

В. С. ЮЖАНИНОВ

КАРТОГРАФИЯ С ОСНОВАМИ ТОПОГРАФИИ

Допущено
учебно-методическим
объединением вузов
Российской Федерации
по педагогическому образованию
в качестве учебного пособия
для студентов географических факультетов
педагогических университетов



Москва
«Высшая школа»
2001

УДК 528.9
ББК 26.1
Ю 17

Рецензенты:

кафедра физической географии и геологии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена (зав. кафедрой проф. **Г.И. Юренков**, доц. **В.Н. Кирюшкин**) и кафедра картографии Санкт-Петербургского государственного университета (зав. кафедрой доц. **Г.Д. Курошев**, доц. **О.А. Павлова**)

ISBN 5-06-004154-9

© ГУП «Издательство «Высшая школа», 2001

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа», и его репродуцирование (воспроизведение) без согласия издательства запрещается.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие написано в соответствии с программой курса «Картография» и отражает основные теоретические и практические вопросы геодезии, топографии, картографии, доступные для успешного и быстрого усвоения материала.

Основная цель книги — формирование у студентов картографических знаний, необходимых в работе с географическими картами и другими географическими произведениями в школе, научных исследованиях, практической работе.

В пособии представлен комплекс практических задач, которые дают возможность студентам и учителям-географам самостоятельно их решать, используя приведенные примеры. Для удобства начало и конец задачи отмечены в тексте светлыми треугольниками Δ и ∇ соответственно. Комплексу практических задач предшествует теоретический материал, общие вопросы курса рассмотрены в начале каждой части пособия.

Автор стремился максимально кратко и доходчиво изложить материал, проведя тщательный отбор главного основополагающего содержания от второстепенного.

Выражаю искреннюю благодарность коллективу кафедры физгеографии и геологии РГПУ им. А.Н. Герцена и кафедры картографии Санкт-Петербургского университета (проф. Г.И. Юренкову, доц. Г.Д. Курошеву, О.А. Павловой, В.Н. Кирышкину и др.) за полезные критические замечания по содержанию книги.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Геодезия — наука, изучающая фигуру и размеры Земли, разрабатывающая методы создания координатных систем для изучения земной поверхности и проведения на ней методов различных измерений, необходимых для наблюдений за движениями и деформациями земной коры, для установления высоты и разностей уровней морей и океанов, изучения дрейфов полюсов Земли, решения различных инженерных задач строительства.

Топография — наука, изучающая географическое и геометрическое состояние земной поверхности путем создания топографических карт на основе наземных, воздушных и космических съемок. Основные научные и практические задачи топографии заключаются в разработке и совершенствовании методов создания топографических карт, способов изображения на них объектов природы и человеческой деятельности, в использовании карт для решения научных и практических задач. Топография поставляет первичные топографические карты как основной исходный источник для создания географических карт.

Картография — наука об отображении и исследовании явлений природы и общества, их размещения, свойств, взаимосвязей и изменений в пространстве и времени посредством картографических изображений (*К.А. Салищев*). Или картография — это наука о географических картах и других картографических произведениях, о методах их создания и использования.

Изучением картографии являются географические карты, атласы, глобусы, карты небесных тел, рельефные карты и другие пространственные модели местности. С самого начала изучения курса «Картография» следует глубоко осмыслить полное, емкое определение географической карты, данное выдающимся ученым-картографом К.А. Салищевым.

Географическая карта — это уменьшенное, обобщенное, условное, значковое изображение земной поверхности на плоскости, построенное по определенным математическим законам, показывающее размещение, свойства и связи явлений природы и общества и представляющее собой особое средство познания, которое позволяет одновременно

их обзирать, оценивать их взаиморасположение и сопоставлять в пространстве их свойства.

Картография подразделяется на ряд картографических дисциплин: математическая картография, картоведение, редактирование и составление карт, картографическая информатика, картометрия, тематическое картографирование, издание карт, организация и экономика картографического производства.

Математическая картография изучает и разрабатывает математическую основу карт, теорию картографических проекций, т. е. способы изображения эллипсоидальной (шаровой) поверхности Земли на плоскости (карте).

Картоведение изучает теорию географических карт, их свойства, историю развития и способы их использования.

Редактирование и составление карт разрабатывает способы камерального создания оригиналов карт и методику научно-технического руководства картографическими работами.

Картографическая информатика решает задачи классификации карт, анализа, учета, хранения, обеспечения.

Тематическое картографирование определилось сравнительно недавно. Все большее использование карт в практической деятельности общества привело к их дифференциации. Появились карты, посвященные какой-то определенной тематике, содержанием которой являются элементы, отсутствующие на общегеографических картах, но передающие их с особенно полной и своеобразной характеристикой, необходимой для целей потребителя. Это тематические карты. Тематическое картографирование подробно описано в пособии.

Издание карт изучает и разрабатывает методы и технологию полиграфического размножения и воспроизводства карт. Издание карт в условиях современного картографического производства читатель найдет в настоящем пособии.

Организация и экономика картографического производства изучает и разрабатывает методы планирования и оперативного руководства производственно-хозяйственной деятельностью сложного картографического производства.

Картография неразрывно связана с геодезией, топографией, аэрофотограмметрией и другими науками о природе и обществе. Трудно отдать предпочтение какой-либо науке, которая не нуждалась бы в картографической форме выражения своих исследований, будь это геология, ботаника, почвоведение, зоология, история, математика, медицина. Закономерность связей не нуждается в детальных пояснениях, достаточно сказать главное: картография широко использует научные знания других наук и выражает их в содержании тематических или специальных карт. Другие науки, используя картографический метод исследования, постоянно совершенствуются в своих научных познаниях.

Следует отметить наиболее тесные связи картографии с науками о Земле (географией, геологией, почвоведением, ботаникой, зоологией) и другими точными науками (математикой, фотограмметрией, физикой). Значение картографии для науки и практики трудно переоценить. Только картография обеспечивает потребности народного хозяйства самыми разнообразными и ценнейшими картографическими произведениями, без которых немислимо его развитие.

Географические карты являются ценнейшим накопителем информации о всех природных и социальных процессах, происходящих на местности от локального участка до поверхности Земли в целом. Они создают пространственный образ отображаемых явлений, показывают их сочетание, взаимосвязи, особенности, закономерности размещения.

Из многообразия направлений практического использования географических карт следует выделить главные: общее ознакомление и изучение территорий по картам, ориентирование по картам — на суше и океане, в походах и экспедициях, при движении войск, транспорта и т. д., в качестве инженерного проектирования в строительстве путей сообщения, трубопроводов, атомных станций, для разработки планов развития экономики и культуры, освоения территории, их целенаправленного преобразования. Карты необходимы при разведке и эксплуатации природных богатств, планировании и размещении производительных сил, для отображения результатов научных исследований и практической деятельности географии, геологии и других наук о Земле. Внедрение в современную науку методов картографического моделирования открыло географической карте как модели изучаемых явлений, широкую возможность выступать в качестве средства исследований географических закономерностей глобального масштаба и как модели, заменяющей реальные явления.

Часть 1

ОСНОВЫ ТОПОГРАФИИ И ГЕОДЕЗИИ

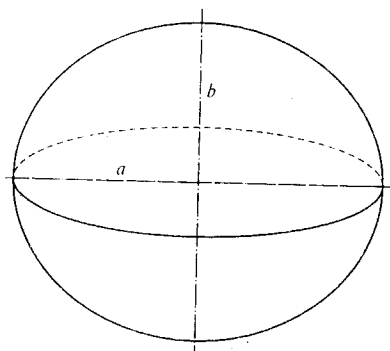
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Фигура и размеры Земли. Геоид. Эллипсоид Ф.Н. Красовского

Поверхность Земли, представляющую сложное сочетание неровностей суши и океанов, называют *физической* или *топографической поверхностью*. На форме Земли существенно сказалось ее вращение вокруг своей оси. Разная удаленность приэкваториальных и приполярных ее частей от оси вращения образуют и разную по величине центробежную силу. В этом случае Земля должна была приобрести форму эллипсоида вращения с малой осью, совпадающую с земной осью. Однако на форме Земли сказалось также влияние силы тяжести, ввиду неравномерного распределения масс, составляющих земную кору, что вызвало отклонения направления силы тяжести в разных ее точках от направления к центру Земли.

За наиболее приближенную фигуру Земли принимают фигуру, определяемую урванной поверхностью Мирового океана в состоянии полного покоя и равновесия и мысленно продолженной под материками, которая называется *геоидом* (землеподобный). Поверхность геоида не является геометрически правильной фигурой, так как внутреннее строение Земли неоднородно и направление силы тяжести не совпадает с направлениями при однородном строении Земли. Поэтому урванная поверхность, оставаясь в каждой точке перпендикулярной отвесным линиям, приобретает сложную, изменяющуюся, неправильную геометрическую форму.

Наиболее близкой геометрической фигурой к геоиду является земной эллипсоид. *Эллипсоидом* называется фигура, образованная вращением эллипса вокруг его малой оси. Малая ось эллипсоида совпадает с полярной осью Земли. Нормали эллипсоида и отвесные линии геоида не совпадают и образуют угол в точках Земли (уклонение отвесной



Р и с . 1.1. Эллипсид Ф.Н. Красовского

линии). Среднее значение уклонения 3—4". Размеры земного эллипсоида выводились неоднократно различными учеными на основании результатов астрономо-геодезических и гравиметрических работ. В разных странах для вычисления своих триангуляций (метод определения координат геодезических пунктов) используют различные эллипсоиды (табл. 1.1). Например, в США — эллипсоид Кларка 1886 г., во Франции — эллипсоид Кларка 1880 г., в Финляндии — эллипсоид Хейфорда, в России до 1942 г. — эллипсоид Бесселя и т. д.

Эллипсоид Ф.Н. Красовского. В 30-х годах под руководством Ф.Н. Красовского в ЦНИИГАиК была начата обработка материалов советских и зарубежных триангуляций с целью получить новые более точные размеры эллипсоида. Новые размеры земного эллипсоида получены в 1940 г. При этом были использованы результаты больших астрономо-геодезических измерений в СССР совместно с данными определений силы тяжести, а также результаты работ США и Западной Европы. Новому эллипсоиду дано наименование *эллипсоида Ф.Н. Красовского* (в апреле 1946 г.) для проведения всех геодезических работ в стране (рис. 1.1).

Таблица 1.1. Эллипсоиды других стран

Автор	Год	Экваториальная полуось, м	Полярное сжатие α
Деламбер	1800	6 375 653	1 : 334,0
Вальбек	1819	6 376 896	1 : 302,8
Бессель	1841	6 377 397	1 : 299,2
Теннер	1844	6 377 096	1 : 302,5
Кларк	1866	6 378 206	1 : 295,0
Гельмерт	1907	6 378 200	1 : 298,3
Листинг	1880	6 378 249	1 : 293,5
Кларк	1880	6 377 365	1 : 289,0
Хейфорд	1910	6 378 388	1 : 297,0
Хейсканен	1929	6 378 400	1 : 298,2
Красовский	1936	6 378 210	1 : 298,6
Красовский	1940	6 378 245	1 : 298,3

Данные показывают, что размеры эллипсоида Бесселя, применявшиеся до 1942 г., были ошибочными в большой полуоси на 850 м.

Размеры эллипсоида Ф.Н. Красовского:

Экваториальная полуось $a = 6378245,0$ м

Полярная полуось $b = 6356863,0$ м

Полярное сжатие $\alpha = 1 : 298,3$

Первый эксцентриситет меридианного эллипса $e^2 = 0,006693$

Второй эксцентриситет меридианного эллипса $e'^2 = 0,006738$

Земной эллипсоид, принятый для производства всех геодезических работ и ориентированный определенным образом в геоиде так, чтобы поверхность эллипсоида максимально приближалась к поверхности геоида в данной стране, называется *референц-эллипсоидом*.

Ориентирование зависит от выбора точки земной поверхности, в которой нормаль совпадает с отвесной линией. Точкой ориентирования референц-эллипсоида Ф.Н. Красовского служит центр круглого зала Пулковской обсерватории.

● Астрономо-геодезические и гравиметрические работы, выполненные после установления размеров эллипсоида Ф.Н. Красовского, позволили получить новые его размеры, близкие к прежним. Так, сжатие Земли $\alpha = 1 : 298,26$, полученное из обработки наблюдения орбиты искусственного спутника, фактически совпало со сжатием эллипсоида. Отклонение поверхности эллипсоида от геоида в пределах страны не превышает 100—150 м. Выбор центра зала Пулковской обсерватории как начала координат очень удачен, так как вблизи его от нуля-пункта Кронштадтского футштока измеряются все высоты в стране.

От размеров принятого эллипсоида зависит положение точек, спроецированных на карту, их взаимное расположение. При решении многих практических задач допускается принимать Землю за шар, равновеликий с земным эллипсоидом с радиусом

$$R = a \left(1 - \frac{e^2}{b} \right) = 6371117,0 \text{ м.}$$

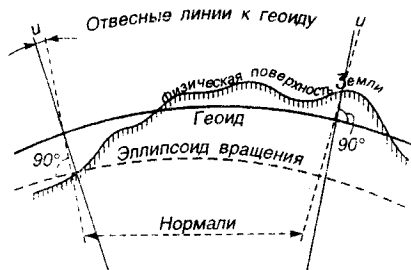
Математическая основа географических карт. Математическую основу географических карт составляют три ее элемента (рис. 1.2).

