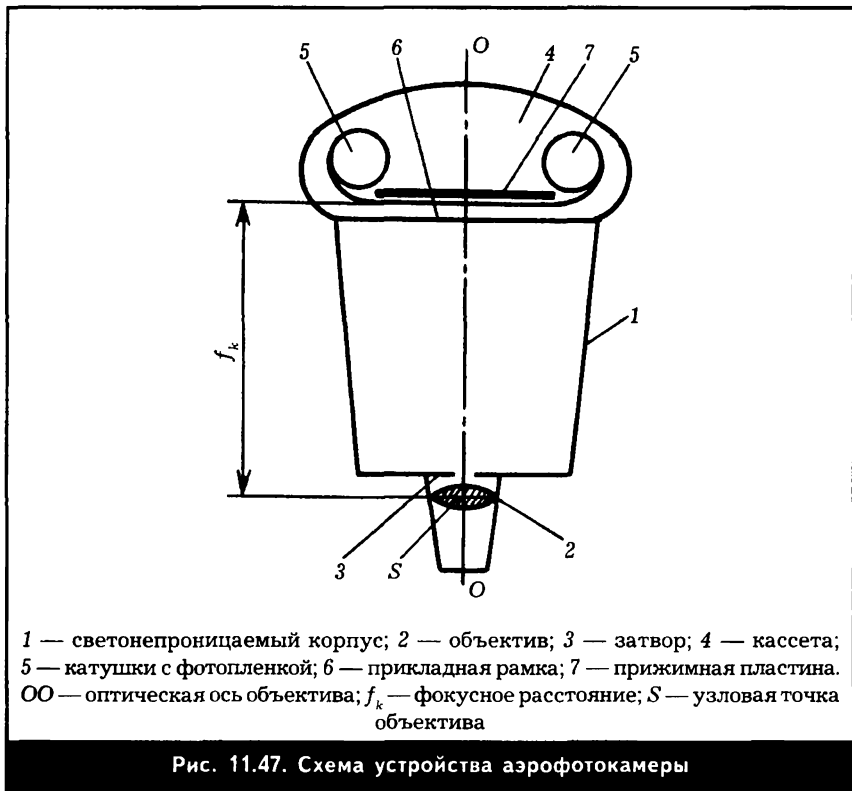


Рис. 11.46. Основные процессы аэрофототопографической съемки с применением стереофотограмметрических приборов

Задача летносъёмочных работ — фотографирование местности с воздуха при помощи аэрофотоаппарата (рис. 11.47), вмонтированного в днище самолета. Изображение местности получается



на светочувствительном слое фотопленки за очень короткий промежуток времени, исчисляемый тысячными долями секунды. Для фотографирования протяженного участка местности заранее выбирают направление полета (направление маршрута). И фотографирование производится таким образом, чтобы часть местности, изображенная на одном снимке, была изображена и на соседнем снимке, т. е. чтобы соседние снимки имели *перекрытие*. Такое перекрытие между соседними снимками внутри одного маршрута называется *продольным* и составляет оно около 60% (рис. 11.48, 11.49). Если площадь участка местности не изображается на одном

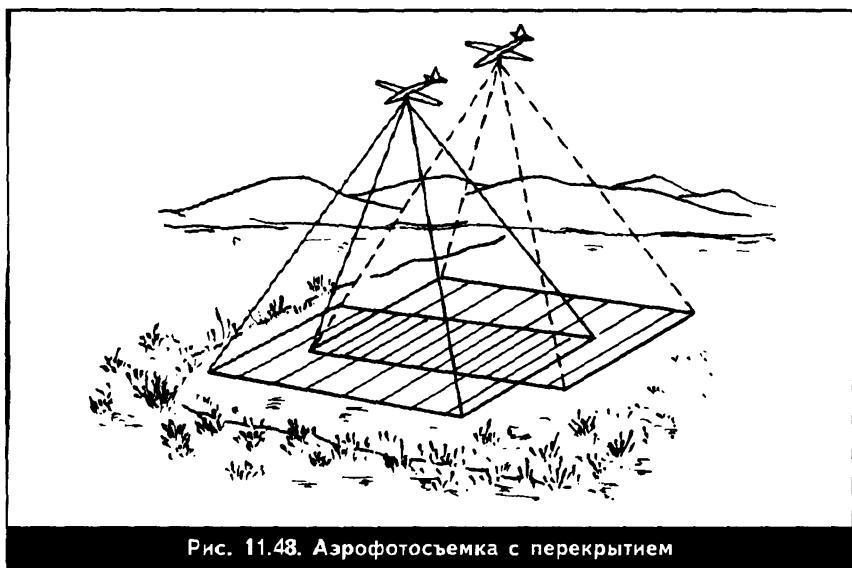


Рис. 11.48. Аэрофотосъемка с перекрытием

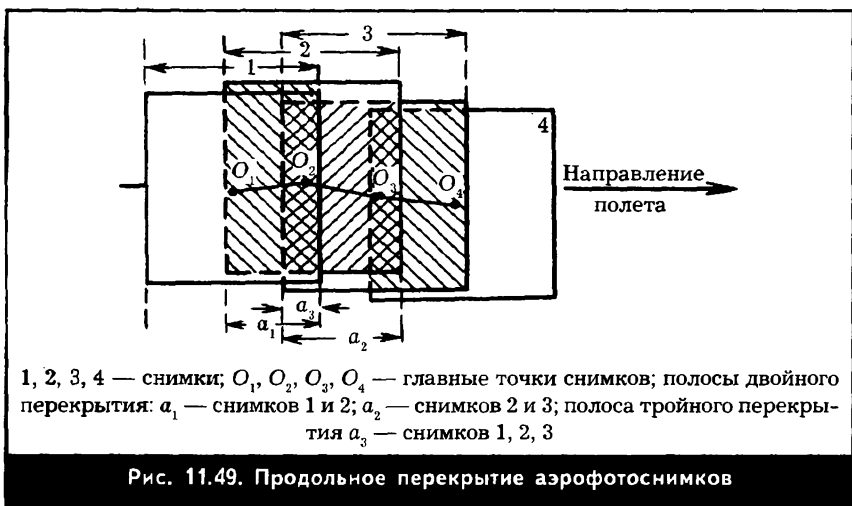
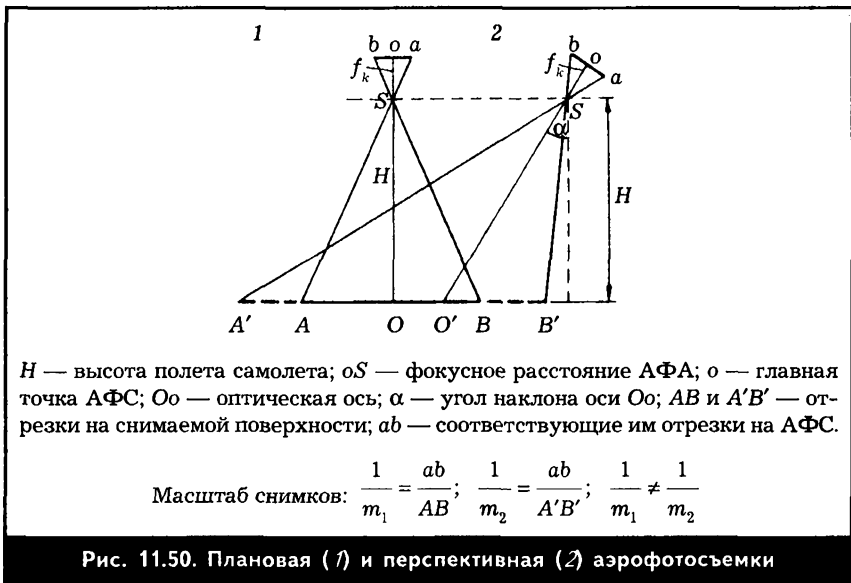


Рис. 11.49. Продольное перекрытие аэрофотоснимков

маршруте, то прокладывают серию параллельных маршрутов. Между снимками соседних маршрутов также делается перекрытие изображения, которое называется *поперечным* и составляет примерно 40% от длины сторон снимка. Два соседних аэроснимка, имеющих определенное перекрытие, называются *стереопарой*.

Фотографирование при горизонтальном положении аэропленки называется *плановой съемкой*. Если же самолет в момент фотографирования имел наклон больше 3° , съемка называется *перспективной* (рис. 11.50).



В зависимости от фотопленки, на которую ведется съемка, различают *черно-белые, цветные и спектрзональные аэрофотоснимки*. Цветные снимки передают изображение объектов местности в естественных цветах, спектрзональные — в неестественных, позволяющих более резко подчеркнуть различия между картографируемыми объектами.

Одновременно с фотографированием получают показания приборов, позволяющие определить положение аэрофотоснимка в момент фотографирования.

После выполнения летносъёмочных работ аэропленку направляют на фотографическую обработку, которая заключается в ее проявлении, промывке, фиксировании. В результате получают *аэронегативы*. С них контактным путем изготавливают аэрофотоснимки на фотобумаге. Формат снимков, применяющихся у нас в стране при топографической съемке 18×18 см. Кроме изображения местности на снимке имеются код, изображения часов

и уровня, а также *координатные метки*. Пересечение линий, соединяющих противоположные метки, — находится *главная точка* аэрофотоснимка (рис. 11.51).

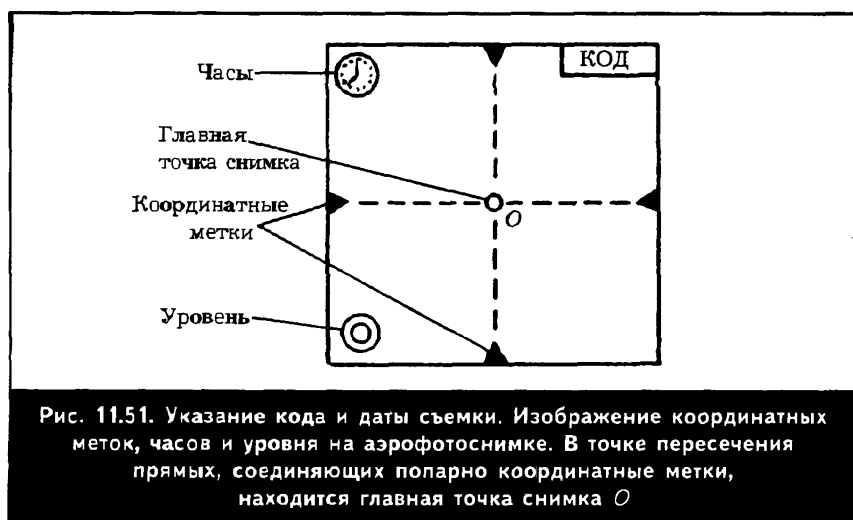


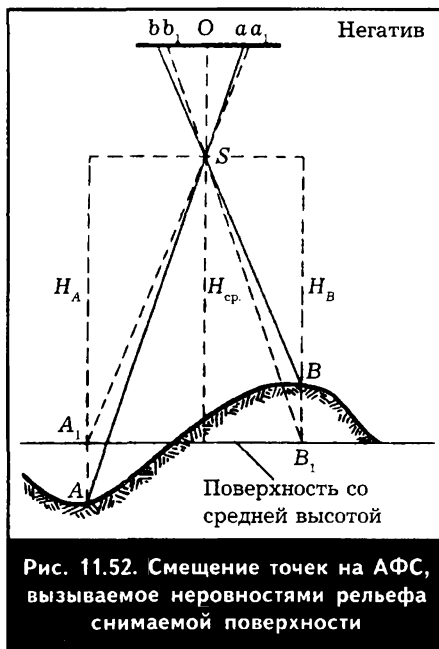
Рис. 11.51. Указание кода и даты съемки. Изображение координатных меток, часов и уровня на аэрофотоснимке. В точке пересечения прямых, соединяющих попарно координатные метки, находится главная точка снимка O

11.13 Свойства аэрофотоснимков

Аэрофотоснимок представляет собой уменьшенное и подобное изображение участка земной поверхности в центральной проекции. При фотографировании фотопленка является картинной плоскостью. Лучи от точек земной поверхности проходят через узловую точку объектива и изображаются на пленке. Если снимок горизонтален (съемка плановая) и местность равнинная, масштаб снимка будет зависеть от высоты фотографирования (высоты полета) H и фокусного расстояния фотокамеры f_k (см. рис. 11.50).

$$\frac{1}{m} = \frac{f_k}{H}.$$

На перспективном снимке масштаб не одинаков в разных участках снимка. Подобие фигур сохраняется лишь в главной точке снимка (см. рис. 11.50) и на небольшом участке вокруг нее.