1. Точки и линии физической поверхности Земли проецируют нормальми на поверхность эллипсоида (геодезическая основа).

2. Поверхность эллипсоида с проецированными точками уменьшают до необходимого масштаба будущей карты (масштаб карты).

3. Уменьшенную поверхность эллипсоида изображают на плоскости (карте), т. е. применяют картографическую проекцию (математический способ изображения на плоскости поверхности эллипсоида).

В результате перенесение физической поверхности Земли на плоскость (карту) вызовет картографические искажения расстояний, площадей, углов, форм. На величину искажений особенно влияет



Р и с . 1.2. Математическая основа географических карт:

α — уклонение отвеса

картографическая проекция. Однако различными методами можно эти искажения сводить к минимуму. Точки земной поверхности, спроецированные на эллипсоид, приобретают географические координаты, так как точки определяются узловыми точками пересечения меридианов и параллелями (градусная сетка). Изображение градусной сетки на картах называется *картографической сеткой*. При проецировании небольших участков земной поверхности на эллипсоид небольшую часть его

поверхности можно принять за плоскость (400 км^2). Влияние сферичности Земли выражается величиной $0,5''$ стороны квадрата, равной 10 км . В этом случае отвесные линии становятся параллельными между собой и проекция переходит в разряд ортогональных.

Классификация географических карт. Классификация карт зависит от разных признаков, и ее проводят с целью рационального учета, хранения и использования. Главные признаки классификации — содержание, территориальный охват, назначение, способ пользования, масштаб, год издания и др.

По содержанию карты подразделяют на общегеографические и тематические. *Общегеографические* карты отображают разностороннюю характеристику основных природных и социально-экономических элементов местности. При этом ни один из элементов содержания не является приоритетным и не выделяется особо. *Общегеографические* карты предназначаются для общего обзора, знакомства и изучения территорий. К ним относятся все топографические карты. Мелкомасштабные общегеографические карты называют обзорными. *Тематическими* называют географические карты, на которых один, два, редко несколько природных или социально-географических элементов показаны с наибольшей глубиной и подробностью, а также их связи, т. е. они являются темой карты.

По территориальному охвату географические карты делят на группы:

1. Карты мира, охватывающие всю земную поверхность.
2. Карты полушарий (океанические, суши, северное, южное).
3. Карты материков, океанов.
4. Карты групп государств (Балканские, Скандинавские и др.).
5. Карты государств и их частей.

По назначению географические карты выделяют как специальные, предназначенные для определенных потребностей и решения определенных задач (карты аэронавигационные, туристские, школьные и т. д.). Данная классификация несколько расплывчата, так как многие карты имеют многоцелевое назначение. Поэтому применяя совместное использование классификации.

По способу использования географические карты делят на стенные, настольные и текстовые.

Классификация по масштабу (табл. 1.2) определяется влиянием масштаба на содержание и особенности карт. Различают карты:

крупномасштабные	1 : 50 000 и крупнее
среднемасштабные	мельче 1 : 100 000 до 1 : 2 000 000
мелкомасштабные	1 : 500 000, 1 : 1 000 000

Топографические карты подразделяют на:

планы крупного масштаба	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000
топографические карты:			
крупного масштаба	1 : 5000	1 : 10 000	
среднего масштаба	1 : 25 000	1 : 50 000	
мелкого масштаба	1 : 100 000	1 : 200 000	

Т а б л и ц а 1.2. Масштабы топографических карт СНГ¹

Численный масштаб	Название карты	1 см на карте соответствует на местности расстоянию	1 см ² на карте соответствует на местности площади
1 : 5000	Пятитысячная	50 м	0,25 га
1 : 10 000	Десятитысячная	100 м	1 га
1 : 25 000	Двадцатипятитысячная	250 м	625 га
1 : 50 000	Пятидесятитысячная	500 м	25 га
1 : 100 000	Стотысячная	1 км	1 км ²
1 : 200 000	Двухсоттысячная	2 км	4 км ²
1 : 500 000	Пятисоттысячная	5 км	25 км ²
1 : 1 000 000	Миллионная	10 км	100 км ²

¹ Масштабы дореволюционных карт России основывались на старых русских мерах, где 1 верста = 500 сажень = 42 000 дюймам. Например, были изданы карты в масштабах 1 : 42000 (в 1 дюйме — 1 верста), 1 : 84000 (в 1 дюйме — 2 версты) и др.

1.2. Топографическая карта и ее использование

Подробная многолистная общегеографическая карта, единая по содержанию, математической основе и оформлению, передающая размещение и свойства основных природных и социально-экономических объектов местности, называется *топографической картой*.

Создаются топографические карты крупного масштаба до 1 : 25 000 главным образом путем обработки аэрофотоснимков местности на стереофотограмметрических приборах (стереопроекторе, стереомере и др.), путем полевых наземных съемок и камерально по картам более крупных масштабов. Вопросами создания топографических карт суши и шельфа занимается Главное управление геодезии и картографии (ГУГК) и Военно-топографическая служба Генштаба вооруженных сил, в меньшей степени по объему работ — Главное гидрографическое управление Военно-Морского Флота. Все подразделения перечисленных ведомств при создании карт пользуются «Основными положениями по созданию топографических карт», которые определяют содержание, точность, назначение и правила проведения работ.

Топографические карты на обширные территории издаются многолистными сериями. Искажения на картах незначительные, ввиду малого охвата территории листом карты, ими обычно пренебрегают при работе. Генерализация (отбор главного от второстепенного) изображения приводит к исключению отдельных объектов, обобщению контуров объектов, размеры ряда объектов преувеличены и т. д. С уменьшением масштаба карты теряется детальность и точность изображения объектов. Перечисленные особенности следует учитывать при работе с картами.

Основные элементы содержания топографических карт:

социально-экономические — населенные пункты, пути сообщения, политико-административное деление;

природные — гидрография, рельеф, почвенно-растительный покров.

Топографические карты масштабов 1 : 10 000 до 1 : 100 000 издаются в шесть красок, 1 : 200 000 — в восемь красок на лицевой и две краски на оборотной стороне листа карты. Картографическое изображение должно соблюдать два основных свойства: геометрическая точность и географическое соответствие.

Каждый элемент содержания карты может быть показан несколькими видами обозначений — площадными, линейными, внесмачными условными знаками, количественными и качественными характеристиками, дополнительными надписями собственных, пояснительных названий, использованием разных цветов элементов для наглядной карты.

Каждый лист топографической карты включает: картографическое

изображение, выраженное в условных знаках и построенное на математической основе, а также вспомогательное оснащение.

Комплекс элементов карты обусловлен инструкциями и наставлениями для карт разных масштабов и таблицами условных знаков. Математическая основа карты обеспечивает геометрические свойства и возможность проведения измерений картографического изображения.

К элементам оснащения карты относятся: таблицы условных знаков, линейный масштаб, координатная сетка, график заложений, схема магнитного склонения и др.

Топографические карты — основной источник информации местности и объектов на ней. Они широко используются при решении многих задач в народном хозяйстве, научных исследованиях и изысканиях, а также в военном деле. Карты являются надежными проводниками по местности, средством ориентирования, источником информации, широко применяются при проектировании и строительстве объектов народного хозяйства, путей сообщения, при мелиорациях, для ведения сельского и лесного хозяйства, при управлении войсками и т. д.

В школьном курсе географии немислимо изучение географии без карт и планов. Навыки в их чтении помогают учащимся в дальнейшем понимать особенности мелкомасштабных карт и получать разностороннюю информацию о любой территории.

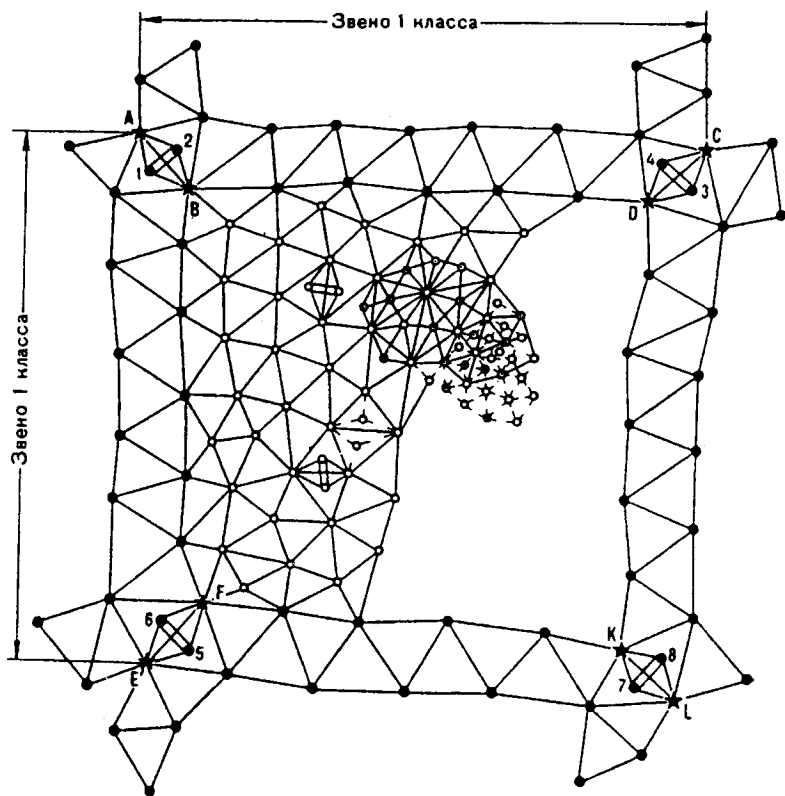
Вопросы теории и чтения топографических карт, решения по топографическим картам многих практических и конкретных задач читатель найдет в гл. 2 «Решение задач по топографической карте». Такой метод изучения топографической карты принесет несомненный положительный результат в получении студентами практических навыков и прочных знаний в работе с картами.

1.3. Геодезические опорные сети

Все геодезические измерения и топографические съемки, выполняемые для создания топографических карт, а также для строительства инженерных сооружений, производят на основе закрепленных на местности геодезических пунктов, для которых определены плановые координаты и высоты.

Совокупность таких геодезических пунктов, равномерно размещенных на территории, называется *геодезической опорной сетью*. Плановое положение геодезических пунктов определено в единой системе координат и высот (рис. 1.3).

Действительно, любые измерения на местности неизбежно сопровождаются погрешностями. Нельзя производить съемку больших территорий по отдельным участкам, не связанных друг с другом в единое целое. Накопление погрешностей участков приведет к большим неточ-



Р и с. 1.3. Схема полигона государственной триангуляции:

● — пункты 1-го класса; ○ — пункты 2-го класса; ⊙ — пункты 3-го класса; ☆ — пункты 4-го класса; ★ — астрономические пункты; 1—2, 3—4, 5—6, 7—8 — базисы

ностям карты (плана). Соединение участков в единую карту станет невозможным. Поэтому для уменьшения погрешностей и равномерного распределения их по территории съемку производят с точек съёмочного обоснования — опорных геодезических пунктов, жестко связанных друг с другом.

Все геодезические работы производятся по принципу «от общего к частному». Он осуществляется путем создания на территории государства Государственной геодезической опорной сети, при съемках небольших участков — опорной съёмочной сети.

Таким образом, на территории государства создается сначала редкая сеть опорных пунктов, определенных с самой высокой точностью, а

далее сеть пунктов сгущается последовательным построением дополнительных пунктов, определенных с меньшей точностью.

Для определения планового положения пунктов в системе прямоугольных или географических координат применяют методы триангуляции, полигонометрии и трилатерации, а также их комбинации. Высотное положение пунктов получают геометрическим нивелированием.

Геодезические опорные сети плановые и высотные подразделяются на 1, 2, 3, 4 классы в зависимости от точности измерения углов и линий, размеров треугольников, длин сторон и ходов, очередности их построения.

Например, высшим классом является триангуляция 1 класса, низшим классом — нивелирование 4 класса.

Метод триангуляции. Метод заключается в том, что на местности строят сеть треугольников, в каждом из которых с высокой точностью измеряют все углы, а в начале и конце сети, как минимум, две стороны (базисы). По измеренным углам и одной из сторон последовательно (по теории синусов) определяют длины всех сторон первого, второго и т. д. треугольников. Затем по вычисленным сторонам и измеренным углам последовательно вычисляют плановые координаты всех пунктов сети.

Метод полигонометрии. Он состоит в построении на местности сети ломаных линий, в которых измеряют все линии и горизонтальные углы. Этот метод применяют обычно в закрытой местности. Ходы прокладывают вдоль дорог и рек, которые в итоге образуют замкнутые многоугольники — полигоны. По координатам начальной точки и дирекционному углу стороны вычисляют вторую точку, и так для всех последующих точек хода.

Метод трилатерации. Этот метод по сути обратен методу полигонометрии и отличается от нее тем, что в треугольниках измеряют не углы, а стороны, которые дальномерами измеряются с высокой точностью, а далее вычисляют координаты вершин треугольников. Иногда, где это рационально, строят совмещенные линейно-угловые сети, состоящие из сети треугольников, в которых измеряются и стороны и углы.

В СНГ государственная плановая геодезическая сеть построена в основном методом триангуляции (табл. 1.3).

Сеть триангуляции 1 класса строится в виде рядов треугольников длиной 200 км вдоль меридианов и параллелей, образующих замкнутые полигоны периметром 800—1000 км. Длины сторон этих треугольников 20—25 км, углы измеряются со средней квадратической погрешностью не более $0,7''$, базисные стороны не более $1 : 400\,000$. В местах пересечения рядов треугольников измеряются длины отдельных сторон — базисные стороны, на концах которых определяют астрономическую широту и долготу пунктов и азимуты базисных сторон.

Таблица 1.3. Характеристика государственной триангуляционной сети

Основные показатели	Классы триангуляции			
	1	2	3	4
Длина звеньев триангуляции	не более 200 км			
Периметр полигонов	800—1000 км			
Длина сторон триангуляции	не менее 20 км	7—20 км	5—8 км	2—5 км
Средняя квадратическая ошибка базисных сторон	1 : 400 000	1 : 300 000	1 : 200 000	1 : 200 000
Ошибки измерений углов на пунктах триангуляции	± 0,7"	± 1,0"	± 1,5"	± 2,0"

Геодезическая сеть 2 класса строится внутри полигонов 1 класса в виде сплошной сети треугольников или пересекающихся ходов полигонометрии. Длины сторон треугольников 7—20 км, углы измеряются с погрешностью не более 1". Сеть триангуляции 2 класса сгущается далее триангуляциями 3 и 4 классов, состоящими из сплошных сетей треугольников (иногда отдельных пунктов). Углы измеряют с погрешностями 1,5 и 2,0". Длины сторон треугольников составляют 5—8 км и 2—5 км для 4 класса.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) создается по схеме, обеспечивающей четкую организацию работ и высокую точность измерений. На небольших территориях, где нет пунктов 1 и 2 классов, строят самостоятельные сети 3 и 4 классов для обеспечения съемок крупных масштабов. Таким образом, ГГС, состоящая из четырех классов точности, обеспечивает обширные пространства территории нашей страны сетью опорных пунктов.

Пункты ГГС закрепляются на местности с расчетом сохранения их на долгие годы. В землю на глубину (ниже зоны промерзания) забивают бетонную сваю, в верхней части которой закрепляется металлическая марка с центральным отверстием, обозначающим отсчетную точку на уровне земли. В качестве наружных знаков (рис. 1.4) на поверхности земли устанавливаются деревянные или металлические пирамиды и сигналы (простые или сложные). В верхней части пирамиды или сигнала располагается визирный цилиндр для наблюдений с других сигналов сети. Он должен быть установлен на высоте, которая обеспечивает видимость с других сигналов, и иметь столик для установки угломерного инструмента.

Простая пирамида составлена из трех или четырех столбов, поддерживающих болванку с визирным цилиндром. Столика нет, поэтому инструмент устанавливают на земле в проекции цилиндра. Высота пирамиды не более 15 м.

Простой сигнал составлен из двух пирамид. Внешняя пирамида оканчивается визирным цилиндром, внутренняя служит штативом и оканчивается столиком. Высота не более 16 м.

Таблица 1.4. Характеристика государственного нивелирования

Основные показатели	Классы нивелирования			
	1	2	3	4
Размер нивелирных полигонов (периметр замкнутых полигонов)	Отдельные линии или полигоны без указания размеров	500—600 км	150—200 км	В пределах полигона 3 класса
Ошибки нивелирования на 1 км хода	Случайная не $> \pm 0,5$ мм; систематическая не $> \pm 0,03$ мм	Средняя случайная не > 1 мм Систематическая не $> 0,2$ мм		
Предельные невязки полигонов или замкнутых ходов	—	5 мм \sqrt{L} км	10 мм \sqrt{L} км	20 мм \sqrt{L} км

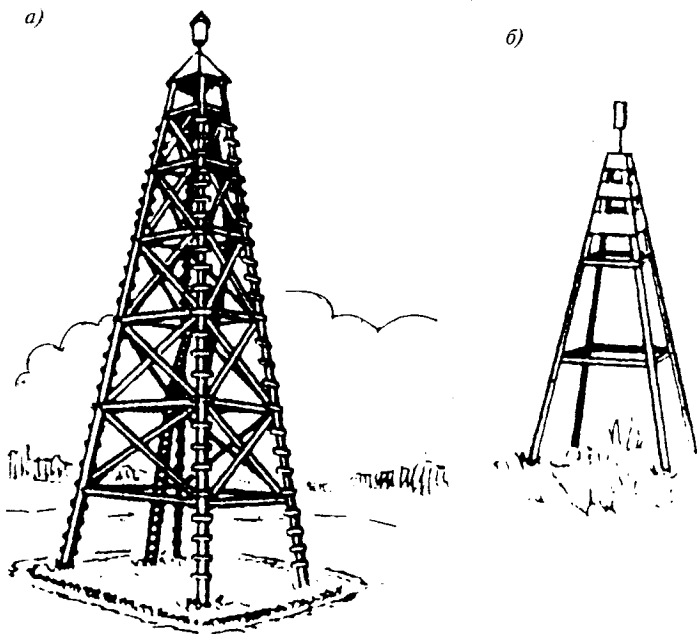
Сложный сигнал устанавливается тогда, когда инструмент необходимо поднять на высоту более 15 м над землей. В отличие от простого сигнала внутренняя пирамида опирается на столбы внешней.

Пункты нивелирования любого класса закрепляются на местности реперами и марками, которые закладываются в грунт или стены каменных зданий через каждые 3—5 км хода. На нивелирных ходах через 50—80 км устанавливаются фундаментальные реперы, а пункты 1 класса закрепляются вековыми реперами как более сохранными и надежными.

Государственная высотная геодезическая сеть создается методом нивелирования с применением высокоточных приборов и подразделяется на государственные нивелирные сети 1, 2, 3 и 4 классов (табл. 1.4). Нивелирные сети 1, 2 и 3 классов являются главной высотной основой единой высотной системы на всей территории СНГ. Их также используют для определения разности уровней морей, изучения вековых движений и т. д.

Нивелирные ходы 1 класса прокладывают по направлению, связывающему уровни всех морей и океанов, нивелирные ходы 2 класса — вдоль железных, шоссейных дорог, крупных рек. Между линиями 2 класса прокладывают линии 3 класса, а затем — линии 4 класса, пункты которого являются высотными обоснованиями всех съомок.

Измерения 1 класса выполняются с особой точностью и характеризуются погрешностью передачи высот между пунктами 0,5 мм на 1 км расстояния. Нивелирные ходы 2 класса начинаются и заканчиваются пунктами нивелирования 1 класса и образуют замкнутые полигоны до 600 км. Нивелирные ходы 3 класса опираются на пункты 1 и 2 классов и образуют полигоны с периметром 150—200 км.



Р и с . 1.4. Геодезический сигнал (а) и простая пирамида (б)

Сгущенные сети заканчиваются нивелирными ходами 4 класса, крайние точки которых опираются на пункты высших классов. Пункты нивелирных ходов закрепляются стенными и грунтовыми реперами. Стенные реперы устанавливают через 50—80 км линии хода в фундаментах капитальных сооружений (каменные здания, башни, опоры мостов). Реперы сопровождаются охранной плитой, установленной рядом с репером.

К геодезическим сетям предъявляют следующие требования:
координаты пунктов ГГС должны быть определены в одной системе координат по всей территории;

государственные геодезические сети должны быть единым целым и не иметь изолированных частей и разрывов;

для ГГС должно быть выбрано одно начало координат и на едином референц-эллипсоиде;

работы по созданию ГГС должны быть капитальными и точными, рассчитанные на будущее, пункты должны быть закреплены на местности долговременными монолитами и охраняться законом, должны хорошо опознаваться;

вычисления и измерения ГГС должны быть обеспечены надежным контролем точности и отвечать условиям использования со стороны как геодезии, так и смежных наук о Земле.

1.4. Чтение топографических карт

Карта — особое, незаменимое средство познания, хранения и передачи пространственной информации.

Чтение топографической карты означает процесс зрительного восприятия и осмысливания картографического изображения и получение из него целостного представления о местности.

Вначале картографическое изображение воспринимается читателем при общем обзоре как единое целое, затем это целое в процессе работы с картой переходит от анализа и осмысливания частностей в определенный информационный образ реальной действительности.

Для отображения явлений на картах используют картографические символы — особые знаковые системы (условные знаки или условные обозначения).

Условные знаки в своем многообразии, сочетаниях и взаимосвязях создают пространственную модель картографируемой местности, отображают при этом не все детали и особенности местности, а только главные, информативные. Следовательно, карта дает обобщенный, знаковый и уменьшенный образ реальной действительности.

Глубина, емкость и достоверность информации карты всецело зависят от уровня общей и картографической подготовки, индивидуальных способностей читателя, накопленного опыта работы с картой, умения извлекать и пользоваться информативными данными, наконец, от различных качественных особенностей самой карты.

Читаемость карты означает легкость, доступность, быстроту осмысливания картографического языка карты и достигается посредством целесообразного применения условных обозначений, их выразительности и эстетичности, размещения, взаимного расположения, гармонии цветовых решений, удачно выбранных форм, структуры, простоты воспроизведения и восприятия как отдельных условных знаков, так и карты в целом. Однако предпочтение отдается при этом форме, размеру и цвету условных обозначений. Так, сходство условного знака и объекта на местности облегчает распознавание и запоминание.

Разумно выбранные размеры условных знаков существенно влияют на детализовку карты, степень генерализации и наглядности, в целом на чтение карты.

Цвет условных знаков является основным средством для выражения наглядности и доступности, для непосредственного опознавания отдельных обозначений с отображаемыми объектами на местности.

Таким образом, заинтересованность и контакт с читателем карты

достигается в конечном итоге через разумность выбора картографического языка карты.

Чтение топографических карт подчинено определенному смыслу и закономерностям, общим правилам и последовательности.

Поскольку карта несет отобранное, генерализованное, смысловое содержание, то и чтение карт производится по принципу выделения главного от второстепенного, последовательного перехода от чтения главного к частному. При чтении следует прежде всего выделять на карте два раздела: 1 — чтение внешнего зарамочного оформления, 2 — чтение внутреннего картографического содержания.

1.4.1. Чтение зарамочного оформления карт

К *внешнему зарамочному оформлению* относится все то, что размещено от внутренних рамок карты к ее краям; к *внутреннему картографическому содержанию* — все то, что ограничено внутренними рамками листа карты.

Рассматривая внешнее зарамочное оформление, рекомендуется проводить чтение в следующей последовательности:

- оформление северной и южной рамки листа карты,
- оформление западной и восточной рамки листа карты,
- характеристики внешней, минутной, внутренней рамок, километровой сетки и их оформления.

Внутреннее картографическое содержание следует читать с характеристики главных элементов содержания карты, в порядке ее составления.

Для отработки навыков чтения предлагается пример чтения топографической карты О-36-1-Г.

Северная рамка. Посередине и выше внешней рамки карты размещена номенклатура листа карты О-36-1-Г, т. е. обозначение листа карты на земном эллипсоиде. Справа от номенклатуры в скобках указан заглавный пункт карты — Павловск.

В качестве заглавного пункта карты выбирается главный объект содержания карты (объект, по которому дается название карты).

Как правило, из двух равноценных объектов предпочтение отдается расположенному в центре листа, в узле высших классов дорог.

В качестве заглавных пунктов карты выбираются населенные пункты, командные высоты, озера, урочища и другие объекты, которые на данном листе карты имеют главное значение, наглядны и легко опознаются. Справа от номенклатуры, у восточной рамки, размещается гриф карты (степень секретности); слева от номенклатуры, у западной рамки, — надпись «Система координат 1942 года». Это означает, что в отличие от прежних координатных систем Пулковской и Свободинской, построенных на эллипсоиде Бесселя, на данном листе карты

принята новая система координат 1942 г. на эллипсоиде Ф.Н. Красовского. Ниже номенклатуры указывается год издания карты.

Южная рамка. Посередине южной рамки размещаются численный, именованный и линейный масштабы. Линейный масштаб представляет собой графическое изображение численного масштаба карты. При помощи линейного масштаба и циркуля измеряются на карте расстояния и приращения координат. Ниже линейного масштаба размещены две надписи: «Сплошные горизонталы приведены через 10 метров» и «Балтийская система высот».

Первая надпись означает, что основное сечение рельефа горизонталями принято через 10 метров; вторая надпись означает, что абсолютные высоты точек на карте отсчитываются от нуля-пункта Кронштадтского футштока. Справа от линейного масштаба размещен график заложений рельефа, предназначенный для определения углов наклона местности.

График заложений состоит из двух шкал: левой — для определения углов наклона в равнинно-холмистой местности и правой — для определения углов наклона в горной местности.

По величине заложений, измеренных по перпендикуляру между соседними сплошными (тонкими) горизонталями на карте в месте их наименьшего сближения между собой (по левой шкале) и между соседними утолщенными горизонталями (по правой шкале), определяются углы наклона на местности.

Слева от численного масштаба на карте указана схема склонения и сближения меридианов. Левее схемы размещена легенда о склонении и сближении меридианов на год создания карты, указано годовое изменение склонения меридианов. По этим данным можно всегда вычислить отклонение магнитной стрелки компаса (буссоли) от линий координатной сетки на момент пользования картой при ориентировании.

У восточной рамки дана легенда о методе съемки карты (составлении), времени подготовки к изданию и издании карты. Указаны фамилии исполнителей, редактора карты.