С такими снимками работать значительно труднее. Смещение точек на снимке происходит также из-за неровностей рельефа даже на плановом снимке (рис. 11.52). Поэтому при использовании перспективных снимков, используют лишь их рабочую часть вокруг центральной точки. Кроме того, вершины деревьев и высоких сооружений изображаются с отклонением от своего основания по радиальным направлениям от центра снимка. Эти отклонения зависят от высоты объектов и возрастают с удалением от главной точки снимка (рис. 11.53).

11.14 Создание карт по аэрофотоснимкам

Аэрофотоснимок в общем случае не является плановым изображением территории и для создания карты серия снимков, покрывающих участок местности, на который создается карта, подвергается сложной обработке, заключающейся в их *топографо-геодезической привязке к системе государственной геодезической*

сети, трансформировании, дешифрировании, фотограмметрической обработке, рисовке рельефа. В прошлом все эти процессы требовали огромных временных затрат и проводились в камеральных условиях на специальных стереофотограмметрических приборах или в поле (см. рис. 11.46). Причем, основными последовательными этапами при этом являлись создание накидного монтажа, фотосхемы, фотоплана, фотокарты и топографической карты.

Накидной монтаж представляет собой уложенные последовательно на плоскость снимки всех маршрутов так, чтобы одни и те же объекты были совмещены как у соседних снимков внутри одного маршрута, так и у снимков соседних маршрутов.

Фотосхема — это смонтированные на плоскости и склеенные в стык аэрофотоснимки с устраненными участками изображения, повторяющегося на соседних аэрофотоснимках.

Фотоплан — точный фотографический план местности в рамках трапеций топографических карт, смонтированный из трансформированных, т. е. из приведенных к заданному масштабу и горизонтальному положению, снимков на жесткой основе.

Фотокарты совмещают фотографическое изображение территории с нанесенными на это фотоизображение всех штриховых элементов (отдешифрированных объектов) и построены они на точной математической основе, как и топографические карты. Черно-белые фотокарты обычно имеют сокращенную штриховую нагрузку, на них не выделяют специальными условными знаками населенные пункты и угодья. На многоцветных фотокартах изображают все топографические объекты своими условными знаками, а фотографическое изображение передается различными цветами в зависимости от характера грунтов, растительности, обрабатываемых земель.

В настоящее время для обработки фотографических снимков с целью создания на их основе топографических карт применяют компьютерные методы. С помощью специального программного обеспечения на персональных компьютерах создаются накидные монтажи, производят топографо-геодезическую привязку снимков и их фотограмметрическую обработку, строят цифровые модели рельефа местности по стереопарам снимков, а также стереофото модели рельефа местности в виде горизонталей или профилей. Цифровые мозаичные фотопланы с помощью алгоритмов фотометрического выравнивания фона изображения и сглаживания швов между снимками превращают в единый растровый

файл и таким образом фотоизображения на полученных фотокартах не имеют видимых перепадов яркостей

11.15 Дешифрирование аэрофотоснимков

Под *дешифрированием* понимают процесс выявления и распознавания на снимках (фотопланах), объектов, подлежащих показу на карте данного масштаба, содержания и назначения, установления их качественных и количественных характеристик и обозначения (изображения) этих объектов условными знаками и подписями.

В процессе дешифрирования выявляют и наносят и такие топографические объекты, которые не зафиксировались на снимке при фотографировании, но должны быть даны на карте. Это либо малые незначительных размеров объекты, либо малоконтрастные и поэтому невидимые с воздуха объекты, либо объекты, появившиеся после выполнения лётносъёмочных работ.

В зависимости от содержания и назначения создаваемой карты различают топографическое и тематическое или отраслевое дешифрирование (геологическое, геоботаническое и т. д.). Тематическое дешифрирование производят отраслевые специалисты. Дешифрирование для целей создания топографических карт производится по объектам, подлежащим показу на этих картах.

Топографическое дешифрирование бывает полевое, камеральное и комбинированное. Наиболее оптимальным является комбинированное дешифрирование, при котором в полевых условиях обследуются лишь заранее выделенные *ключевые участки* и создаются *эталонные дешифрирования*. Вся остальная работа по распознаванию и выявлению объектов производится в камеральных условиях с использованием этих эталонов.

Дешифрирование — процесс, требующий знания и учета всех факторов, влияющих на характер фотоизображения: особенностей ландшафта местности, отражательной способности ее объектов, условий, при которых была произведена съёмка, как атмосферно-оптических (освещённость объектов, явления дымки и т. д.), так и типа пленки, характеристик аэрофотоаппарата. Следует учитывать также и режим фотографической обработки снимков и тип фотобумаги, на которой они отпечатаны. Поэтому процесс дешифрирования требует от специалистов самой высокой квалификации.

Дешифрирование производится как с использованием специальных оптических приборов, так и без применения таковых, визуально. Распознавание топографических объектов и определение их характеристик производится по прямым и косвенным дешифровочным признакам.

К *прямым дешифровочным признакам* относят форму, размер, фототон (цвет) и тень изображенных объектов, а также структуру фотоизображения.

Форма изображенных объектов — один из основных прямых дешифровочных признаков, по которому определяется наличие объекта и некоторые его свойства. Плоские объекты, в основном те, которые изображаются на картах масштабными условными знаками (пашни, площади, занятые лесом, водоемы и т. д.), сохраняют свои очертания как в центре снимка, так и на его краях. Вертикальные объекты (деревья, различные башни, трубы и т. д.) в центре снимка выглядят точками, а на краю снимка близки к перспективному изображению с наклоном от главной точки снимка.

Размер объекта на снимке зависит от масштаба снимка. Линейная величина объекта в натуре

$$L = lm,$$

где l — линейный размер объекта на снимке, m — знаменатель масштаба снимка.

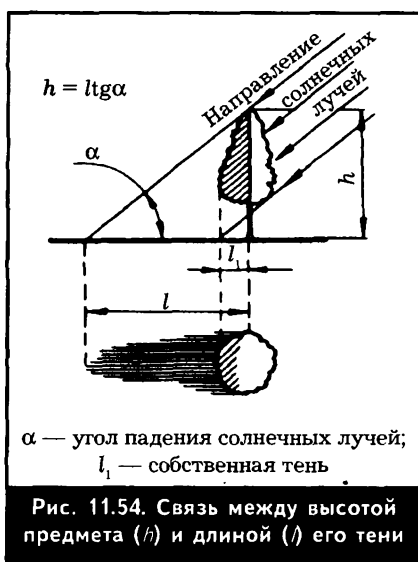
Тон фотоизображения зависит от яркости объекта, от его отражательной способности, цвета и других факторов, которые влияют на степень почернения фотоэмульсионного слоя. Светлые, наиболее освещенные и гладкие поверхности и объекты благодаря более высокому коэффициенту яркости на снимках имеют более светлый тон, а шероховатые, или сильно увлажненные получают более темными.

По изображению *теней* на снимках определяют форму объектов и их размеры. При этом различают собственную и падающую тени (см. рис. 11.53). Собственная тень — это часть объекта, находящаяся с противоположной по отношению к Солнцу стороны. Падающая тень отбрасывается предметом на поверхность земли и именно по ней судят о форме вертикальных объектов, имеющих малые плановые размеры. При этом длина тени зависит от высоты Солнца в момент съемки и высоты самого объекта, а также от наклона поверхности, на которую тень падает (рис. 11.54,

11.55). Измерив длину тени и зная угол наклона Солнца, можно определить высоту самого объекта по формуле:

$$h = l \operatorname{tg} \alpha,$$

где α — угол наклона солнечных лучей; l — длина падающей тени.



В условиях съемки, когда $\alpha = 45^\circ$, длина тени равна высоте объекта, если она, конечно, падает на горизонтальную поверхность.

Однако, тени на аэрофотоснимках являются далеко не всегда положительным фактором для дешифрирования. Тени больших объектов закрывают малые объекты, в собственных тенях скрываются детали. Выходом из этого положения является использование комплектов снимков, полученных при разных условиях освещения.

Структура (рисунок) фотоизображения обусловлена повторяемостью и характером размещения отдельных распознаваемых деталей. Этот признак наиболее устойчивый из всех прямых признаков, так как в меньшей степени зависит от условий съемки, чем другие. Так для изображения лесов характерна зернистая структура, свежеспаханных полей — полосатая, водоемов — так называемая аморфная (бесструктурная). Различают также пятнистую, точечную и другие структуры фотоизображений.

С уменьшением масштаба съемки прямые дешифровочные признаки изменяются. Так, например, при съемке в масштабе 1:50 000 практически уже не видна структура фотоизображения. По этому признаку уверенно распознаются лишь леса и населенные пункты.

Косвенные дешифровочные признаки основаны на взаимном расположении объектов относительно друг друга, логических и причинных связях фотоизображения объектов. Косвенные признаки указывают на наличие объектов, не изобразившихся на снимке или не определяемых по прямым признакам. Так, например, четко читаемая на снимке грунтовая дорога, подходящая к реке и выходящая на другом берегу при отсутствии моста и других средств переправы, указывает на наличие брода (при условии, конечно, если берега реки пологие). По косвенным признакам, а именно по форме островов, направлению устьев притоков и т. п. можно судить о направлении течения реки. Округлую форму имеет часть острова, расположенная по направлению к верхней части течения, заостренный конец острова направлен к устью реки (рис. 11.56).

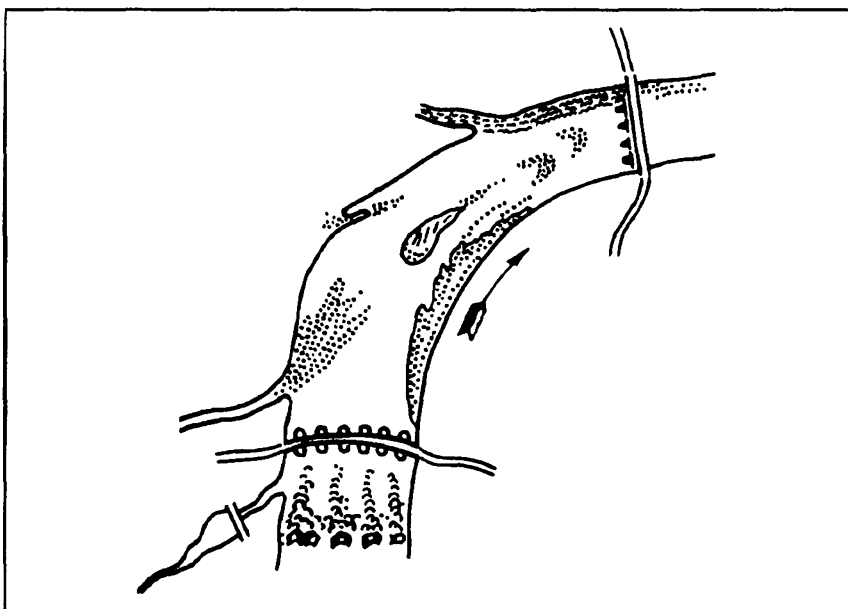


Рис. 11.56. Признаки для определения направления течения реки по аэрофотоснимку

Навыки, опыт в дешифрировании аэрофотоснимков наилучшим образом приобретается при полевом визуальном дешифрировании, когда дешифровщик непосредственно наблюдает сами объекты и их изображение на снимке.