В разрыве южной рамки над легендой о создании карты указаны ее выходные данные. Например: В-124-ХII-85-И. В данном случае В означает масштаб карты 1 : 50 000; 124 — порядковый номер нумерации листа по сборной таблице; ХII-85 — месяц и год издания карты; И — начальная буква названия города, где расположено картографическое предприятие.

Западная рамка. Параллельно рамке обычно наносятся только метки печатных бригад, выполнявших печать тиража, в виде столбика разноцветных точек.

Восточная рамка. Как и западная рамка, она обычно свободна от

оформления. Как исключение, вдоль нее дается легенда в виде 3—4 строчек, содержащих дополнительные сведения об элементах, не показанных на карте, например: «Движение автотранспорта в весенне-осенний период вне дорог невозможно».

1.4.2. Характеристика и оформление рамок карт

Рамки и зарамочное оформление для топографических карт стандартны и строятся строго по установленным образцам. На топографические карты наносятся три вида рамок: внутренние, минутные и внешние.

Внутренние рамки. Они ограничивают внутреннее картографическое содержание и представляют собой отрезки дуг меридианов и параллелей. В углах внутренних рамок указываются их географические координаты.

Минутные рамки. Эти рамки содержат определенное число минут (градусов), на которые разбиты по широте и долготе листы топографических карт, и представляют собой чередование залитых и незалитых отрезков вдоль внешних рамок.

Каждая минута разбивается на шесть промежутков по десять секунд. Минутные рамки предназначены для быстрого и точного определения географических координат любых точек внутри листа карты.

Следует помнить, что размеры минут по широте и долготе разные. В северном и восточном полушарии заливаются все нечетные минуты, в южном и западном полушарии заливаются четные минуты.

Внешние рамки. Они предназначены для придания оригиналу карты эстетического и законченного вида.

К полям карты в целях экономного расходования картографической бумаги, удобства пользования картой, обеспечения возможности производить впечатление в тиражи карт предъявляются следующие требования:

поля на топографических картах должны быть не менее 5 мм и не более 10 мм от крайних надписей по рамкам карты;

на полях карты должны быть нанесены метки разрезки тиража;

поля на всем тираже карты должны быть по всем четырем рамкам одинаковыми. Отклонения размеров полей не должны превышать 1 мм.

1.4.3. Координатная сетка топографических карт

На все крупномасштабные топографические карты наносится координатная (километровая) сетка для определения координат точек или нанесения точек по координатам. При этом различают два вида координатных сеток: координатную сетку внутри листа и координатную сетку смежной (соседней) зоны.

Координатная сетка внутри листа. Сетка внутри листа наносится через 1 км для карт масштабов 1 : 10 000—1 : 50 000, через 2 и 10 км — для карт масштабов 1 : 100 000 и 1 : 200 000. На картах масштабов 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000 километровая сетка не наносится.

Координатная сетка смежной (соседней) зоны. Эта сетка наносится в виде выходов километровых линий на внешние рамки листа карты и предназначена для определения координат точек или нанесения их по координатам на листы карт, расположенных на краях соседних зон. Посередине и в разрыве внешних рамок указываются номенклатуры соседних (смежных) листов карт. Между внутренними и минутными рамками наносятся выходы координатной сетки и их оцифровка.

На ближайших координатных линиях от углов рамок — абсциссах указывается их удаление в километрах от экватора, на промежуточных линиях — сокращенное указание десятков и единиц километров.

Оцифровка ординат представляет собой условное удаление километровых линий сетки от осевого меридиана каждой зоны. На ближайших ординатах от углов рамок карты указывается номер зоны, в которой построена координатная сетка. Например: ординату 12320 следует читать так: 12 — номер зоны, 320 — условное удаление ординаты в километрах от осевого меридиана 12 зоны. Таким образом, действительное удаление ординаты от осевого меридиана 12 зоны составит: $320 \text{ км} - 500 \text{ км} = -180 \text{ км}$.

На картах по внутренним рамкам указываются направления и километраж железных, шоссейных и улучшенных грунтовых дорог до крупных железнодорожных станций и населенных пунктов. Например, Выборг 35 км.

Следует помнить, что километраж железных дорог измеряется от пересечения дороги с внутренней рамкой карты до железнодорожного вокзала (депо станции), шоссейных дорог — от рамки до здания главпочтамта.

1.5. Топографическое описание (чтение) внутреннего картографического содержания

В качестве примера описания картографического содержания карты возьмем вариант чтения учебной топографической карты У-32-64-Г (Крицгоф).

Населенные пункты. Самым крупным населенным пунктом на листе карты является населенный пункт сельского типа — районный центр Крицгоф с числом дворов 105 и железнодорожной станцией того же названия. Планировка Крицгофа приурочена к направлениям двухпутной и однопутной железных дорог, усовершенствованного шоссе, шоссе и улучшенной грунтовой дороги. Застройка кварталов каменная,

планировка системная, правильная. В Крицгофе много фруктовых садов, имеется кожевенная фабрика, завод переработки фруктов, железнодорожная станция, электростанция, школы, больница, памятники, каменный костел. Население занято обслуживанием названных предприятий, сельским хозяйством, выращиванием фруктов и овощей. К северу от села расположено старое обустроенное кладбище с кирхой. В селе три каменных моста. До ближайших железнодорожных станций — Ахим и Боденберг — соответственно 84 и 45 км.

Село расположено на восточном склоне хребта, направление застройки вытянуто вдоль хребта на юго-восток. Высшая отметка высоты села — 92 м, низшая — 28 м. Восточнее села протекает несудоходная р. Гесте. Ее долина широкая, незаболоченная, берега плавные, обсаженные хвойными деревьями, являются местом отдыха населения. Водоснабжение села водопроводное (из р. Гесте).

Другие населенные пункты также сельского типа с меньшим числом дворов, колеблющимся от 5 до 72. Планировка системная, приуроченная к дорогам, источникам воды. Застройка населенных пунктов повсеместно каменная. В каждом населенном пункте костелы, кладбища, сады.

Дорожная сеть. На карте она представлена железными дорогами, густой сетью шоссейных и улучшенных грунтовых дорог. Дороги хорошо профилированы, прямолинейны, покрыты преимущественно асфальтом. Дороги низших классов почти отсутствуют. На всех классах дорог много дорожных сооружений.

Гидрография. Территорию листа карты пересекают с северо-запада на юго-восток несудоходные реки Остараг, Аблах и Гесте. Поймы рек широкие, малозаболоченные. Характер течения плавный, скорости течения 0,6—0,8 м/с, ширина рек колеблется от 5 до 10 м, глубина редко превышает 1 м. Дно песчаное. У каждой реки 2—3 притока. Речная система древовидная. Реки имеют много мостов, плотины искусственных водохранилищ. Они хорошо окультивированы, обсажены деревьями, обустроены пляжами. Главной рекой является река Остараг. Притоками ее являются реки Аблах (впадение у села Верхаузен) и Гесте (впадение на 10 км южнее северной рамки). Это — среднеизвилистые типичные равнинные реки, с большим числом меандр, с широкими долинами. На реке Аблах выстроена плотина, образующая пруд Зальц; второе искусственное водохранилище расположено у села Верхаузен. Оба водоема являются источниками водоснабжения и выработки электроэнергии.

Рельеф. На территории листа карты рельеф равнинно-холмистый, с плавными округлыми вершинами и широкими долинами. Балок и обрывов мало. Абсолютные высоты высших точек около 100 м, низших — до 30 м. Крутизна скатов рельефа не превышает 8°, скаты слабо расчленены.

Почвенно-растительный покров. Он на карте представлен пятью

лесными массивами площадью до 300—350 га, равномерно удаленных друг от друга. Около населенных пунктов имеются сады, пашни, выгоны, в поймах рек — луговая растительность. Болота встречаются в трех местах в поймах рек площадью, не превышающей 50 га. В лесных массивах преобладающие породы деревьев — ель, сосна, береза. Средняя высота деревьев — 20—25 м, средняя толщина 20—25 см, среднее расстояние между стволами деревьев — 6 м, между кронами — 3 м. Лес ухоженный, чистый, хорошо развита система просек шириной не более 4 м. В массивах отсутствует горелый лес, вырубки, низкорослая растительность.

1.6. Прямоугольные координаты

Прямоугольная система координат (прямоугольные координаты) основана на определении любой точки на плоскости относительно двух координатных осей — абсциссы и ординаты.

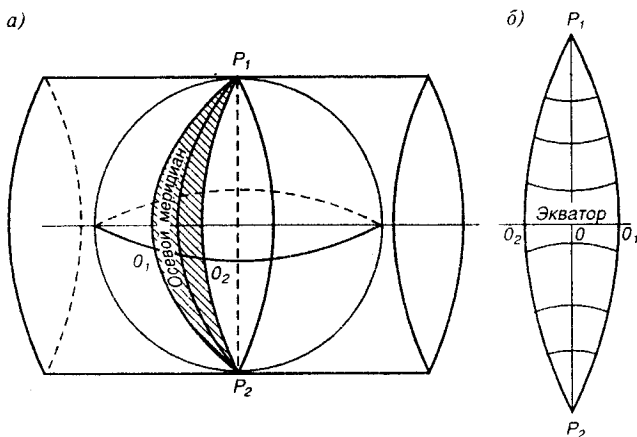
Известно, что часть поверхности земного эллипсоида с поперечником, равным 55 км, можно принять за плоскость, так как отклонение длины дуги в 30 мин на экваторе от ее касательной будет составлять 1,5 м. Если же взять 6-градусную зону на эллипсоиде, то отклонение длины дуги на экваторе от ее касательной составит 510 м. Такое значение искажения длины дуги при переносе ее на плоскость не удовлетворяет требованиям точности измерений на топографической карте. Значит, при картографировании обширных территорий кривизна Земли неизбежно приводит к значительным искажениям на карте.

Однако если ту же дугу в 6° спроектировать на боковую поверхность поперечного цилиндра и затем развернуть на плоскость, то искажение длин крайних точек дуги в 6° по экватору составит 0,0014, а площадей — 0,0027 от их истинного значения. Таким образом, применение картографической проекции позволяет обеспечить погрешности в измерениях длин и площадей на топографической карте в пределах 6-градусной зоны значительно меньше предельной точности масштаба. Поэтому для построения топографических карт на земном эллипсоиде берут 6-градусные сферические двугульники (зоны) и переносят их на плоскость, т. е. применяют равноугольную поперечно-цилиндрическую проекцию Гаусса-Крюгера (рис. 1.5).

Суть проекции состоит в том, что каждая 6-градусная зона строится на отдельном касательном поперечном цилиндре. Линии касания проходят по средним меридианам каждой зоны (осевым меридианам).

Боковые поверхности цилиндров разворачиваются на плоскость, вследствие чего получаются изображения зон в проекции. Осевой меридиан и экватор в каждой зоне изображаются взаимно перпендикулярными линиями. Все остальные меридианы и параллели кривые.

В картографии принято нумеровать зоны арабскими цифрами от Гринвичского меридиана на восток и на запад от 1 до 30. Принятая



Р и с . 1.5. Зона в проекции Гаусса-Крюгера

нумерация позволяет определять зону, в которой построены прямоугольные координаты.

Понятие «колонна» равнозначно зоне, но счет колонн производится от меридиана, противоположного Гринвичскому, т. е. от меридиана 180° , и служит для указания номенклатур топографических карт.

Чтобы перейти от номера колонны к номеру зоны или наоборот, достаточно произвести подсчет по формулам: для восточного полушария

$$N_k = N_3 + 30,$$

для западного полушария

$$N_k = N_3 - 30.$$

В каждой зоне Гаусса-Крюгера осями координат служат две взаимно перпендикулярные прямые: изображение осевого меридиана и экватора на плоскости. За ось X принят осевой (средний) меридиан зоны, за ось Y — линия экватора.

За начало счета координат в каждой зоне принята точка пересечения осевого меридиана с экватором. Таким образом, положение любой точки в пределах зоны на плоскости определяется ее прямоугольными координатами X и Y .

Каждая зона имеет самостоятельное, автономное построение координат и начало их счета.

Система координат Гаусса. В отличие от системы координат Декарта в картографии принята система координат Гаусса (с перевернутыми осями) (рис. 1.6).

Здесь абсцисса X — это расстояние от экватора до точки, ордината Y — расстояние от осевого меридиана до точки.

В северном полушарии абсциссы имеют положительные значения, в южном полушарии отрицательные значения абсцисс не указываются, а ставится пояснительный индекс S . $X_s = 5435863,0$.

Такая запись означает, что абсцисса отсчитывается к югу от экватора.

Чтобы не иметь дело с отрицательными значениями ординат точек, расположенных слева от осевого меридиана в каждой зоне (что вызвало бы большие неудобства и ошибки при вычислении координат), в геодезии условно принято считать ординату осевого меридиана в каждой зоне за 500000,0 м. Введение такого условия позволяет: во-первых, перейти только к положительным значениям ординат в каждой зоне; во-вторых, привести к увеличению абсолютных значений ординат слева направо. Такие ординаты называют *условными* или *преобразованными*.