В камеральном дешифрировании лучшие результаты получаются, если дешифрирование производится при *стереоскопическом рассмотрении* снимков. С помощью специального прибора — *стереоскопа* — по двум соседним снимкам (стереопаре) получают пространственную (стереоскопическую) модель и ее изучают.

11.16 Космическая съемка

Космическая съемка производится с космических кораблей, спутников, воздушных шаров. В результате космической съемки могут быть получены *фотографические, телевизионные, радиолокационные и сканерные* изображения.

Фотографические космические снимки — это результат поккадровой регистрации собственного или отраженного излучения земных объектов на светочувствительную пленку, произведенной с высот до нескольких километров. Космические фотоаппараты являются модификацией аэрофотоаппаратов. При космической съемке также как и при аэрофотосъемке используют различные виды пленок — черно-белые, цветные и спектрально-зональные. Обычные черно-белые снимки можно назвать однозональными, так как в данном случае съемочная аппаратура регистрирует проходящее от объектов съемки излучение в одной широтной зоне спектра. Однозональная съемка, как правило, ведется в видимой области спектра — в той, к которой чувствительно человеческое зрение.

Многозональная съемка — это съемка местности одновременно в нескольких достаточно узких зонах спектра (не только в видимом диапазоне, но и в ультрафиолетовом, инфракрасном и радиодиапазонах). Для этого применяют многозональные космические фотокамеры с несколькими объективами, снабженными разными светофильтрами. В итоге получают цветные фотоизображения, по своей информативности превосходящие обычные цветные снимки. Так, например, по таким снимкам можно определить не только площади, покрытые лесом, но и состав его по породам,

отличить зрелый лес от молодого и обнаружить участки, пораженные вредителями и болезнями.

Телевизионные снимки и телевизионные панорамы получают с помощью передающих телевизионных камер (видиконов). Изображение передается на наземные пункты приема дистанционной информации в режиме реального времени и экспонируется по кадрам на фотопленку. Телевизионная съемка применяется для оперативного картографирования и мониторинга (слежения) за процессами, происходящими на Земле. Телевизионная съемка также используется при исследовании Луны, Венеры и других планет и их спутников. Благодаря телевизионным снимкам были реализованы программы по крупномасштабному картографированию Луны и планет земной группы.

Сканерная съемка производится при помощи специального сканирующего устройства (качающегося зеркала или призмы). Это устройство «просматривает» местность поперек движения космического носителя и посылает исходящее с Земли излучение в объектив и далее на точечный фотоприемник, где лучистый поток преобразуется в электрический сигнал, передаваемый с космического аппарата по каналам связи на Землю. Наземная аппаратура преобразует эти сигналы в изображения. При полете съемка ведется непрерывно и поэтому сканирование охватывает широкую непрерывную полосу местности. Масштаб сканерного снимка вдоль линии движения носителя остается постоянным, но вдоль строки сильно уменьшается к краям. Хотя сканерные изображения по качеству уступают кадровым фотографическим, их оперативность в цифровой форме дает огромное преимущество перед другими видами съемок.

Радиолокационная съемка производится с помощью активных аэрокосмических съемочных систем — радиолокаторов бокового обзора (рис. 11.57). *Локационные снимки* — это снимки в микроволновом диапазоне радиоволн с длинами от 1 мм до 1 м.

Благодаря боковому обзору на снимках отчетливо изображается рельеф местности и его детали. Радиолокация позволила впервые закартографировать рельеф Луны и планет. Радиолокационные снимки возможно получать в любое время суток, они всепогодны, т. е. облачность для них не является помехой.

По масштабу космические снимки бывают крупномасштабные (1:100 000 и крупнее), среднемасштабные (от 1:100 000 до 1:1 000 000) и мелкомасштабные (мельче 1:1 000 000).

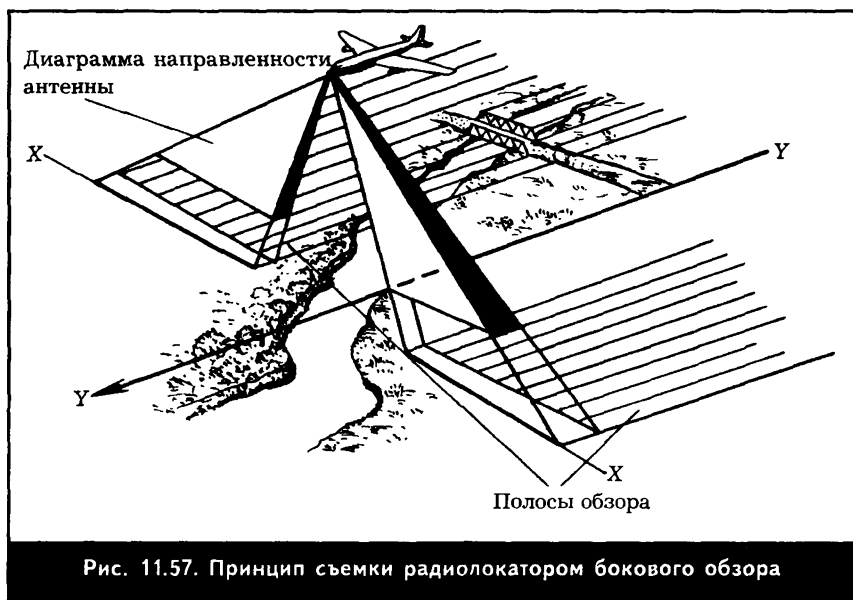


Рис. 11.57. Принцип съемки радиолокатором бокового обзора

Космические снимки земной поверхности отличаются своей обзорностью. Один снимок может охватывать площадь от 10 000 км² до всего земного шара. Благодаря этому свойству по космическим снимкам возможно изучение основных структурных особенностей атмосферы, литосферы, гидросферы, биосферы и ландшафтов регионального, зонального и глобального масштаба.

При космической съемке возможны повторные съемки одной и той же местности с одного и того же носителя через короткие промежутки времени. Это позволяет изучать динамику природных периодических (суточных, сезонных) и эпизодических (извержения вулканов, лесных пожаров и др.) явлений, а также различных проявлений хозяйственной деятельности человека. Благодаря своим свойствам космические снимки находят широкое применение как в практической, так и в научной сферах. Широко внедрены уже аэрокосмические методы и в картографию. Карты, составленные по космическим снимкам более современны и достоверны и отображают явления, которые в отсутствии таких снимков вообще не могли бы быть картографированы (например, глубинные разломы на геологических картах, распространение кратеров на поверхности Луны).

Сочетание на картах традиционного картографического изображения с аэрокосмическим привело к появлению нового вида картографической продукции — *фотокарт*, за которыми видится будущее картографии. Произошло внедрение аэрокосмических методов и в учебную, в частности в школьную, картографию. Издаются настенные учебные карты, на которых земной покров изображен таким, как он видится из космоса.

Отечественные программы космических исследований ориентированы на комплексное тематическое картографирование природных ресурсов важнейших экономических районов.

Обработка космических снимков для целей создания карт — сложный и трудоемкий процесс, который невозможно осуществить визуально-инструментальными методами и требует использования на каждом из этапов электронно-вычислительной техники.

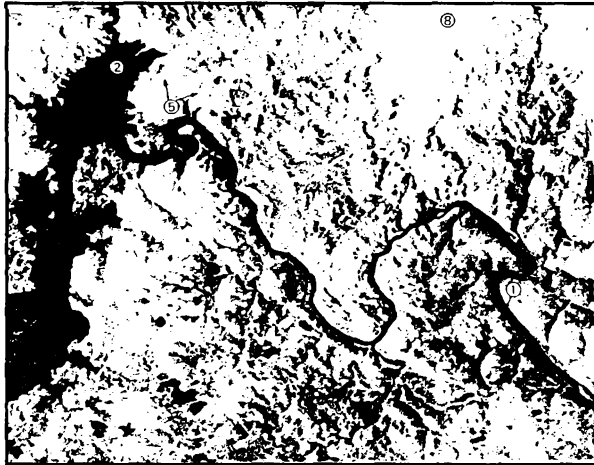
11.17 Дешифрирование космических снимков

Визуальное дешифрирование космических снимков по сравнению с аэрофотоснимками имеет свою специфику, обусловленную самими особенностями этих изображений. Вследствие большой обзорности и охвата огромных территорий при дешифрировании космических снимков приходится исходить не из непосредственного знания местности, а из сведений, полученных о ней главным образом по картографическим источникам. Если для аэрофотоснимков применяется технологическая схема дешифрирования «местность—снимок—карта», то для дешифрирования космических снимков схема иная: «карта—снимок—карта». Поэтому понятно, что перед дешифрированием следует произвести географическую привязку космического снимка.

Строгая математическая привязка космического снимка может быть осуществлена (фотограмметрически), если известно положение космического аппарата в момент съемки и элементы внешнего углового ориентирования оси съёмочной камеры. В случае, если мы не располагаем такими данными, привязку проводят путем сравнения космического изображения с географической картой. Дело это кропотливое, хотя и несложное.

Основной группой контуров, с помощью которых почти безошибочно можно осуществить привязку является береговая

a



б

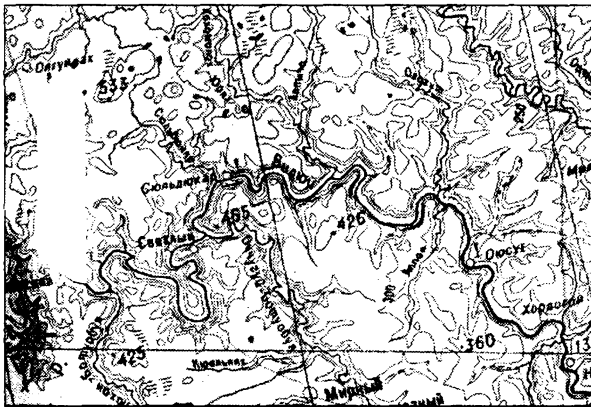


Рис. 11.58. Космический снимок, полученный с пилотируемого космического корабля «Союз-22» камерой МКФ-6 (*a*), и общегеографическая карта масштаба 1:2 500 000 на территорию бассейна р. Вилюй (*б*)

линия океанов, морей, крупных озер. Хорошо опознается на космических снимках и отождествляется с картой гидрографическая сеть, границы горных ледников (рис. 11.58). Однако, осуществляя привязку снимка следует помнить, что обобщенность на карте аналогичного со снимком масштаба значительно выше (примерно в 5 раз). Поэтому сильно обобщенное изображение рельефа на картах часто бывает трудно сопоставить со снимком, дающего детальную картину расчленения горного рельефа.

При дешифрировании космических снимков возрастает роль косвенных дешифровочных признаков. Совместное использование космических снимков и географической карты является обязательным условием проведения дешифрирования космических снимков. Роль отдельных индикаторов дешифрирования вследствие значительной оптической генерализации космического изображения по сравнению с аэрофотоснимками меняется. Так, например, такие дешифровочные признаки как размер и форма при работе с космическими изображениями уже не являются главными. Лишь для отдельных объектов эти признаки по-прежнему имеют основное значение. Среди них можно назвать искусственные водоемы. На снимках особенно хорошо опознаются водохранилища по прямолинейной форме водоема у плотин. Кроме того, для них характерна большая согласованность береговой линии с горизонталями.