Так как одинаковые ординаты точек могут быть в каждой из 60 зон, на которые разделена земная поверхность, то принято указывать впереди ординат номер зоны, в которой исчисляются ординаты. Например, координаты точки, находящейся в 12-й зоне, записываются так: $X = 5986325,0$, $Y = 12316175,0$; в 6-й зоне южного полушария соответственно $X_s = 5934575,0$, $Y = 6516175,0$.

При записи полных прямоугольных координат следует помнить, что:

абсциссы точек — всегда действительные величины, означающие удаления точек в метрах от экватора, записанные семизначными числами до запятой. Например, запись $X = 5966325,0$ означает, что данная точка удалена от экватора на 5966325,0 м;

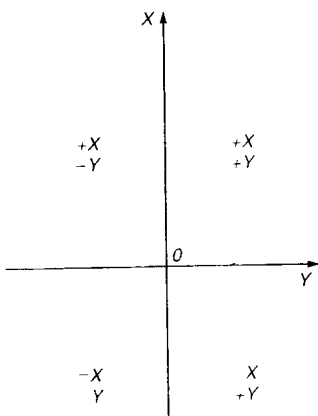
ординаты точек — всегда условные величины, означающие удаление точек в метрах от осевого меридиана той или иной зоны, записанные семизначными или восьмизначными числами до запятой. Например, в записи для точки с ординатой $Y = 12316175,0$ цифра 12 — номер зоны, а число, оставшееся после отнятия номера зоны 316175,0, означает, что данная точка расположена от осевого меридиана условно на 316175,0 м влево, ее действительное удаление составляет:

$$316175,0 - 500000,0 = -183825,0 \text{ м.}$$

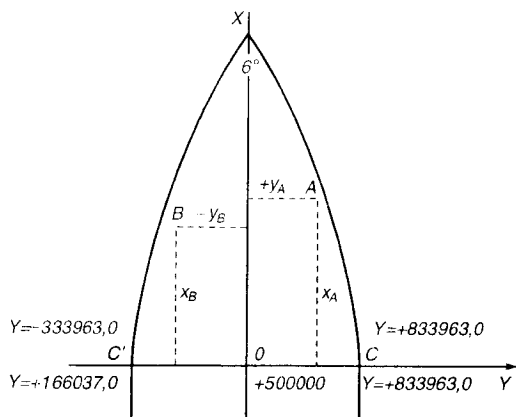
Для точки с ординатой $Y = 6516175,0$ цифра 6 — номер зоны, число 516175,0 — условное удаление точки вправо от осевого меридиана 6-й зоны. Действительное удаление этой точки

$$516175,0 - 500000,0 = +16175,0 \text{ м.}$$

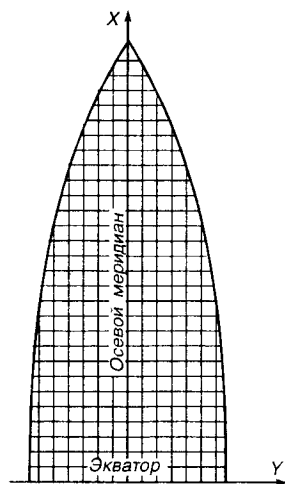
Для определения по ординате нахождения точки справа или слева



Р и с . 1.6. Направления координатных осей



Р и с . 1.7. Определение преобразованных ординат точек в зоне



Р и с . 1.8. Схема координатной сетки в зоне

от осевого меридиана зоны следует сравнить числа, оставшиеся после вычитания из них номера зон с величиной 500000,0 м. Если эти числа меньше 500000,0, то они принадлежат точкам, которые расположены слева от осевого меридиана, если больше 500000,0 — то точкам справа, если равны 500000,0 — то точкам, расположенным на осевом меридиане. Доказательством этого служит рис. 1.7.

Здесь точка 0 означает начало счета координат в 12-й зоне. Числа + 833963,0 и — 833963,0 означают действительное удаление крайних симметричных точек 6-й зоны на экваторе. Их рассчитывают на основе того, что дуга в 1° на экваторе равна 111321,0 м. Тогда ордината точек, удаленных на 3° от осевого меридиана, будет равна 833963,0 м.

Так как начало счета ординат изменено на 500000,0 м (наиболее подходящее округленное число), условные удаления этих же точек будут соответственно 166037,0 и 833963,0 м.

Километровая сетка в зоне. Для определения и нанесения точек по прямоугольным координатам на топографические карты наносится *координатная (километровая) сетка*. Это — сетка квадратов, образованная линиями, параллельными осям X и Y (рис. 1.8).

Линии координатной сетки с большой точностью наносятся на карту через 1, 2, 10 км и предназначены для определения прямоугольных координат точек, целеуказания, отдельных измерительных работ.

По табл. 1.5 определяют частоту километровой сетки для карт масштабного ряда.

Оцифровка километровых линий, выраженная в километрах от экватора или осевого меридиана зоны, подписывается на их выходах

между внутренней и внешней рамками; оцифровка абсцисс — на боковых рамках, ординат — на южной и северной рамках.

Первые километровые линии от углов рамок карты подписывают полностью, причем первые две цифры (иногда три для ординат) — мелким шрифтом, две последние — крупным; оцифровку промежуточных километровых линий подписывают сокращенно (десятки и единицы километров), чтобы избежать повторений и не загружать карту излишними обозначениями.

Таблица 1.5. Частота километровой сетки для карт масштабного ряда

Масштабы	На карте, см	На карте, км
1 : 1 000 000 } 1 : 500 000 }	Километровая сетка не наносится	
1 : 200 000	5	10
1 : 100 000	2	2
1 : 50 000	2	1
1 : 25 000	4	1
1 : 10 000	10	1

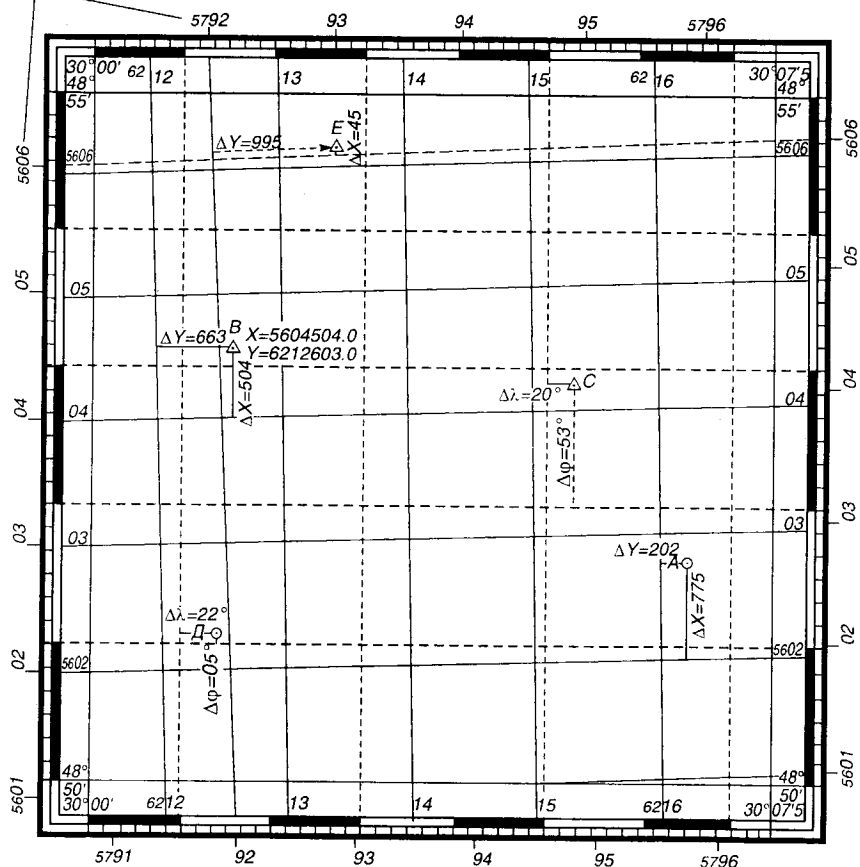
Первая цифра из двух маленьких или две первые цифры из трех маленьких в оцифровке полных ординат вблизи углов карты означают номер зоны. Номер зоны, указанный в ординатах, всегда меньше на число 30, чем номер колонны, указанный в номенклатуре.

В 1.1. Для определения прямоугольных координат X и Y точек измеряют циркулем или линейкой приращения ΔX и ΔY от ближайших километровых линий сетки до точек и переводят их в масштаб карты. Значения измеренных ΔX и ΔY в метрах дописывают к полным значениям X и Y ближайших километровых линий. Например, для определения абсциссы X в точке B к полному значению ближайшей координатной линии 5604 км прибавляют (дописывают) измеренные в масштабе $\Delta X = +504,0$ км. Получают $X = 5604504,0$. Для определения ординаты Y_B в точке B к полному значению ближайшей координатной линии 65212 км прибавляют (дописывают) измеренные в масштабе $\Delta Y = +663,0$ м. Получают $Y = 6212563,0$ (рис. 1.9).

В случае, когда приращения ΔX и ΔY измеряются от ближайших километровых линий, расположенных севернее и восточнее точки, их значения вычитаются из полных значений координат X и Y этих линий в километрах. Предельной ошибкой для нанесения или снятия координат точек на топографической карте является величина не более 0,2 мм.

Для того чтобы обеспечить такую точность в определении прямоугольных координат, картографы при работе используют для измерений микроциркули и линейки с нанесенным поперечным масштабом. Использование обычных линеек, координатометров, линейных масш-

Оцифровка абсцисс и ординат в перекрывающей координатной сетке смежной 5 зоны М-36-12-Б-а



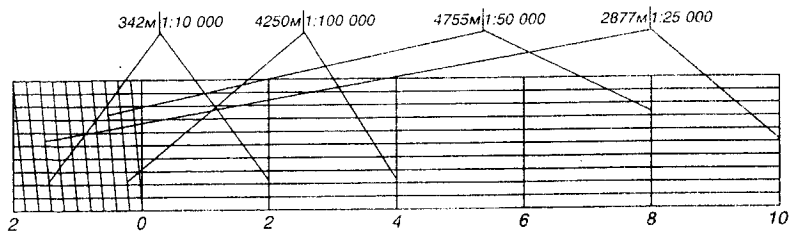
Р и с. 1.9. Расположение и оцифровка линий координатной сетки на карте. Примеры по определению прямоугольных и географических координат:

- координатная сетка 6-й зоны;
- координатная сетка 5-й зоны; 1 : 25 000
- минутная сетка

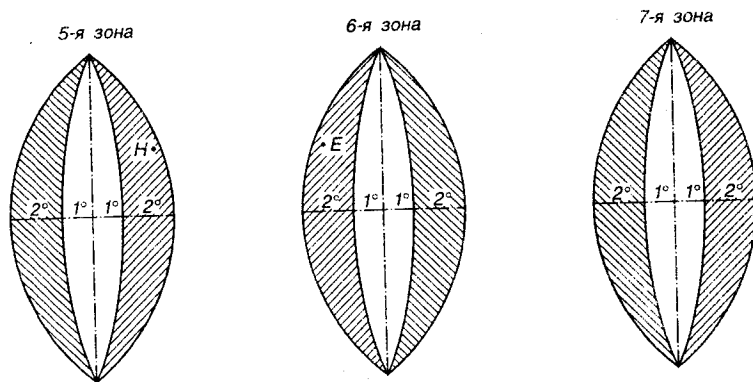
табов, как правило, не обеспечивает требуемой точности определения координат.

На рис. 1.10 дано изображение линейки с поперечным масштабом и примеры определения расстояний в разных масштабах.

Координатная (километровая) сетка смежных зон. При соединении листов карты в пределах одной зоны одноименные километровые линии соседних листов точно совпадают. На границах зон километро-



Р и с . 1.10. Поперечный масштаб



Р и с . 1.11. Перекрывающаяся километровая сетка смежных зон

вые линии соседних листов располагаются под некоторым углом, и чем они севернее и южнее экватора, тем величины углов становятся больше.

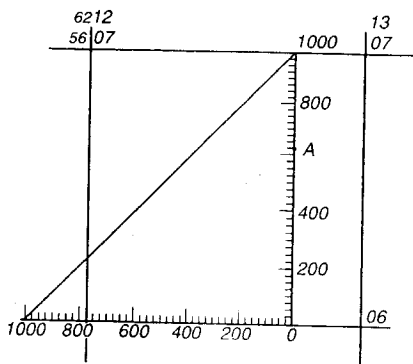
Для того чтобы обеспечить возможность работы на листах топографических карт, находящихся в смежных зонах, на их внешние рамки наносят километровую сетку смежных зон в виде выходов координатных линий, т. е. перекрывающую километровую сетку (см. рис. 1:9).

▽ 1.2. Рассмотрим задачу по перекрывающей сетке (рис. 1.11).

Артиллерийская позиция расположена в точке *Н* 5-й зоны. Необходимо:

- 1) в координатах 6-й зоны вычислить цель, находящуюся в точке *Е* 6-й зоны;
- 2) определить поворотные точки трассы газопровода, расположенного в смежных зонах.

Р е ш е н и е . Для того чтобы определить прямоугольные координаты точки *Е* в координатах 5-й зоны, следует выходы координатной сетки 5-й зоны, нанесенные на внешние рамки листа с точкой *Е* 6-й зоны, соединить линиями. Для этого надо приложить линейку к



Р и с . 1.12. Координатомер

выходам километровых линий абсцисс и ординат с одинаковой оцифровкой, прочертить карандашом ближайшие километровые линии возле точки, снять от них приращения ΔX и ΔY и записать их полные прямоугольные координаты: $X_E = 5605045,0$, $Y_E = 5792995,0$.

Определение приращений координат с помощью координатомера.

Координатомер — прямоугольный треугольник на прозрачной основе. На катетах наносится точная шкала, их длины равны длине стороны квадрата километровой сетки карты. Горизонтальная шкала

совмещается с нижней линией квадрата, в котором находится точка, а вертикальная шкала должна проходить через данную точку. По шкалам определяют расстояние от точки до километровых линий (рис. 1.12).

§ 1.3. Нанесение точек на карту по заданным прямоугольным координатам.

Пусть по координатам $X = 5602775,0$, $Y = 6216202,0$ надо нанести точку A на карту (см. рис. 1.9). Для этого по значению абсциссы X берут только целое число километров (02) и отыскивают соответствующую горизонтальную координатную линию, к северу от которой будет находиться точка. Далее по значению ординаты Y аналогичным путем определяют вертикальную координатную линию (16), к востоку от которой будет расположена точка. Зная теперь квадрат километровой сетки, в котором расположена искомая точка, циркулем-измерителем откладывают в масштабе оставшиеся доли километров (приращение ΔX и ΔY). Приращение $\Delta X = 775,0$ м откладывают по обеим вертикальным линиям квадрата от километровой линии (02), приращение $\Delta Y = 202,0$ м — по обеим горизонтальным линиям квадрата от километровой линии (16). Через полученные точки проводят горизонтальную и вертикальную прямые, в точке пересечения которых определится искомая точка.

§ 1.4. Определить нахождение объекта по оцифровке километровой сетки.

Для указания местоположения объекта на карте принято называть квадрат километровой сетки, в котором он расположен.

Квадрат указывают, называя сокращенные координаты юго-западного угла. Сначала называют оцифровку южной километровой линии, а затем — оцифровку западной километровой линии. Например, на рис. 1.9 квадрат, в котором расположена точка B , будет назван 0412.

1.7. Географические координаты

Географическая система координат принята во всем комплексе географических наук, в морской и воздушной навигациях.

Величины, которые определяют положение точек на земной поверхности, называются *географическими координатами*.

Координатные линии географической системы координат — меридианы и параллели в совокупности образуют географическую (градусную) сетку. При изучении географической системы координат Земля принимается за шар. Если Земля принимается за сфероид, то положение точек на земной поверхности определяет геодезическая система координат.

В географической системе координат положение любой точки определяется двумя географическими координатами — широтой и долготой (рис. 1.13).

Географическая широта точки — угол между отвесной линией, проходящей через эту точку, и плоскостью экватора.

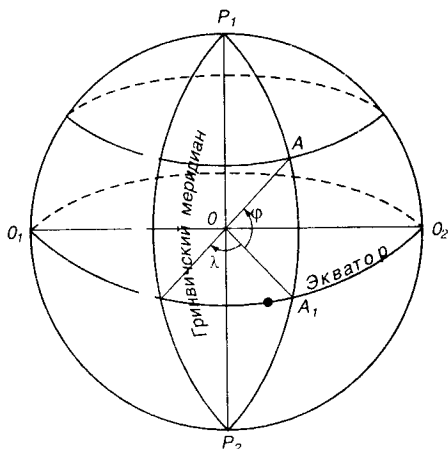
Географическая долгота точки — двугранный угол между плоскостью начального (Гринвичского) меридиана и плоскостью меридиана данной точки.

Параллель является геометрическим местом точек, имеющих одинаковые географические широты, а меридиан — геометрическим местом точек с одинаковыми долготами.

За начальный меридиан в СНГ принят Гринвичский, проходящий через астрономическую обсерваторию в Гринвиче (пригороде Лондона), его долгота равна 0° . Долгота точек, лежащих к востоку от него, считается восточной, лежащих к западу — западной.

Значение долготы точек может быть от 0 до 180° . Широта экватора 0° . Широта точек, лежащих в северном полушарии, считается северной, лежащих в южном полушарии — южной. Значение широты может быть от 0 до 90° .

Широты и долготы точек в северном и восточном полушариях обозначают буквами φ и λ , в южном и западном полушариях — буквами φ_s и λ_s .



Р и с . 1.13. Система географических координат:

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

1.7.1. Определение географических координат на топографических картах

Рамками листов топографических карт являются меридианы и параллели.

Широты северной и южной рамок, так же как и долготы западной и восточной рамок, подписываются в углах рамок листа карты. Разность широт и долгот рамок или размеры рамок листов топографических карт постоянны для каждого масштаба и согласуются со стандартной разграфкой (табл. 1.6).

Т а б л и ц а 1.6. Размеры рамок

Масштабы	Размеры рамок	
	по ϕ	по λ
1 : 1 000 000	4°	6°
1 : 500 000	2°	3°
1 : 200 000	40'	1°
1 : 100 000	20'	30'
1 : 50 000	10'	15'
1 : 25 000	5'	7,5'
1 : 10 000	2,5'	3,75'

На топографических картах всех масштабов (кроме 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000) наносится на определенном расстоянии от внутренних рамок минутная рамка, которая предназначена для быстрого и точного определения географических координат объектов на картах или нанесения точек по заданным координатам (см. рис. 1.9).

Минутная рамка по широте и долготе содержит разное количество минут и разный размер самих минут. Размер минут по широте равен 1852 м, и он всегда больше минут по долготе.

В северном и восточном полушариях выделяют все нечетные минуты, а в южном и западном полушариях, наоборот, — все четные минуты. Такое различие по виду минут сделано для их лучшего и быстрого счета при определении географических координат. Кроме того, для повышения точности определения координат все минуты разбиваются на шесть 10-секундных делений.

Определение географических координат на карте несколько затруднено в отличие от прямоугольных, где внутри карты нанесена километровая сетка.

▼ 1.5. Определить географические координаты точек на карте.

Проводят ближайшую к точке с юга параллель и ближайший с запада меридиан. Для этого соединяют прямой линией одинаковые

отсчеты минут на северной и южной рамках (меридиан), западной и восточной рамках (параллель). Прохождение ближайших минут по широте и долготе с юга и запада точки на карте отмечают небольшими штрихами (карандашом). Далее измеряют приращение по широте от намеченного прохождения параллели до точки (в мм) и, прикладывая циркуль к одной из широтных минут, по 10-секундным делениям определяют приращение $\Delta\varphi$ (в с).

Приращение по долготе измеряют аналогичным образом, только измеренное приращение $\Delta\lambda$ (в мм) определяют по 10-секундным делениям долготной минуты.

Таким образом, широта точки будет складываться из широты южной рамки листа карты, количества минут, отсчитанных до ближайшей параллели под точкой, и приращения от ближайшей параллели до точки (в с). Аналогично долгота точки будет равна сумме долготы западной рамки листа, количества минут, отсчитанных до ближайшего меридиана западнее точки и приращения от ближайшего меридиана до точки (в с). Например, на рис. 1.9 географические координаты точки С равны $\varphi = 48^{\circ}52'53''$; $\lambda = 30^{\circ}05'28''$.

1.7.2. Нанесение точек по заданным координатам

Нанесение точек по заданным координатам осуществляется теми же приемами (см. задачу 1.3) и представляет собой обратную задачу.

У 1.6. По географическим координатам точки D ($\varphi = 48^{\circ}51'05''$, $\lambda = 30^{\circ}01'22''$) определить на топографической карте (см. рис. 1.9) ее местонахождение.

Для этого проведем на карте параллель $48^{\circ}51'$, соединив на западной и восточной рамках карты деления $51'$, и меридиан $30^{\circ}01'$, соединив деления 01 мин. Затем по 10-секундным делениям западной или восточной минутной рамки определим циркулем раствор, равный приращению $\Delta\varphi = 05''$, и отложим его от ближайшей (вспомогательной) параллели на юг. Аналогичным образом от ближайшего меридиана $30^{\circ}01'$ отложим отрезок, равный приращению $\Delta\lambda = 22''$, по 10-секундным делениям минутной северной или южной рамок. Через полученные точки проведем карандашом прямые, параллельные меридиану и параллели. В точке пересечения прямых определится местоположение точки.

1.8. Разграфка и номенклатура топографических карт

Разнообразие масштабов, условных знаков и содержания географических карт в конце XIX века крайне затрудняло их использование для сравнительного изучения различных стран.

На V Международном конгрессе в Берне в 1891 г. (Швейцария) профессор Венского университета Альбрехт Пенк (25.10.1858—07.03.1945) внес предложение о составлении карты в масштабе 1 : 1 000 000 на территорию всей Земли в единой проекции, единых условных знаках, с единым отбором содержания.

Такая карта получила название Международной миллионной карты. Ее программа была разработана на специально созданных конференциях 1909—1913 гг. Работы по созданию такой карты прерывались I и II мировыми войнами и фактически развернулись после 1945 г.

В 1962 г. Техническая конференция ООН по Международной миллионной карте разработала новую программу, по которой эта карта предназначалась для:

- общего изучения территории;
- при разработке планов экономического развития;
- в качестве основы для изготовления различных тематических карт;
- в качестве основы для последующего построения масштабного ряда топографических карт.

По этой программе только на территорию суши (28,2 % земной поверхности) необходимо создать 1100—1150 карт масштаба 1 : 1 000 000.

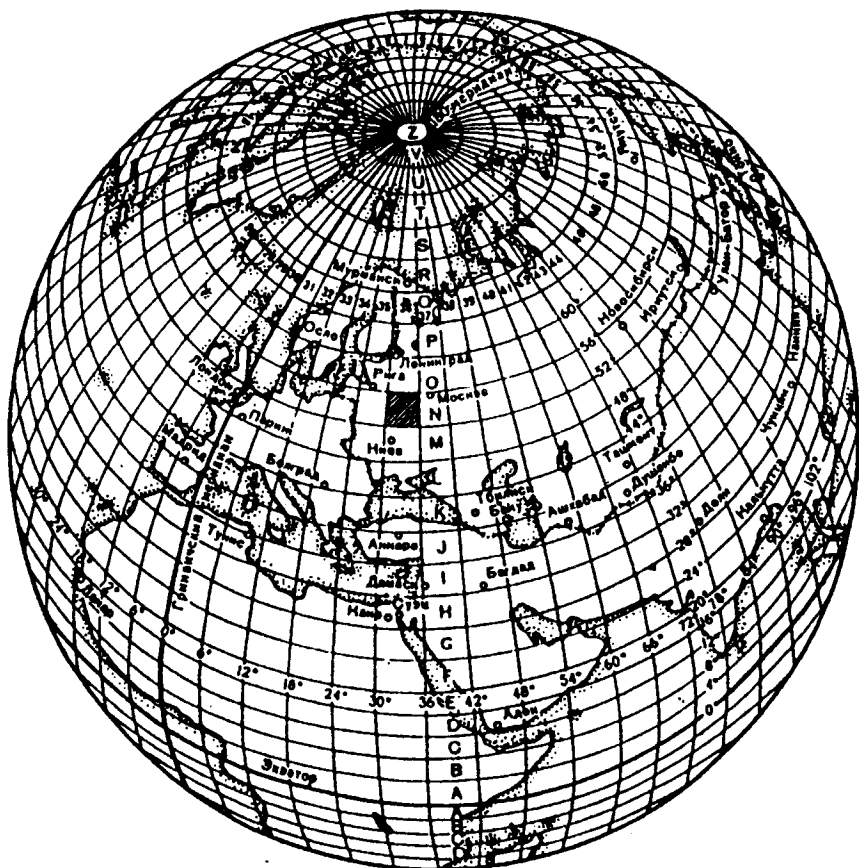
Международная миллионная карта составляется в равноугольной конической проекции Гаусса и служит основой для построения карт всего масштабного ряда. Это трапеция, ограниченная меридианами с разностью долгот в 6°, и параллелями с разностью широт в 4°. Такое деление не случайно и обосновывается громадным числом листов карт, охватывающих территорию Земли. Это означает, что особую остроту приобретает вопрос о системе их нумерации.

Нумерация листов одного масштаба должна быть связана с нумерацией листов карт других масштабов, т. е. должно быть достигнуто полное единство нумерации и системы обозначения листов топографических карт. Это достигается применением номенклатуры.

В общем понимании термин «номенклатура» означает систему (совокупность) названий, терминов, употребляемых в какой-либо отрасли науки, техники и т. п. В картографии номенклатурой считают систему обозначений листов топографической карты на земной поверхности, а само деление на листы называется разграфкой.

В соответствии с размерами рамок международной миллионной карты принято деление земной поверхности меридианами, образующими шестиградусные колонки, и параллелями, образующими четырехградусные ряды.

Нумерация колонок производится порядковыми номерами от 180° меридиана на восток от 1 до 60 номера. Ряды обозначаются в северном



Р и с . 1.14. Схема разграфки и номенклатуры листов карты масштаба 1 : 1 000 000

и южном полушариях от экватора к полюсам заглавными буквами латинского алфавита (табл. 1.7).

Полных рядов в каждом полушарии 22, всю земную поверхность покрывают 60 колонок.

Обозначение листа миллионной карты складывается из буквы ряда и номера колонки. Так, на рис. 1.14 заштрихованный лист миллионной карты будет с номенклатурой № 36, лист карты, в котором расположен Лондон, — М-30.