По прямоугольной форме хорошо дешифрируются массивы сельскохозяйственного использования земель, а размер этих массивов косвенно указывает на виды землепользования. Из социально-экономических объектов характерную форму изображения имеют различного рода портовые сооружения, аэродромы с их параллельными или перекрещивающимися линиями взлетных полос.

Наиболее важными дешифровочными признаками при работе с космическими снимками являются структура (рисунок) изображения. Специфическую структуру на космических снимках имеют акватории, различные естественные и культурные ландшафты суши, такие, как песчаные пустыни, горы, массивы земледелия, площади, занимаемые населенными пунктами. Лесные массивы также, как и на аэрофотоснимках, имеют характерную зернистую структуру изображения. Однако, зернистость этих участков на космических снимках выражена значительно слабее, Видна она лишь при значительном увеличении и образована уже

не особенностями освещения, а различиями видового состава деревьев.

Тон изображения — важный для дешифрирования космических снимков признак, так как он определяется в основном одной, весьма существенной характеристикой объектов съемки — их яркостью. Но на тон изображения на космических снимках влияет много других факторов: атмосфера, характер освещенности, фаза вегетации растений и другие, которые необходимо учитывать при использовании этого дешифровочного признака.

Цветовые различия на цветных космических снимках в значительной степени сглаживаются за счет влияния атмосферы. Наиболее информативны цветовые различия на акваториях. Здесь на цвет изображения влияют глубины, водная растительность, различное содержание минеральных примесей, загрязненность вод. Для большей части объектов суши возможности дешифрирования расширяются при утрированной, искусственно искаженной цветопередаче, которая достигается на спектральнозональных снимках при различных комбинациях спектральных съемочных зон. То есть можно сказать, что на космических снимках роль натурального цвета как дешифровочного признака несколько понижается. Возрастает значение различий в спектральной яркости, вызывающей различия в изображении объектов на многозональных снимках.

Роль косвенных дешифровочных признаков еще больше возрастает в случае космических снимков вследствие того, что на них изображается полный комплекс видимых компонентов природной среды, а также потому, что большой территориальный охват позволяет проследить взаимосвязи между ними. При дешифрировании космических снимков различных природных зон ведущий фактор можно выделить, лишь проанализировав весь комплекс отраженных на снимке компонентов природной среды. Так, например, дешифровочным признаком смены состава горных пород в пустынях и полупустынях является изменение цвета поверхности; в залесенной местности — смена типов лесной растительности и т. д.

По сравнению с аэрофотоснимками на космических снимках отличается и дешифрирование рельефа. На них стереоскопическое изучение возможно практически только горного рельефа. Для форм же равнинных территорий используют косвенный признак, а именно растительность. Благодаря изучению растительности

на космических снимках можно выделить такие формы рельефа, как овраги, долины, балки и т. п.

Существенной особенностью космических снимков является также изображение на них облачности, в значительной степени затрудняющей процесс дешифрирования топографической поверхности. Однако и ее опытные дешифровщики используют в качестве косвенного признака. Над различными типами поверхностей образуются различные типы облаков, благодаря чему по структуре облачности можно судить о подстилающей поверхности.

11.18 Создание мелкомасштабных карт

В отличие от крупномасштабных мелкомасштабные карты создают в камеральных условиях с привлечением разнообразных картографических, статистических, литературных и других источников. Источниками для создания мелкомасштабных карт могут быть данные полевых съемок, результаты дешифрирования аэрокосмических снимков, данные гидрометеорологических станций, разнообразные материалы работ по теме карты.

В создании мелкомасштабной карты можно выделить четыре основных этапа:

- проектирование (разработка концепции) карты;
- составление карты;
- подготовка карты к изданию;
- издание карты.

Проектирование карты состоит в разработке программы карты, в которой:

- устанавливается назначение карты, ее вид и тип;
- производится выбор математической основы (проекции, масштаба, макета компоновки);
- дается характеристика территории в отношении картографируемых явлений;
- формулируются требования к карте, вытекающие из ее назначения, характера использования, задач, решаемых по ней потребителями и особенностей территории;
- устанавливаются основные и дополнительные исходные материалы составления и порядок их использования;

- перечисляются все элементы содержания, способы их изображения и система условных обозначений, принципы генерализации;

- приводится технология изготовления карты.

В программу карты, оформленную как единый документ, включающий соответствующие разделы, входят также различные графические приложения — макет компоновки, схемы районирования территории, легенда карты с указанием размеров и цвета условных обозначений каждого элемента содержания, образцы составления.

Таким образом, понятно, что прежде, чем приступить к непосредственному изготовлению оригинала проектируемой карты, редактором-картографом должна быть проведена огромная работа.

Программа карты, дополненная экономическими расчетами, сметами образует *проект карты*, который отвечает на три основных вопроса: какой должна быть карта, как делать карту и каковы будут затраты на ее создание?

Например, разрабатывается учебная настенная карта «Природные зоны России» для школы. Карта предназначена для использования ее в качестве демонстрационного пособия при изучении курса физической географии в восьмом классе общеобразовательной средней школы. Такое назначение требует выбора соответствующего масштаба (1:4 000 000—1:5 000 000). Более мелкий масштаб не обеспечит читаемости карты с расстояния. Выбор проекции карты будет предопределен географическими особенностями территории — ее положением в высоких широтах и вытянутостью вдоль параллелей. Этот факт сужает число пригодных для карт такого территориального охвата проекций. Для карт России, как вам уже известно, традиционно употребимы конические проекции Каврайского или Красовского. Однако, карты России в видоизмененной поликонической проекции ЦНИИГАиК дают более близкое к действительному положению объектов относительно сторон света и меридианы в этой проекции — дуги кривых, что подчеркивает сферичность Земли и тем самым усиливает наглядность карты.

Содержание проектируемой карты в данном случае должно быть строго согласовано с программой курса физической географии России и непосредственно с учебником по данному курсу. Кроме того, оно должно быть согласовано с настольными

учебными пособиями, а именно, с атласом и различного рода раздаточным материалом. Главное содержание данной карты — природные пояса и зоны, а также области высотной поясности. Такое тематическое содержание требует соответствующей общегеографической основы. Элементами ее должны быть гидрография, рельеф, отдельные наиболее крупные населенные пункты, элементы почвенно-растительного покрова (пески, болота, а в случае отображения сопредельных государств и солончаки). Причем, рельеф поверхности может быть показан в данном случае способом полутоновой отмывки, так, как он не является основным содержанием карты и количественная характеристика его в данном случае не обязательна.

Указания по генерализации элементов содержания даются с учетом назначения и использования карты. Так, в данном случае из рек показываются лишь главные с их основными притоками, лишь общие черты строения рельефа поверхности.

Оформление данной карты должно отличаться повышенной наглядностью и читаемостью с расстояния. А значит должны быть выбраны более крупные и контрастные по сравнению со справочными картами условные обозначения и шрифты. Для лучшей читаемости показанные природные пояса и зоны должны иметь на карте общепринятые индексы, а рисунок границ природных зон и поясов отличаться от рисунка границ высотной поясности.

Источниками составления данной карты могут быть ранее изданные карты природных зон как научно-справочные, так и учебные. Кроме того, разработка любой тематической карты требует совместной работы со специалистами данной области (в нашем случае необходимы консультации со специалистом по физической географии России, а также учителями географии средней школы).

Себестоимость учебной карты, а значит и затраты на ее создание должны быть невелики, так как одним из требований к учебной картографической продукции является ее невысокая цена. Также желательно издание карты на одном листе, чтобы исключить необходимость ее склеивания. Кроме того, чтобы повысить долговечность карты, ее следует покрыть либо специальным защитным лаком, либо ламинировать.

Аналогичным образом разрабатываются программы и проекты для многolistных карт, серий карт и атласов. При этом

сначала формулируются требования ко всему произведению, а затем разрабатываются частные программы к каждой конкретной карте.

Составление карт — это комплекс работ по изготовлению первичного (составительского) оригинала карты, который выполняется в установленных условных знаках с указанной точностью и генерализацией. Руководствуясь программой карты, работы по составлению ведутся в следующей последовательности. Сначала по формулам выбранной для данной карты картографической проекции вычисляют координаты X и Y узловых точек географической сетки. Число этих точек будет зависеть от протяженности картографируемой территории и от выбранной частоты картографической сетки (разности долгот $\Delta\lambda$ между соседними меридианами и разности широт $\Delta\phi$ между соседними параллелями). Далее по вычисленным координатам узловых точек с помощью специального прибора — координатографа — строится сетка картографической проекции (сетка меридианов и параллелей), как правило, на недеформируемом материале — бумаге, наклеенной на алюминиевую пластину или пластике.

После этого приступают к составлению карты. Если карта тематическая, сначала составляют элементы содержания географической основы (береговую линию, гидрографическую сеть, населенные пункты, политико-административные границы, в некоторых случаях рельеф), которая послужит затем для нанесения тематического содержания. Иногда используют готовую географическую основу с другой карты без изменений или с определенной ее доработкой.

Следующим этапом является перенос (составление) элементов тематического содержания на географическую основу с заранее подготовленных источников. Тут могут быть использованы разные приемы — *фотомеханический, оптическое проектирование, перерисовка по клеткам*.

При *фотомеханическом* способе исходную карту (исходный материал) фотографируют в масштабе создаваемой карты, изготавливают голубую копию, монтируют на построенную географическую сетку меридианов и параллелей по узловым точкам и вычерчивают те элементы содержания, которые необходимы для создаваемой карты. Голубое фотоизображение служит как бы канвой для новой карты. Элементы, которые не нужны для будущей карты, остаются голубыми (не вычерчиваются)

и в дальнейшем при фотографировании составительского оригинала не воспроизводятся.

Оптическое проектирование используют когда карта создается по нескольким источникам. Производится оно с помощью проекционного аппарата, дающего оптическое изображение карт-источников на координатной сетке оригинала. Перерисовка сводится к обводке на оригинале нужных линий и точек данного оптического изображения.

Составление по клеткам проводится по сетке трапеций, образованных однозначными меридианами и параллелями на карте-источнике и составляемой карте. Для более точной рисовки сетка меридианов и параллелей на карте-источнике и на составляемой карте сгущается, т. е. проводятся дополнительные линии меридианов и параллелей. Рисовка линий производится в пределах малых клеточек на глаз с одновременной генерализацией. Естественно, чем гуще сеть вспомогательных линий, тем детальнее рисунок и выше его точность.

Полученный в результате этих работ *составительский оригинал* карты позволяет достаточно наглядно представить будущую карту, так как для его создания используют условные знаки, рисунок, размеры и цвета которых такие же, что и должны быть на будущей карте. На всех этапах составительских работ осуществляется *редакционное сопровождение*, т. е. *руководство и контроль* за всеми работами. Редактор карты следит за правильным построением математической основы карты, точным нанесением и взаимным согласованием элементов содержания, правильной передачей географических названий и соблюдением правил отбора и обобщения элементов.

Однако составительский оригинал не отличается высоким качеством проработки, линии его достаточно грубы, он часто исправляется по замечаниям редактора-картографа. Поэтому в производстве карт готовят вторичные оригиналы — *издательские*. Это полные копии составительского оригинала, но отличаются они высоким качеством графического исполнения (черчения или графирования).

Различают издательские оригиналы: *штриховые, фоновых окрасок, подписей и полутонные*.