По мере удаления от экватора к полюсам колонки сужаются, следовательно, сужаются по долготе и листы миллионных карт, однако размеры листов по широте остаются неизменными. Поэтому листы севернее параллели 60° состояются из двоящихся, а севернее параллели

76° — счетверенными. В случае двойных листов номенклатура указывается, например, Р-36, 37, счетверенных Т-36, 37, 38, 39 (рис. 1.14).

Таблица 1.7. Система обозначения рядов международной карты масштаба 1 : 1 000 000 заглавными буквами латинского алфавита

Номер ряда	Широта ряда, °	Буква алфавита	Номер ряда	Широта ряда, °	Буква алфавита
1	0—4	A	13	48—52	M
2	4—8	B	14	52—56	N
3	8—12	C	15	56—60	O
4	12—16	D	16	60—64	P
5	16—20	E	17	64—68	Q
6	20—24	F	18	68—72	R
7	24—28	G	19	72—76	S
8	28—32	H	20	76—80	T
9	32—36	I	21	80—84	U
10	36—40	T	22	84—88	V
11	40—44	K	23	88—90	Z
12	44—48	L			

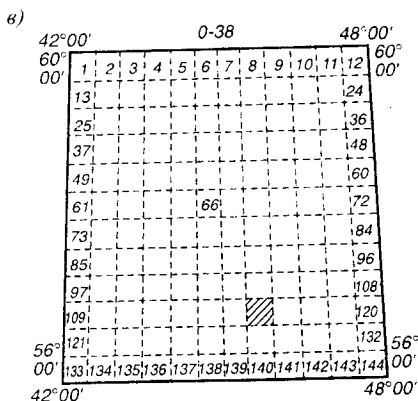
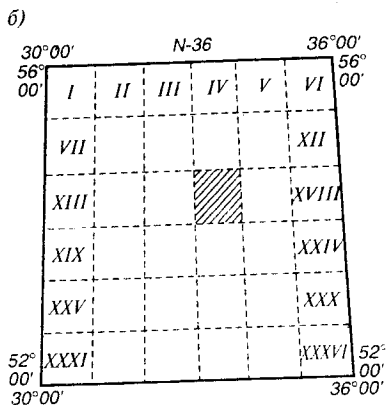
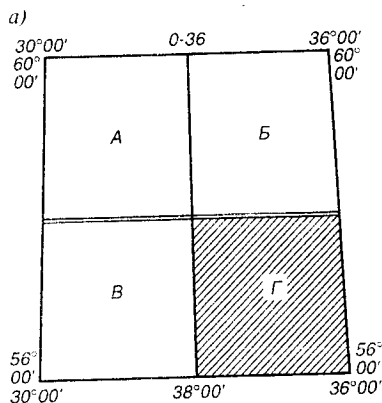
Советский ряд состоит из карт масштабов 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000, 1 : 1 000 000. В будущем масштабы карт будут укрупняться и обновляться ввиду интенсивного экономического развития.

Если подсчитать количество карт всего масштабного ряда в одном экземпляре только на территорию суши бывшего СССР, то это составит внушительную цифру — примерно 1 790 000 экземпляров (около 80 куб. м бумаги).

Значительность этого факта должна тесно увязываться не только с экономическими возможностями страны, но прежде всего с возможностями экологического характера, связанными с вырубкой лесов и многими вытекающими отсюда опасными последствиями. Встают проблемы поисков замены и экономии дорогостоящей бумаги.

1.9. Разграфка и номенклатура карт последующих масштабов

Разграфка листов карт последующих более крупных масштабов строится из расчета, чтобы они составляли какое-то целое число в листе миллионной карты.



Р и с . 1.15. Номенклатура листов карты:

а — масштаба 1 : 500 000 (0-36-Г); б — масштаба 1 : 200 000 (N-36-XVI); в — масштаба 1 : 100 000 (0-38-116)

Номенклатура таких листов будет складываться из номенклатуры миллионного листа с добавлением заглавных или строчных букв русского алфавита, римских или арабских цифр (рис. 1.15, а, б).

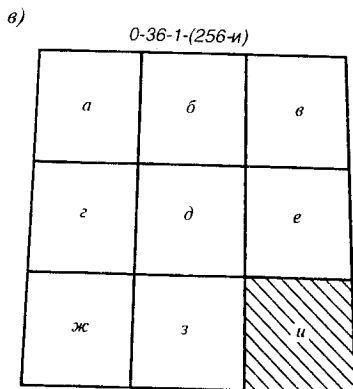
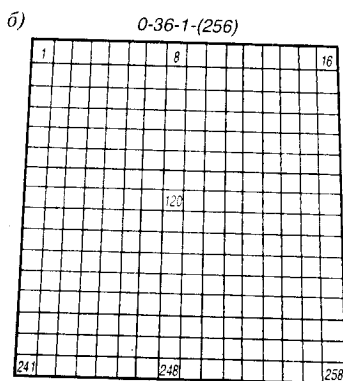
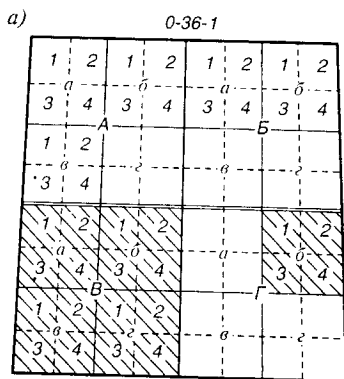
При делении рамок листов миллионной карты пополам образуется 144 листа 1 : 100 000 карты (рис. 1.15, в).

Следует помнить, что номенклатура и разграфка листов карт масштабов 1 : 500 000, 1 : 200 000, 1 : 100 000 имеют в своей основе лист миллионной карты.

В основу номенклатуры и разграфки листов топографических карт более крупных масштабов принимается лист 1 : 100 000 карты (рис. 1.16, а — в).

**Таблица 1.8. Размеры и примеры номенклатур для листов
топографических карт**

Масштаб	Число листов в миллионной карте	Размеры листов		Примеры номенклатур
		по ф	по л	
1 : 1 000 000	1	4°	6°	0-36
1 : 500 000	4	2°	3°	0-36-A
1 : 200 000	36	40'	1°	0-36-XXI
1 : 100 000	144	20'	30'	0-36-143
1 : 50 000	576	10'	15'	0-0-36-143-A
1 : 25 000	2304	5'	7',5	0-36-143-A-6
1 : 10 000	9216	2',5	3',75	0-36-143-A-6-3
1 : 5 000	38 864	1'15"	1'52",5	0-36-143-(256)
1 : 2 000	155 456	25"	37",5	0-36-143-(256-и)



Р и с . 1.16. Номенклатура листов карты:

а — масштабов 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000 (0-36-1-В, 0-36-1-Г-6, 0-36-1-Г-6-4); *б* — масштаба 1 : 5 000 (0-36-1-(256)); *в* — масштаба 1 : 2 000 (0-36-1-(256-и))

1.10. Примеры решения задач по определению географических, прямоугольных координат и номенклатур соседних листов по номенклатуре листа топографической карты

▽ 1.7. Определить номенклатуры соседних листов топографической карты для листа О-38-12.

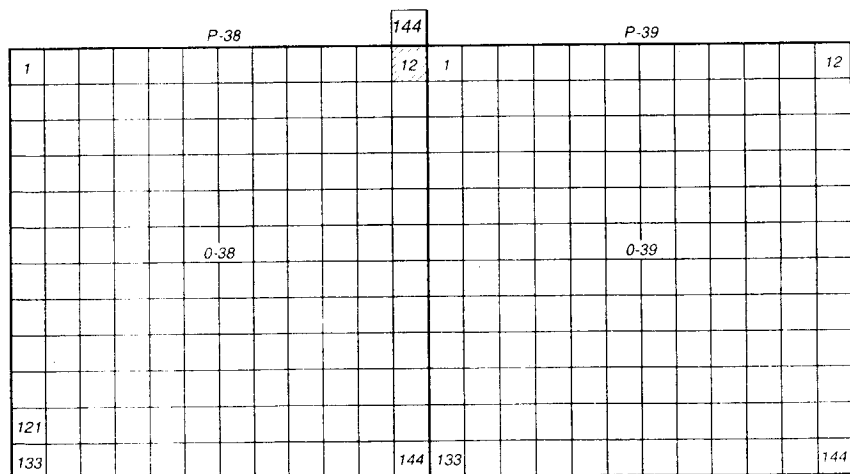
Для решения задачи вычерчиваем упрощенную схему миллионного листа О-38 в виде квадрата и отыскиваем на ней расположение стотысячного листа с 12-м порядковым номером (рис. 1.17).

По схеме определяем, что с севера к 12-му листу примыкает 144-й лист верхнего миллионного листа Р-38. Записываем его номенклатуру: Р-38-144. С юга примыкает лист О-38-24, с запада О-38-11, а с востока 1-й лист соседнего миллионного листа О-39 (его номенклатура О-39-1).

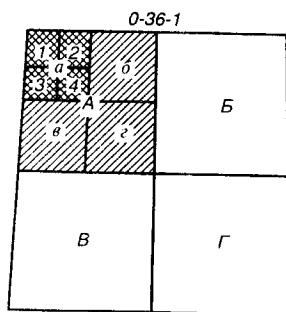
▽ 1.8. Определить номенклатуры соседних листов топографической карты для листа N-36-XXXI.

Для решения задачи вычерчиваем схему миллионного листа и определяем на ней расположение XXXI листа. По схеме находим, что с севера и востока к нему примыкают листы этого же миллионного листа О-36-XXV и О-36-XXXII, с юга I двухсоттысячный лист миллионного листа М-36, с запада XXXVI двухсоттысячный лист миллионного листа N-35. Номенклатуры соседних листов с юга и запада запишутся М-36-I и О-35-XXXVI.

▽ 1.9. Определить номенклатуры соседних листов топографической карты для листа О-36-1-А-а-1.



Р и с . 1.17. Определение номенклатур соседних листов карты



Р и с . 1.18. Определение номенклатур соседних листов карты масштаба 1 : 10 000

Для решения задачи вычерчиваем схему миллионного листа и отыскиваем на ней расположение стотысячного листа (листа I). После приобретения представления о расположении листов карт масштабов 1 : 500 000, 1 : 200 000 и 1 : 100 000 внутри миллионного листа схему его можно не делать, взамен следует вычертить схему стотысячного листа и на ней уточнить последовательно расположение 1 : 50 000, 1 : 25 000 и 1 : 10 000 листа и соседних с ним листов 1 : 10 000 карты (рис. 1.18).

На рис. 1.18 показано расположение десяти тысячного листа О-36-1-А-а-1 внутри стотысячного листа. При делении его на листы более крупных масштабов можно легко

представить, какие десяти тысячные листы граничат с определяемым и записать их номенклатуры. Так, на севере это будет Р-36-133-В-в-3, на юге О-36-1-А-а-3, на западе О-35-12-Б-б-2 и на востоке О-36-1-А-а-2.

▽ 1.10. Определить географические координаты углов рамок листа топографической карты О-38-121.

Для решения задачи мысленно представляем схему миллионного листа О-38 и расположение в нем 121-стотысячного листа. Он будет находиться выше углового юго-западного листа 133 (см. рис. 1.15). Координаты юго-западного угла 133 листа совпадают с географическими координатами юго-западного угла миллионного листа.

Определяем их следующим образом: ряд О — это пятнадцатая буква в алфавите. Каждый ряд по широте занимает 4° . Тогда широта северной рамки миллионного листа будет равна 60° , а широта южной рамки на 4° меньше, т. е. будет равна 56° . Долгота восточной рамки миллионного листа определяется умножением 6° на номер зоны. Номер зоны определяется из формулы: $N_z = N_k - 30$. Значит, долгота восточной рамки будет $6^\circ \times 8 = 48^\circ$, а долгота западной — на 6° меньше, т. е. 42° . Так как географические координаты юго-западного угла миллионного и стотысячного листов совпадают, то запишем его координаты $\varphi = 56^\circ$, $\lambda = 42^\circ$. А теперь, зная размеры рамок стотысячного листа по широте и долготе (см. табл. 1.8), и расположение 121-стотысячного листа внутри миллионного, запишем координаты остальных углов (рис. 1.19).

▽ 1.11. По географическим координатам Пулковской обсерватории $\varphi = 59^\circ 46' 18''$, 55 , $\lambda = 30^\circ 19' 42''$, 09 определить номенклатуру 1 : 10 000 листа, в котором она расположена.

Для решения задачи вычерчиваем схему миллионного листа и находим географические координаты его углов. Для определения широты северной и южной рамок $\varphi = 59^\circ 46' 18''$, 55 делим на 4. Получаем

номер ряда 15 с буквой О, ограниченного северной параллелью 60° , южной 56° . Для определения долготы восточной и западной рамок $\lambda = 30^\circ 19' 42''{,}09$ делим на 6. Получаем номер зоны, равный 6, которая ограничена меридианами 36 и 30° . Этой зоне соответствует 36-я колонка. Значит, номенклатура миллионного листа будет — О-36 (рис. 1.20, а).

Сравнивая координаты обсерватории и миллионного листа О-36, определяем, что она расположена в первом стотысячном листе.

На схеме стотысячного листа О-36-1 подписываем географические координаты углов рамок (рис. 1.20, б).