Для получения издательских оригиналов с составительского оригинала делают точные его копии (голубые) путем фотографирования. Голубые копии с составительского оригинала

изготавливают либо на пластике либо на бумаге, наклеенной на жесткую (алюминиевую) основу. Вычерчивание (или гравирование) издательских оригиналов ведется раздельно по цветам штриховых элементов содержания — все элементы, которые будут на карте изображены черным цветом выполняют на одном издательском оригинале, синим цветом — на другом, красным — на третьем и т. д. Число штриховых издательских оригиналов зависит от числа цветов штриховых элементов будущей карты. Эти штриховые издательские оригиналы называют *расчлененными*.

На издательские оригиналы *фоновых окрасок* наносят изображения контуров, которые при печати должны быть показаны сплошными цветными заливками или сетками. При этом для каждого цвета изготавливают отдельный оригинал. Например, площади водных площадных объектов — океанов, морей, озер — показывают на одном оригинале, лесов — на другом и т. д.

На полутоновых издательских оригиналах изображают элементы, имеющие плавные переходы одного и того же цвета. Такие оригиналы создают, например, для воспроизведения канта государственных или административных границ, отмывки рельефа.

Подготовка карты к изданию сводится к фотографическому копированию с издательских оригиналов позитивов, а затем с них изготавливают (также фотокопированием) печатные формы. С первичных печатных форм изготавливают *штриховую*, а затем и *красочную пробы*, которая представляет собой совмещенный оттиск, полученный со всех штриховых, полутоновых и фоновых печатных форм. Красочная проба дает представление об окончательном виде карты, после печати тиража. Красочная проба является эталоном при печати тиража карты.

Красочная проба также подвергается корректуре. По замечаниям, вынесенным на красочной пробе, исправляют издательские оригиналы. С исправленных издательских оригиналов изготавливают окончательные печатные формы.

С полученных печатных форм осуществляется *издание карты*. Печать тиража карты производится на ротационных офсетных машинах. Печатные формы закрепляют на формных цилиндрах машины. На офсетном цилиндре натянута резина. Краска, нанесенная на форму сначала переходит на резину офсетного цилиндра, а затем с него на поданную самоналадчиком бумагу (будущую карту). Современные офсетные машины осуществляют печатание несколькими красками.

11.19 Современные технологии создания карт

Изложенная выше технология создания карт, ее основные этапы является традиционной, но в настоящее время устаревшей. Она имеет ряд существенных недостатков. Это в первую очередь:

- огромные временные затраты (цикл создания одной карты иногда составляет не один год);
- обилие фотопроцессов, требующих большого расхода дорогостоящих фотоматериалов, пластиков, гравировальных слоев и т. п.;
- необходимость изготовления издательских оригиналов на каждый цвет карты отдельно;
- сложность масштабирования и трансформирования исходных материалов составления;
- неудовлетворительное качество издательских оригиналов, высокая стоимость и недостаточная оперативность получения штриховых и красочных проб.

На современном этапе автоматизации и информатизации, существенно возросла роль компьютерной графики и графических информационных технологий в процессе создания картографических произведений.

Освоение компьютеров в картографии началось с совмещенных технологий, когда часть работ выполнялась ручным способом, а часть — на компьютерах. В основном это были компьютерные наборы названий географических объектов. Набранные названия распечатывались на лазерных принтерах на съемном липком слое и далее расклеивались на издательском позитиве. Кроме того, компьютерный набор служил источником для верстки указателей названий географических объектов, прилагаемых к картам или атласам.

Следующим этапом внедрения компьютерных технологий в картографии было освоение графических пакетов программ. Они применялись для создания условных знаков, а также оформления изданий слайдами, рисунками, рекламными блоками. Поначалу для этих целей использовались программные продукты массового пользования, как правило, CorelDraw — один из самых простых для освоения начинающими пользователями.

Следующим этапом был переход к полной автоматизации цикла подготовки к изданию карт с использованием настольных

издательских систем (НИС) в полной мере — текстовых, графических и версточных программных продуктов, когда не только подписи названий, условные знаки, рекламные блоки, но и вся карта составлялась и оформлялась на компьютере. Однако в настольных издательских пакетах отсутствуют средства связи с базами данных, возможность работы с проекциями карт и т. д.

Все это картографы получили в свое распоряжение только с внедрением геоинформационных систем (ГИС). Первые версии ГИС существовали только на рабочих станциях под операционной системой UNIX. Надо отметить, что полный переход в производстве карт на современные ГИС-технологии сопряжен с рядом трудностей, прежде всего с финансовыми — стоимость программного и технического комплекса исчисляется не одной сотней тысяч долларов. Примером такого достаточно хорошо известного программного и технического комплекса является комплекс фирмы INTERGRAF, который позволяет выполнить практически любой из этапов технологического цикла — от ввода данных с использованием, например, обработки космических снимков, до вывода издательских позитивов. Но такие средства из-за их дороговизны в большинстве своем для массового картографического производства пока недоступны. У нас в стране в настоящее время распространены недорогие компьютерные средства.

Современная технологическая цепочка создания карт основана на использовании геоинформационных систем. Этапы создания карт приведены на схеме 1.

Редакционно-подготовительные работы при использовании компьютерной технологии создания карт ничем практически не отличаются от этих же работ в традиционной технологии. Они заключаются в сборе и анализе исходных материалов, разработке рекомендаций по генерализации элементов содержания, изготовлении макетов специального содержания и т. п.

Сканирование означает процесс перевода исходного картографического материала в растровую (точечную) форму. В отличие от векторных (объектных) изображений (контуров), растровые изображения описываются не кривыми, а сеткой точек (пиксел). У каждой точки есть код цвета. С растровыми изображениями в повседневной жизни мы сталкиваемся часто. Телевизионное изображение, иллюстрации в любом типографском издании, отпечатки, сделанные на принтере — все это растровые (точечные) изображения. Работа с растровыми изображениями сводится

**Схема
создания карт с использованием ГИС-технологий**



к редактированию каждой отдельной точки, а не контуров объектов, как в векторной графике.

Векторизация — это процесс получения цифровой векторной формы изображения. Это способ математического описания объектов в виде набора векторов определенной длины и ориентации. Векторизация подразумевает создание собственно цифровой карты.

Геометрическая коррекция осуществляется для того, чтобы исключить погрешности, возникающие при сканировании бумажных материалов, а также для перевода проекции исходной карты в проекцию создаваемой. Такая последовательность действий объясняется тем, что коррекция растрового изображения требует значительно больших и аппаратных, и временных затрат по сравнению с коррекцией векторной информации.

Назначение признаков и атрибутов означает, что каждый географический объект на карте должен иметь свой уникальный код (идентификатор), а также отнесен к тому или иному типу геометрических объектов, рассматриваемых в ГИС — точка, линия, полигон.

Конвертирование данных в обменные форматы приходится осуществлять для последующего их импорта в издательские настольные системы, так как под изданием разработчики ГИС-средств понимают лишь создание твердой распечатки на принтере или на плоттере, разрешение которых невелико. Кроме того, это очень дорого (вывод на плоттере нескольких экземпляров карты дороже, чем печать целого тиража). То есть, в большинстве ГИС-системах отсутствует возможность вывода высококачественных издательских диапозитивов для тиражирования карт. Кроме того, многие ГИС-системы не обладают развитыми графическими средствами, оформление с помощью которых позволило бы получить традиционного вида карту.

Подготовка к цветodelению состоит в улучшении цветовых тонов, повышении четкости по откалиброванной системе, объединении слоев карты в один, что позволяет в значительной степени уменьшить общий размер файла.

Главная задача процесса *цветodelения* — конвертировать изображение из компьютерной системы цветов RGB (красный, зеленый, синий) в полиграфическую CMYK (синий, пурпурный, желтый, черный) систему.

Система RGB имеет дело с цветами, видимыми в проходящем или прямом свете. Она адекватна цветовому восприятию человеческого глаза, рецепторы которого «настроены» на красный

зеленый и синий цвета. Именно поэтому изображение на экранах компьютеров соответствует системе RGB.

В полиграфии же приходится иметь дело с красками, наложенными на бумагу, т. е. видимыми в отраженном свете. Здесь цвета взаимодействуют по иным законам и поэтому используется CMYK система, в которой в качестве составных или триадных цветов выбраны синий, пурпурный и желтый (cyan, magenta, yellow). Они поочередно наносятся на бумагу, создавая любой цвет и его оттенок. Черный цвет добавлен в триаду потому, что при наложении трех основных цветов идеальный (насыщенный) черный цвет не образуется. Его называют Key-color.

Переход из RGB в CMYK осуществляется через программные фильтры, где учитываются все будущие установки печати от системы основных триадных красок, их баланса до бумаги, на которой будет осуществлена печать. Цветоделение — сложный процесс, от которого зависит качество изданной карты.

При офсетном способе печати с цветоделенных позитивов изготавливаются печатные формы — пластины, покрытые специальным светочувствительным составом. После специальной обработки к тем местам печатной формы, которые не были засвечены (непрозрачные на позитиве) при печати прилипает краска, которая и отпечатывается на листе бумаги. Печатная машина имеет четыре секции (по одной для каждой краски). Когда бумага пропускается через эти секции на нее поочередно наносят эти краски, создавая общий рисунок картографического изображения.

Глава 12

ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ

Историей географической карты, как было сказано в главе 1, занимается особый раздел картографии — картоведение. Источниками для изучения истории картографии являются сохранившиеся картографические произведения, созданные в разные периоды истории, географические труды и другие письменные источники, упоминающие и представляющие картографические рисунки и карты, не дошедшие до нашего времени, а также археологические раскопки.

История картографии тесно связана с историей географической науки. Более того, в прошлом картографию и географию рассматривали как единое целое. В те времена главной задачей географии являлось графическое изображение Земли.

Практические потребности людей, изменявшиеся в различных исторических условиях, определяли процесс развития и совершенствования карт.

12.1 Картографические рисунки Древнего мира

В первобытном обществе *простейшие картографические рисунки*, сохранившиеся на скалах, стенах пещер, предметах быта (рис. 12.1) в различных частях земного шара, еще до зарождения письменности отражали представления человека об окружающем его пространстве и служили чисто утилитарным целям — указанием мест охоты, рыболовства, расположение соседних поселений, ориентиров, путей подхода к ним.

Потребность в более точных изображениях участков местности возникла в период перехода людей к оседлому образу жизни, развитию земледелия, ремесел, мореплавания, а также в более позднее время при возведении различного рода инженерных



Рис. 12.1. Картографический рисунок, гравированный на серебряной вазе (III тысячелетие до н. э.)

сооружений (оросительных каналов и т. п.). Во время раскопок, проведенных на территориях древних рабовладельческих государств, было найдено немало картографических изображений, выполненных на глиняных дощечках, папирусе (Древний Вавилон, Египет, Мексика, Китай).

Научные истоки картографии и географии берут начало в Древней Греции. Этому способствовало расширение географического кругозора и представлений об окружающем мире во время колониальных завоеваний и торговли на обширном пространстве. Именно тогда были сделаны первые крупные географические открытия.

Учение *Аристотеля* о шарообразности Земли (IV в. до н. э.) положило начало развитию математических основ картографии. Были введены первые опорные линии (Гибралтар и о. Родос) — предшественницы линий координатной сетки. Александрийский астроном и географ *Эратосфен* (III в. до н. э.) предпринял попытки измерения размеров Земли.

II в. до н. э. характеризуется дальнейшим развитием астрономии, одним из основоположников которой является *Гиппарх*. По данным астрономических наблюдений он предложил строить карты по сети меридианов и параллелей и впервые применил понятия географической широты и долготы.

Научные обобщения картографических и географических знаний сделал величайший греческий математик, астроном и географ *Клавдий Птолемей* (I—II в. н. э.). В его главном труде

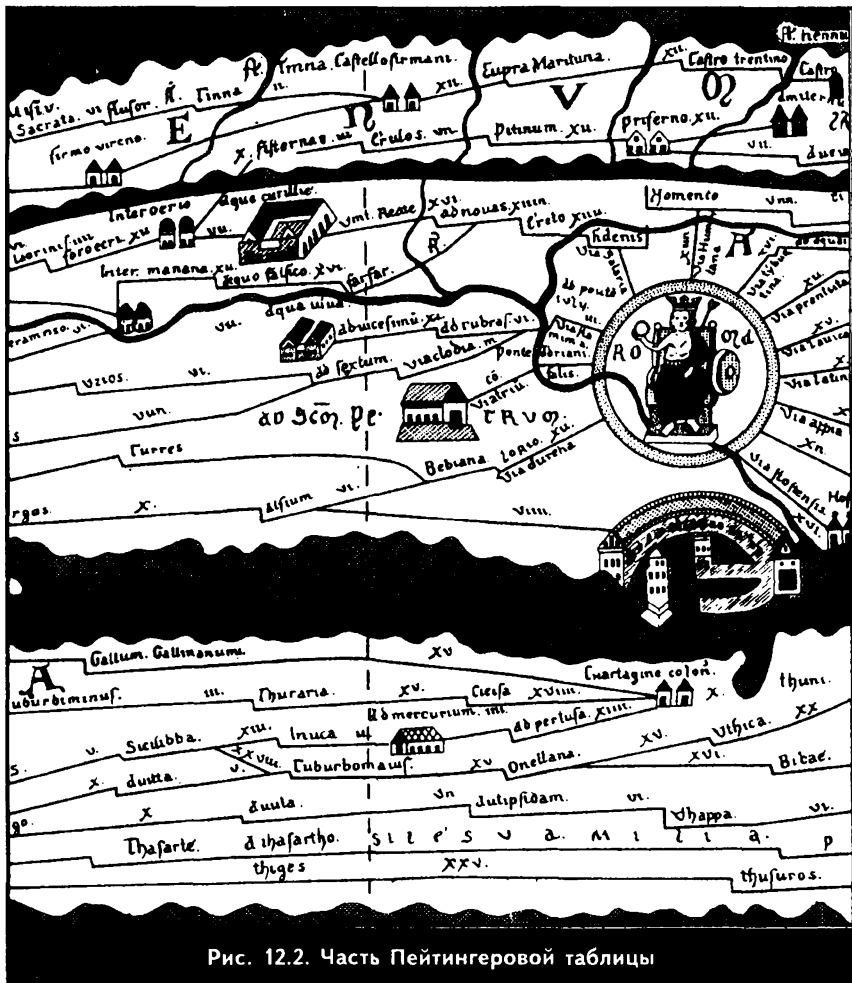


Рис. 12.2. Часть Пейтингеровой таблицы

«Руководство по географии» даются обстоятельные описания всех известных в те времена проекций карт, систематизируются знания о различных землях. В приложении к руководству было помещено 26 карт различных частей суши и одна карта мира.

В Древнем Риме в связи с развитием экономики, торговых отношений между различными провинциями и соседними странами, появляется потребность в создании особых дорожных карт. С этой целью римскими землемерами проводились специальные съемочные работы, явившиеся прообразом будущих геодезических и топографических работ. Первые такие измерения были произведены при Юлии Цезаре (I в. н. э.). До наших дней дошла лишь копия подобной карты, найденной немецким историком Пейтингером в начале XVI в. («Пейтингерова таблица»), хранящаяся в Вене (рис. 12.2).

12.2 Картография в эпоху средневековья

После падения Римской империи и образования новых государств на смену рабовладельческому строю в Европе приходит феодальный. Начинается тысячелетний период мировой истории, который принято называть эпохой средневековья, длившейся с V в. примерно до середины XV в. (временные рамки, ограничивающие эту эпоху, условны). Эта эпоха характеризовалась распространением натурального хозяйства, замкнутостью феодальных владений, почти лишенных связи с внешним миром, и господством церкви, которая преследовала научные идеи и представления античного мира о шарообразности Земли. Картография в эпоху раннего средневековья, как, в прочем, и другие науки, пришла в упадок. Основным видом картографических произведений в этот период стали так называемые *монастырские карты*, служившие иллюстрациями к богословским трудам и дающие религиозные представления о мире и библейских мифов. На таких картах в центре располагался Иерусалим, на востоке — рай.

В отличие от Европы в ряде стран Азии (Армения, Индия, Китай) картография и география все же достигли определенных успехов. Переведенные труды Птолемея сыграли в этом важную роль. Карты арабских и армянских ученых отличались большей реалистичностью по сравнению с европейскими монастырскими картами. А карты арабских географов превосходили даже карты Птолемея в отношении изображения картины мира.

В период позднего средневековья некоторый подъем в развитии картографии намечается и в Европе. Это было связано в первую очередь с бурным развитием торговых отношений между Востоком и Западом по Средиземному и Черному морям. К концу XIV в. появились специальные морские карты — *портоланы*, особенностью которых являлось наличие на них линейного масштаба и специальных компасных линий (рис. 12.3). Это позволяло не только ориентироваться в пути, но и измерять расстояния.

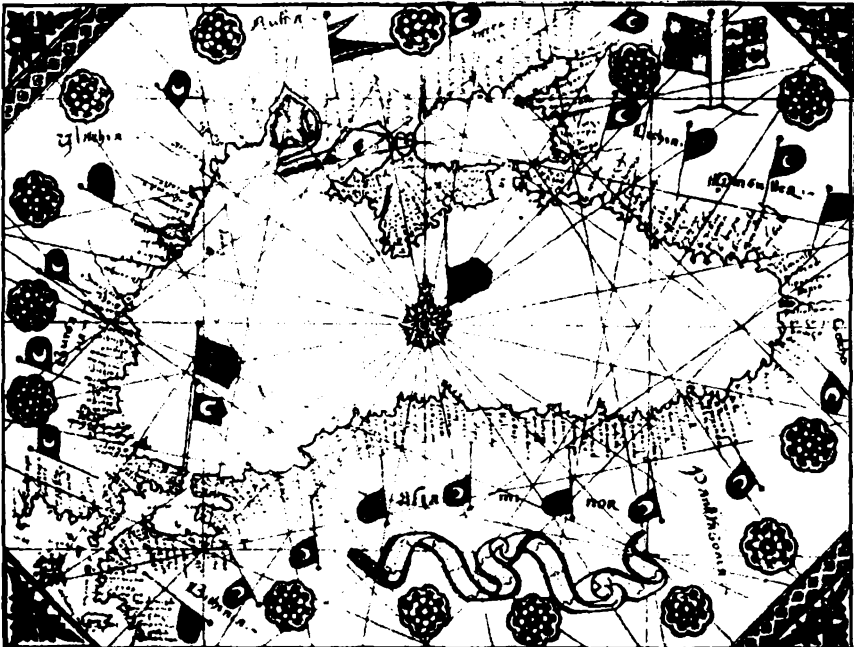


Рис. 12.3. Портолан Черного моря, изготовленный в середине XVI в. (с уменьшением)

Портоланы давали подробное изображение береговой линии морей. На них выделялись прибрежные острова, мысы, бухты, порты. Однако с развитием мореплавания в других акваториях эти компасные карты не могли уже удовлетворять потребности и они были заменены сначала глобусами (XV в.), а затем морскими картами, позволяющими определять местоположение корабля по географическим координатам.

12.3 Картография эпохи Возрождения

По сравнению с эпохами Древнего мира (около 5000 лет) и средневековья (около 1000 лет) Возрождение, охватившее около трех столетий (XIV—XVI вв.) представляется очень кратким периодом времени мировой истории. Однако по количеству гениальных произведений искусства, научных достижений Возрождение не уступает предшествовавшим этапам. Не стала исключением и картография. Во второй половине XV в. картография процветала в богатых итальянских городах, затем во второй половине XVI в. центром западноевропейской картографии становятся

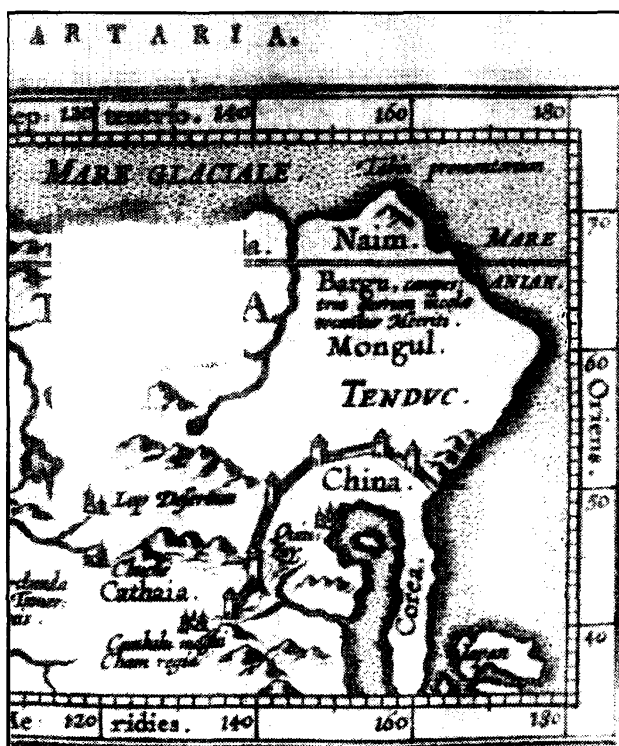


Рис. 12.4. Фрагмент карты «Тартария» из атласа А. Ортелия (конец XVI в.)

Нидерланды. Город Антверпен после изобретения книгопечатания становится крупнейшим центром картографического производства. Здесь получают распространение систематические собрания карт, выполненные по аналогии с собранием карт Птолемея. Получило широкую известность неоднократно переиздававшееся в Амстердаме собрание карт *Авраама Ортелия* (1570 г.) под названием «Обозрение шара земного» (рис. 12.4, 12.5).

Огромное влияние на развитие картографии и географии оказали Великие географические открытия XV—XVI вв. и путешествия Васко да Гама, Колумба, Магеллана и др. Благодаря им уточнялись и исправлялись карты, составленные Птолемеем.

Неоценимую роль в развитии картографии XVI в. сыграл фламандский картограф *Герард Меркатор*. Меркатор проанализировал имеющиеся в то время картографические материалы и создал собрание карт, названное им «Атласом». С тех пор для собраний карт подобного рода употребляется такое название. Атлас Меркатора отвечает практически всем требованиям, предъявляемым к таким картографическим произведениям современной картографии. Вслед за первым атласом в Амстердаме выходят и другие. Они представляют собой объемные многотомные картографические произведения, содержащие помимо карт географические и исторические описания. Начинают также выходить первые атласы специального содержания и назначения. Среди них большое распространение получил неоднократно переиздававшийся двухтомный морской навигационный *атлас Вагнера* (1585 г.).

Неоценима роль Меркатора в области математической картографии. Он разработал несколько картографических проекций, а его равноугольная цилиндрическая проекция, в которой линии равных курсов изображаются в виде прямых, с тех пор применяется для мореплавания.

12.4 Картография XVII—XVIII вв.

Вслед за примерно трехсотлетним периодом эпохи Возрождения наступает XVII век, ставший одним из значительных этапов развития картографического дела. В это время возникает потребность в более точных картах на территории сформировавшихся в XVI в. крупных феодальных государств. С этой целью

в ряде стран Европы начинают проводить крупномасштабные съемки. Правда, проводились они первоначально с помощью простейших инструментов — компаса, мерного шнура и колеса по дорогам. Положение объектов определялось на глаз. Вследствие этого карты на основе таких измерений были весьма схематичны и не отличались точностью.

Изобретение Галилеем астрономической зрительной трубы (1609 г.) было заимствовано для создания геодезических угломерных и дальномерных инструментов. Первые градусные измерения были произведены в 1616 г. голландским ученым Снеллиусом на основе изобретенного им способа триангуляции. Метод триангуляции позволил вычислить длины дуг меридианов и определить координаты пунктов геодезической сети. К этому же времени была изобретена мензула. Все это создало предпосылки для создания более точных топографических карт, карт на геодезической основе.

В XVIII в. триангуляционные работы уже носят плановый государственный характер. Организуются экспедиции в разные широты Земли с целью установления истинной фигуры Земли. На основе измерения длины дуги Парижского меридиана вводится новая мера длины — метр (1:10 000 000 часть четверти Парижского меридиана).

В это же время совершенствуются способы изображения элементов содержания карт. В частности, происходит переход от перспективного изображения рельефа сначала к штриховому, а затем к изображению его горизонталями.

12.5 Картография России

Русская картография имеет свои специфические черты. Географическое и картографическое изучение страны было существенно задержано в период татаро-монгольского нашествия. Положение изменилось лишь после образования централизованного Русского государства в конце XV в.

Первые географические описания славянских земель и племен можно найти в трудах летописцев XI—XII вв. и велись они не по княжествам, а по рекам. Дальнейшее изучение Руси отражено в дорожных и межевых книгах.

Потребность изучения страны вызвало необходимость создания карт на различные ее территории, которые в те времена

назывались *чертежами*. Составление таких чертежей всячески поощрялось государством и осуществлялось служилыми людьми, казаками, промышленниками непосредственно в полевых условиях. К сожалению, сами чертежи были утрачены, но остались



Рис. 12.5. Фрагмент исторической карты на часть территории нашей страны, составленной в 1595 г. А. Ортелием

их описи, по которым можно судить о картографической изученности государства того времени. В XV и XVI вв. в России уже имелись многочисленные достаточно подробные планы городов и пограничных крепостей, границ с соседними территориями и менее подробные схематичные чертежи внутренних обширных районов страны. Первая же сводная карта Русского государства была составлена лишь в начале XVI в.

Величайшим достижением русской картографии XVI в. явился «*Большой Чертеж всему Московскому государству*», представлявший собой по существу обзорную карту на обширную территорию до Оби. В 1627 г. «*Большой Чертеж...*» был изготовлен вновь и к нему была написана «*Книга Большому Чертежу*», которая давала подробное географическое описание государства. «*Большой Чертеж...*», к сожалению, был утрачен, но «*Книга...*» сохранилась в нескольких копиях. Судя по ней, на «*Большом Чертеже...*» были подробно изображены населенные пункты, речная сеть, дороги центральной части. С меньшей точностью и детальностью даны на нем окраинные части и только что присоединившаяся к Русскому государству Западная Сибирь.

Освоение Сибири русскими землепроходцами сопровождалось составлением географических описаний и чертежей посещаемых и осваиваемых ими земель и поселений. Многочисленны описи и чертежи в воеводских канцеляриях крупных сибирских городов (Тобольск, Иркутск и др.). На их основе в 1667 г. тобольским воеводой П. Годуновым была создана первая сводная карта всей Сибири, наглядно отразившая территорию Русского государства на ее обширной восточной территории.

Особого внимания заслуживает первый русский географический атлас — «*Чертежная Книга Сибири*», состоящий из 23 карт большого формата. «*Чертежная Книга Сибири*» (рис. 12.6) была составлена уроженцем Тобольска Семеном Ремезовым вместе со своими сыновьями в 1701 г. Масштабы карт «книги» не обозначены. Однако о них можно судить по указанным в отдельных частях карт расстояниям.

Дошли до нас и два других сборника карт С.У. Ремезова, в которых помимо карт включены описания и рисунки характерных местностей и жителей Сибири.

По сравнению с картами, издаваемыми в Западной Европе, карты Ремезова отличаются в первую очередь детальностью и более разносторонней характеристикой природных особенностей,



Рис. 12.6. Часть общей карты Сибири из «Чертежной Книги Сибири» С. Ремезова (1701 г.). Ориентировка на юг

наличием сведений этнографического, хозяйственного и военно-политического значения. Труды Ремезова считаются вершиной русской картографии *допетровских* времен.

Эпоха Петра I привнесла в картографию колоссальные преобразования и самым основным из них стало профессиональная подготовка кадров для производства картографических работ. Сначала эти кадры готовились в Московской школе математических и навигационных наук, затем в Морской академии в Санкт-Петербурге. Созданная в 1724 г. по указу Петра I Академия наук России принимает непосредственное участие в съемках страны. Подготовленные геодезисты проводили съемки по уездам. Далее уездные карты отправлялись в Сенат.

Академией наук, ее географическим департаментом был подготовлен и первый полный Атлас страны, знаменитый «Атлас Рос-сийский», в создании которого принимал участие Леонард Эйлер.

С момента основания Географического департамента, во главе которого стоял великий русский ученый М.В. Ломоносов, все основные картографические работы в XVIII в. проводятся этим департаментом.

С целью «поправления Российского атласа» Ломоносовым было организовано множество экспедиций, в состав которых обязательно входили геодезисты. Их задачей был сбор картографических (и не только) материалов и создание карт. Геодезисты внесли свой вклад в исследования Сибири, Средней Азии, Дальнего Востока, Камчатки, Северного Ледовитого и Тихого океанов.

В 1765 г. в России по указу Екатерины II начинается *генеральное межевание* страны — установление и съемка границ по селам, деревням и пустошам с целью закрепления границ земельных владений дворянства. Проводилось межевание путем угломерных съемок с помощью *астролябии*. Длины измерялись мерной цепью.

Межевание России продолжалось до середины XIX в. Однако, вне его остались Сибирь, большая часть Архангельской области, а также западная и юго-западная окраины страны. Результаты работ огромного штата землемеров из армейских офицеров послужили исходными материалами для создания планов в масштабе 1:8 400. По ним в дальнейшем были составлены и изданы атласы отдельных губерний, и затем сводный атлас 42 губерний с генеральной картой России. По материалам межевания в начале XIX в. была также создана первая государственная многолистная карта в масштабе 1:840 000.

К концу XVIII в. в стране резко возрастает потребность в детальных и точных картах для военных целей. Это вызвало необходимость организации при Военном министерстве специального учреждения — Депо карт (в 1812 г. оно преобразовывается в Военно-топографическое Депо). С 1816 г. Военно-топографическое Депо приступает к работам по созданию триангуляционной сети, а в 1819 г. уже начинаются крупномасштабные съемки на полученной геодезической основе.

Самой известной топографической картой, созданной на геодезической основе, является *трехверстная (1:126 000) карта Европейской России*. Рельеф на карте еще изображался способом штрихов. Однако для большей объективности передачи рельефа равнинной части территории была разработана особая шкала штрихов.

В XIX в. начинает развиваться тематическая картография. Этому во многом способствовали успехи и достижения в естественно-географических областях знаний. Большое теоретическое и практическое значение имели работы В.В. Докучаева по

почвоведению и, в частности, разработанная им генетическая классификация почв. Высокое признание получила *гипсометрическая карта Европейской России*, созданная выдающимся картографом А.А. Тилло. Она обеспечила правильное представление о строении рельефа этой обширной территории. Основанный в 1882 г. Геологический комитет обеспечил геологическое картографирование страны. Несколько раньше появились социально-экономические карты России (Карта промышленности Европейской России — в 1842 г., Хозяйственно-статистический атлас Европейской России — в 1851 г.). Много сделал для составления и издания карт экономики и населения России выдающийся географ XIX в. П.П. Семенов-Тянь-Шанский.

Положительную роль в развитии картографии XIX в. сыграли географические общества, в том числе Русское географическое общество, созданное в 1845 г. Многочисленные экспедиции, организованные им, доставляли ценнейшие материалы, которые использовались для создания различных карт и атласов.

В послереволюционное время в России была поставлена задача обеспечения народного хозяйства современными и точными картами. Образовывается высшее геодезическое управление геодезии и картографии (в дальнейшем Главное управление геодезии и картографии — ГУГК при Совете Министров), происходит становление специального топографо-геодезического образования страны.

С 1923 г. для топографических карт были закреплены стандартные *метрические* масштабы, система разграфки и номенклатуры листов, принята единая картографическая проекция, введена единая система плоских координат и условных знаков для всех топографических карт. В начале 40-х годов завершаются измерения и вычислительные работы по определению параметров эллипсоида под руководством Ф.Н. Красовского.

В предвоенные годы проводятся серьезные работы по математической картографии. Неоценима заслуга в разработке картографических проекций для карт СССР и других территорий Т.Д. Салмановой, М.Д. Соловьева, В.В. Каврайского, Ф.Н. Красовского и др.

В эти же годы был создан ряд капитальных научно-справочных атласов СССР и мира, составивших славу отечественной картографии. Среди них огромный интерес представляет Большой Советский Атлас Мира (БСАМ).

В эти же годы в специально созданном научно-исследовательском институте геодезии аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК) активно ведутся разработки вопросов школьной картографии. Используя результаты исследований ЦНИИГАиК, начиная с 1938 г. отечественная картографическая промышленность выпускает школьные карты и атласы для различных школьных курсов географии и истории.

Не приостанавливались работы по созданию топографических карт и во время Великой Отечественной войны. Изданные в те годы карты обеспечивали не только нужды народного хозяйства, но и широко использовались в военных целях.

В послевоенные же годы перед отечественной картографической службой встала задача по обновлению топографических карт и восстановлению практически разрушенной геодезической опорной сети. Огромная роль в решении этих сложных и трудоемких задач принадлежит аэрофотосъемке. Результатом работы явилось завершение к середине 50-х годов сплошного картографирования всей территории страны в масштабе 1:100 000. Одновременно проводились съемки и в более крупных масштабах, на основе которых создавались обзорно-топографические карты (1:200 000, 1:500 000 и 1:1 000 000).

В послевоенные годы большие успехи были достигнуты и в тематической картографии. Созданные в этот период геологические (1:200 000 и 1:1 000 000), почвенные (1:1 000 000) и гипсометрическая карты СССР (1:2 500 000) представляли собой произведения государственного значения. А изданная уникальная серия стенных карт СССР в масштабе 1:4 000 000, предназначенных для высших учебных заведений (геологическая, тектоническая, геоморфологическая и др.) до сих пор является образцом при разработке содержания и оформлении карт родственных по тематике карт.

Среди атласов, созданных в 60-е — начале 70-х годов и до сих пор пользующихся спросом, следует отметить *Морской атлас*, *Физико-географический Атлас Мира* (ФГАМ), *Атлас океанов* и др.

Весомый вклад в развитие тематического экономико-географического картографирования внес основатель отечественной экономической картографии Н.Н. Баранский (1881—1963). В своих трудах, опубликованных в 30-е годы, он сформулировал основные принципы разработки содержания и анализа экономических карт, которые остаются до сегодняшнего времени актуальными

и используются при создании карт и атласов данной тематики. Н.Н. Баранский придавал огромное значение географической карте в научном географическом исследовании. Роль и значение карты в географии определена в его высказывании: карта — «альфа и омега географии», с нее начинается и ею заканчиваются географические исследования.

Послевоенный период отечественной картографии характеризуется развитием *комплексного картографирования* путем создания серий взаимосвязанных тематических карт на единой географической основе, дающих разностороннюю, комплексную характеристику картографируемой территории.

Среди атласов послевоенного периода, удачно использовавшим принципы комплексного картографирования, особо следует отметить *Географический атлас для учителей средней школы*, первое издание которого было осуществлено в 1954 г. Этот атлас неоднократно переиздавался и до настоящего времени широко применяется не только как справочное пособие учителями географии средней школы, но и как учебное пособие при обучении студентов географической специальности в педагогических (и не только) вузах.

Разработанные принципы комплексного картографирования были положены также в основу *региональных научно-справочных и краеведческих атласов*, которые дают разностороннюю характеристику территории — ее природы, населению, хозяйству и культуре.

Успехами отечественная картография во многом обязана теоретическим разработкам выдающегося ученого-картографа, организатора картографического образования, *К.А. Салищева*. Обобщающие теоретические труды К.А. Салищева составляют фундамент отечественной географической картографии, которую он определил как «системное картографирование природных и социально-экономических комплексов».

Большая заслуга в развитии современной картографии принадлежит А.М. Берлянту, А.А. Лютому, А.В. Гедымину, И.П. Заруцкой и др.

Практическая картография новейшего времени характеризуется бурным развитием тематических направлений. Поставленные на повестку дня глобальные проблемы современности, и в частности, экологическая, охраны окружающей среды, рационального землепользования и другие нашли свое отражение в картографических произведениях — картах, сериях карт и атласах. Наиболее

значительным фундаментальным произведением подобного рода является атлас «Природа и ресурсы мира», созданный Институтом географии Российской академии наук в 1999 г.

Отличительной чертой картографии XX и начала XXI в. является также дальнейшее развитие ее теоретических основ, разработка новых и уточнение ранних научных концепций. В XX в. в картографии оформились несколько теоретических концепций: *познавательная* (Баранский, Салищев, Гедымин, Исаченко и др.), *коммуникативная*, языковая (Лютый, Асланикашвили и др.). Возникли и другие теоретические построения, сочетающие разные точки зрения на картографию. Такова *метакартография*, разработанная А.Ф. Асланикашвили. Существование различных концепций (различных точек зрения на картографию) свидетельствует о разнообразии функций карты. В современной картографии наблюдается сближение разных точек зрения на предмет картографии и карту. Карта уже рассматривается и как модель действительности и как канал передачи пространственной информации и как особый язык географии и других наук о Земле.

Для современной картографии особое значение стали иметь технологии оперативного картографирования. Появились новые методы, технологии, направления картографирования, которые привели к возникновению новых типов картографических произведений. Картография стала тесно взаимодействовать с аэрокосмическим зондированием, геоинформатикой и телекоммуникацией. В результате этого тесного сотрудничества появились электронные карты и атласы, анимации, трехмерные картографические модели, которые наряду с традиционными картами широко используются географами, геологами, экологами и другими специалистами в науках о Земле в исследованиях. В конце XX в. формируется новая геоинформационная концепция, согласно которой картография — это наука об информационно-картографическом моделировании и познании геосистем. Карта же рассматривается как образно-знаковая геоинформационная модель действительности.

Появление большого числа новых графических моделей Земли (электронных карт, дистанционных изображений разного вида, мультимедийных и виртуальных, фотокарт) вызвало потребность единого теоретического осмысления их свойств и формирования общей теории геоизображений, основой которой является картография.

ЛИТЕРАТУРА

Учебники и учебные пособия

Берлянт А.М. Картографический метод исследования. 2-е изд. М., 1988. — 252 с.

Берлянт А.М. Картография: Учебник для вузов. М., 2001. — 336 с.

Бугаевский Л.М. Математическая картография: Учебник для вузов. М., 1998. — 400 с.

Востокова А.В. Оформление карт. М., 1985. — 200 с.

Востокова А.В., Кошель С.М., Ушакова Л.А. Оформление карт. Компьютерный дизайн. М., 2002. — 288 с.

Грюнберг Г.Ю. Картографические понятия в школьной географии. Пособие для учителей. М., 1979. — 95 с.

Заруцкая И.П., Сваткова Т.Г. Проектирование и составление карт. Общегеографические карты. М., 1982. — 208 с.

Заруцкая И.П., Красильникова Н.В. Проектирование и составление карт. Карты природы. М., 1989. — 206 с.

Картография с основами топографии: Учеб. пособие для студентов пед. институтов / Под ред. Г.Ю. Грюнберга. М., 1991. — 368 с.

Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС: Учеб. пособие. Петрозаводск, 1995. — 148 с.

Курошев Г.Д. Геодезия и картография: Учебник. СПб., 1999. — 372 с.

Лурье И.К. Геоинформатика. Учебные геоинформационные системы: Учеб.-метод. пособие. М., 1997. — 115 с.

Салищев К.А. Картография. 3-е изд. М., 1982. — 272 с.

Салищев К.А. Картоведение. 3-е изд. М., 1990. — 400 с.

Сератинас Б.Б. Основы спутникового позиционирования. М., 1998. — 180 с.

Монографии

Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация. М., 1986. — 240 с.

Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. М., 1997. — 64 с.

Бочаров М.К. Основы проектирования систем картографических знаков. М., 1966. — 186 с.

Гусейн-Заде С.М., Тихунов В.С. Анаморфозы: что это такое? М., 1999.

Кошкарев А.В., Тихунов В.С. Геоинформатика. М., 1993. — 213 с.

Кусов В.С. Картографическое искусство Русского государства. М., 1989. — 96 с.

Лютый А.А., Казанцев Н.Н., Платэ А.Н., Суворов А.К. Проектирование систем знаков тематических карт. М., 1986. — 239 с.

Лютый А.А. Язык карты: сущность, система, функции. М., 1988. — 292 с.

Поспелов Е.М. Топонимика и картография. М., 1971. — 256 с.

Постников А.В. Развитие картографии и вопросы использования старых карт. М., 1985. — 216 с.

Халугин Е.И., Жалковский Е.А., Жданов Н.Д. Цифровые карты. М., 1992. — 419 с.

Справочники

Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины / Гл. ред. А.Ф. Трешников. М., 1988. — 432 с.

Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Под. ред. А.М. Берлянта, В.С. Кошкарева. М., 1999. — 204 с.

Справочник по картографии / А.М. Берлянт, А.В. Гедымин, Ю.Г. Кельнер и др. М., 1988. — 428 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Картография	5
1.1. Предмет и структура картографии	5
1.2. Картография в системе наук	7
1.3. Карта: термин и определение	9
1.4. Элементы географической карты	9
1.5. Теоретические концепции в картографии	11
1.6. Классификация карт	12
Глава 2. Математическая основа карт	20
2.1. Геодезическая основа	20
2.2. Масштабы карт	24
2.3. Искажения на картах	26
2.4. Картографические проекции	31
2.5. Классификации проекций	31
2.6. Цилиндрические проекции	33
2.7. Конические проекции	38
2.8. Азимутальные проекции	41
2.9. Поликонические проекции	49
2.10. Условные проекции	50
2.11. Распознавание проекций	54
2.12. Выбор проекций	55
Глава 3. Язык карты	58
3.1. Структура языка карты. Условные знаки	58
3.2. Значковый способ изображения	62
3.3. Способ линейных знаков	68
3.4. Способ знаков движения	68
3.5. Способ изолиний	69
3.6. Качественный и количественный фон	73
3.7. Способ ареалов	76
3.8. Точечный способ	78
3.9. Локализованные диаграммы	80
3.10. Картограмма	83
3.11. Картодиаграмма	88
3.12. Совместное применение различных способов изображения	91

3.13. Надписи на географических картах	95
3.14. Названия на географических картах. Формы передачи иноязычных названий	98
Глава 4. Картографическая генерализация	102
4.1. Сущность и факторы картографической генерализации	102
4.2. Виды генерализации	105
4.3. Геометрическая точность картографической генерализации	110
Глава 5. Общегеографические карты	113
5.1. Содержание крупно- и среднемасштабных общегеографических карт	113
5.2. Содержание обзорных общегеографических карт	130
Глава 6. Система картографических произведений	137
6.1. Серии карт	137
6.2. Географические атласы	142
6.3. Анализ атласов	147
Глава 7. Система картографических произведений для образования	149
7.1. Школьные карты. Роль географической карты в обучении географии	149
7.2. Особенности школьных карт	150
7.3. Классификация школьных карт	151
7.4. Школьные географические атласы	154
7.5. Глобусы и другие картографические произведения для школы	154
Глава 8. Использование карт	158
8.1. Картографический метод исследования	158
8.2. Информативные свойства географических карт	161
8.3. Основные способы анализа географических карт	162
8.4. Описания по картам	163
8.5. Графические приемы анализа карт	165
8.6. Графоаналитические приемы анализа карт. Картометрия и морфометрия	174
8.7. Измерение длин линий по картам	174
8.8. Измерение площадей и объемов	180
8.9. Определение прямоугольных и географических координат	185
8.10. Измерение горизонтальных углов	191
8.11. Определение морфометрических показателей	198
8.12. Математико-картографическое моделирование	202
Глава 9. Исследования по картам	210
9.1. Работа с отдельной картой	210
9.2. Преобразование картографического изображения. Виды преобразований	210

9.3. Работа с сериями карт и атласами	219
9.4. Исследования по разновременным картам	220
9.5. Надежность исследований по картам. Источники ошибок	222
9.6. Ошибки измерений	223
9.7. Ошибки грамматики языка карт	227
Глава 10. Геоинформационное картографирование	234
10.1. Географические информационные системы	234
10.2. Составные части ГИС	235
10.3. Организация информации в ГИС	237
10.4. Возможности ГИС	240
Глава 11. Создание карт	243
11.1. Методы создания карт	243
11.2. Геодезические опорные сети	244
11.3. Плановые съемки	252
11.4. Теодолитная съемка	256
11.5. Высотные съемки	263
11.6. Геометрическое нивелирование	265
11.7. Тригонометрическое нивелирование	270
11.8. Физическое (барометрическое) нивелирование	273
11.9. Плано-высотные съемки	275
11.10. Современные методы наземных съемок	282
11.11. Дистанционные методы съемок (дистанционное зондирование)	285
11.12. Аэрофототопографическая съемка	286
11.13. Свойства аэрофотоснимков	290
11.14. Создание карт по аэрофотоснимкам	291
11.15. Дешифрирование аэрофотоснимков	293
11.16. Космическая съемка	297
11.17. Дешифрирование космических снимков	300
11.18. Создание мелкомасштабных карт	304
11.19. Современные технологии создания карт	310
Глава 12. История географической карты	315
12.1. Картографические рисунки Древнего мира	315
12.2. Картография в эпоху средневековья	318
12.3. Картография эпохи Возрождения	320
12.4. Картография XVII—XVIII вв.	321
12.5. Картография России	322
Литература	331

Учебное издание

Фокина Любовь Андреевна

КАРТОГРАФИЯ С ОСНОВАМИ ТОПОГРАФИИ

*Учебное пособие для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 050103 (032500) «География»*

Зав. редакцией **С.В. Платонов**

Редактор **М.В. Постникова**

Зав. художественной редакцией **И.А. Пшеничников**

Художники **В.Е. Филиппов, Ю.А. Кушель**

Компьютерная верстка **А.И. Попов**

Корректор **Т.Я. Кокорева**

Отпечатано с диапозитивов, изготовленных
ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС».

Лицензия ИД № 03115 от 10.11.2000.

Санитарно-эпидемиологическое заключение

№ 77.99.03.953.Д.004993.08.05 от 16.08.2005.

Сдано в набор 10.12.04. Подписано в печать 05.04.05.

Формат 60×90/16. Печать офсетная. Бумага газетная. Усл. печ. л. 21,00.

Тираж 5 000 экз. Заказ № А-673

Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС.

119571, Москва, просп. Вернадского, 88,

Московский педагогический государственный университет.

Тел. 437-11-11, 437-25-52, 437-99-98; тел./факс 735-66-25.

E-mail: vlados@dol.ru

<http://www.vlados.ru>

ОАО ПИК «Идел-Пресс».

420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Декабристов, 2.