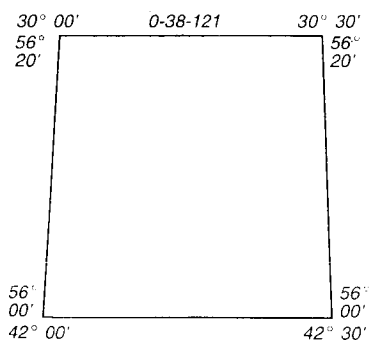
Далее на схему наносим расположение листов последующих масштабов, подписываем для каждого масштаба координаты углов и все время сравниваем их с координатами обсерватории, чтобы не производить излишних обозначений. При сравнении координат устанавливаем, что обсерватория находится в пятидесятитысячном О-36-1-Г, в двадцатипятитысячном О-36-1-Г-а и в десяти тысячном О-36-1-Г-а-4 листах карты.

§ 1.12. По номенклатуре пятидесятитысячного листа О-36-1-А определить приближенные прямоугольные координаты северо-западного угла.

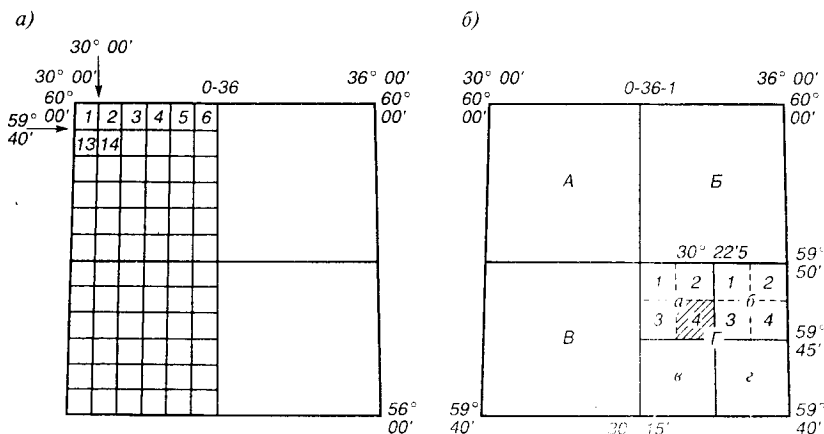
Для решения задачи надо представить расположение его внутри миллионного листа. В результате окажется, что северо-западный угол, координаты которого нужно определить, совпадают с идентичным углом миллионного листа. Далее, определив географические координаты угла, окажется, что его $\varphi = 60^\circ$, а $\lambda = 30^\circ$.

Так как абсциссы точек отсчитываются от экватора, а ординаты — от осевого меридиана зоны, легко определить, что угол листа карты расположен от осевого меридиана 6-й зоны (куда входит миллионный лист) на 3° по параллели с $\varphi = 60^\circ$ и на 60° от плоскости экватора. Известно, что средняя длина дуги в 1° по меридиану равна 111143,0 м, а длина дуги в 1° на экваторе 111321,0 м. Дуги в 1° по меридиану и по параллели изменяют свое значение в зависимости от широты. Например, длина дуги в 1° по меридиану у экватора равна 110576,0 м, на широте 45° — 111124,0 м, у полюса — 111695,0 м.

Увеличение длин дуг по меридианам объясняется тем, что они вычислены на эллипсоиде, а не на шаре, где они имеют одинаковую длину. Длина дуги в 1° по параллели 45° равна 78848,0 м, по параллели 60° — 55801,0 м, на полюсе равна 0.



Р и с . 1.19. Определение географических координат по номенклатуре листа карты



Р и с . 1.20. Определение номенклатуры миллионного (а) и стотысячного (б) листов карты по географическим координатам точки

Для вычисления длины дуги в 1° по параллели на любой широте пользуются формулой

$$\cup I_{\varphi}^{\circ} = (111321,0 \cos \varphi) \text{ м.}$$

Так, приближенная длина дуги в 1° на параллели с $\varphi = 60^\circ$ будет иметь значение

$$\cup I_{60^\circ}^{\circ} = (111321,0 \cdot 1/2) = 55661,0 \text{ м.}$$

Точные длины дуг в 1° по широте и долготе указаны в табл. 1.8 географического атласа для учителей средней школы или вычисляются по формулам:

$$\cup I_{\lambda}^{\circ} = (111321,0 \cos \varphi - 94,0 \cos 3\varphi) \text{ м;}$$

$$\cup I_{\varphi}^{\circ} = (111143,0 - 5620 \cos 2\varphi) \text{ м.}$$

Так как длина дуги в 1° по параллели 60° равна 55801,0 м, а дуга в 3° — 167403,0 м, то ордината северо-западного угла листа запишется: $Y = 6932597,0$ м, абсцисса северо-западного угла — $X = 111143,0 \times 60'' = 6668580,0$ м.

В действительности ошибка в определении ординат составляет примерно 100 м, тогда как ошибка в определении абсциссы северо-западного угла листа О-31-1 составила около 4 км.

Цель данной задачи показать на примере недопустимость определения абсцисс точек, расположенных на краях зон и в высоких широтах. Именно здесь образуется наибольшее расхождение между абсциссами, определенными по географической широте, и действительными.

Только на осевых меридианах зон или вблизи от них можно приблизительно определять абсциссы точек по географической широте и удаление от линии экватора, не вводя поправок за кривизну параллелей по отношению прямых координатных линий. При определении приближенных абсцисс точек по широте на меридианах, отстоящих от осевых меридианов зон в средних широтах, следует через каждые 30' делать следующие поправки:

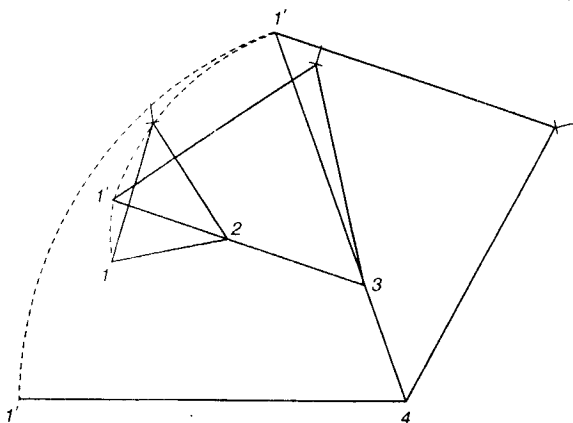
Удаление меридиана от осевого	3°00'	2°30'	2°00'	1°30'	1°00'	0°30'	0°00'
Поправка, м	4200	2900	1470	840	490	160	000

2. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

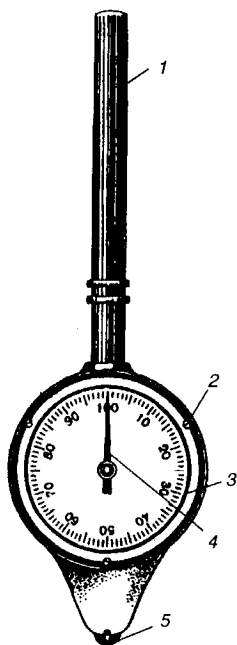
2.1. Измерение расстояний на топографической карте

Отрезки прямых линий по карте измеряют циркулем-измерителем. Ножки циркуля-измерителя точно совмещают с двумя крайними точками отрезка. Раствор циркуля переносят на линейный или поперечный масштаб и определяют в масштабе карты, какому горизонтальному расстоянию на местности соответствует измеренный отрезок на карте.

Длину ломаной линии измеряют путем суммирования ее отрезков между поворотными точками (рис. 2.1). При этом задняя ножка циркуля каждый раз разворачивается при неизменном растворе его по



Р и с. 2.1. Измерение длины ломаной линии путем наращивания



Р и с. 2.2. Курвиметр

направлению продолжения очередного отрезка. Такой метод суммирования отрезков ломаной линии позволяет повысить точность измерения.

Общую длину ломаной линии в виде отрезка $1-4$ также определяют по линейному или поперечному масштабу.

Длину криволинейных отрезков участков дорог, рек и т. д. определяют между поворотными точками описанным методом или при помощи курвиметра (рис. 2.2).

Курвиметр состоит из вращавшегося колесика 5, связанного с системой зубчатых колес, помещенных в коробку 2. В коробке имеется вращающаяся шкала 3 с неподвижным отсчетным индексом 4. При измерении кривой линии по карте курвиметр удерживается за рукоятку 1 и прокатывается колесиком по всей линии. Разность начального и конечного отсчетов покажет длину линии в делениях шкалы курвиметра. Цену деления шкалы предварительно находят из нескольких измерений отрезка известной длины.

Длину извилистой линии, если нет курвиметра, можно измерить циркулем-измерителем, взяв постоянный раствор циркуля 3—5 мм. Величина отрезка зависит от степени извилистости

линии. Этот раствор последовательно откладывают от начала до конца линии. Тогда длина извилистой линии определится произведением длины отрезка на число перестановок циркуля-измерителя.

▽ 2.1. Определить точные расстояния между двумя значительно удаленными точками на деформированной карте.

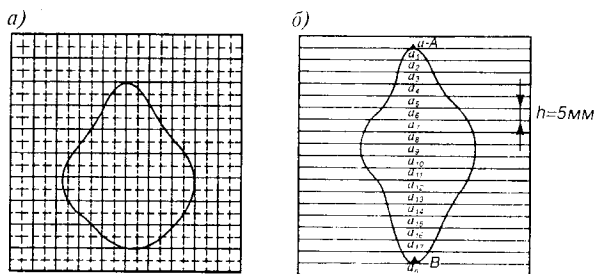
Рассмотрим два случая: 1) крайние точки измеряемой линии расположены на линиях ординат и абсцисс или вблизи от них, т. е. по направлениям километровой сетки; 2) измеряемая линия расположена под углом к абсциссам и ординатам километровой сетки (рис. 2.3).

В первом случае длина отрезков AB и AD измеряется суммой целых километров, заключенных между ближайшими к точкам линиями километровой сетки, плюс (минус) приращения ΔX или ΔY от ближайших километровых линий до точек. Например, длина $AB = 3$ км; $\Delta Y_1 + \Delta Y_2 = 3$ км + 75,0 + 740,0 = 3815,0 м. Во втором случае, когда карта деформирована (порвана, залита кровью, грязью, что случается в полевых и фронтовых условиях), но надо знать точное расстояние между точками A и C , прибегают к вычислению прямоугольных

2.2. Измерение площадей на топографической карте

Измерение участков местности значительно облегчает топографическая карта. Пользуясь этими измерениями, можно решить многие инженерно-технические, планово-экономические и исследовательские задачи.

Как правило, конфигурации участков леса, пашен, лугов, болот и т. д. имеют неправильные геометрические формы. В зависимости от конфигурации площадей, средств, точности и сроков измерения применяются различные способы выполнения работы. Их можно подразделить на графический, аналитический и механический.



Р и с . 2.4. Палетки:

а — квадратная; б — параллельная

Графический способ. Сущность его состоит в том, что площадь участка на карте разбивается на простейшие геометрические фигуры — прямоугольники, трапеции, треугольники.

По формулам геометрии определяют площади отдельных фигур и подсчитывают общую площадь участка. Наилучшим вариантом разбивки является деление участка на равносторонние треугольники. Точность определения площади участка зависит от числа взятых фигур и углов границы участка. Точность измерения повышается в результате повторных измерений и при новой разбивке участка на другие фигуры. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из всех измерений.

Быстрый и сравнительно точный результат измерений больших, сплошных площадей участков обеспечивается использованием квадратов километровой сетки на картах. Здесь конечный результат измерения площади складывается из подсчета числа полных квадратов и частей, их заполняющих.

Для измерения площадей небольших участков с криволинейным

контуром применяют квадратные или параллельные палетки на прозрачном материале (рис. 2.4, а, б).

В качестве прозрачного материала для изготовления палетки служит мелинекс, стекло, перматрейс, экалон и другие материалы.

Квадратная палетка представляет собой квадрат со стороной 1 дм, который разбит на сеть средних квадратов со стороной 1 см, средние квадраты разбиты на сеть малых квадратов со стороной 2—5 мм.

Площадь участка определяется подсчетом больших, средних и малых квадратов, заключенных в фигуре участка. Для повышения точности и контроля измерение площади участка следует производить повторно, меняя положение палетки относительно контура участка.

Недостатком применения квадратных палеток является то, что доли палеток оцениваются на глаз и подсчет числа клеток затруднителен. Этого недостатка можно избежать при применении параллельных палеток (рис. 2.4, б).

Здесь параллельные линии проведены на расстоянии 2 мм одна от другой. Палетку накладывают на криволинейный контур участка так, чтобы какие-нибудь две линии палетки касались контура (A и B). В этом случае можно считать, что площадь участка разбивается палеткой на ряд трапеций с основаниями a_1, a_2, \dots, a_n .

Крайние части палетки с точками A и B следует считать трапециями с основаниями, равными нулю. Общая площадь участка S будет равна сумме площадей всех полученных трапеций, каждая из которых имеет постоянную высоту h , т. е. определяется формулой $S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n$.

Так как площадь каждой трапеции равна произведению полусуммы оснований на высоту, то можно записать:

$$S = \frac{a_0 + a_1}{2}h + \frac{a_1 + a_2}{2}h + \dots + \frac{a_n + a_{n+1}}{2}h$$

или

$$2S = h(a_0 + 2a_1 + 2a_2 + \dots + 2a_n + a_{n+1}).$$

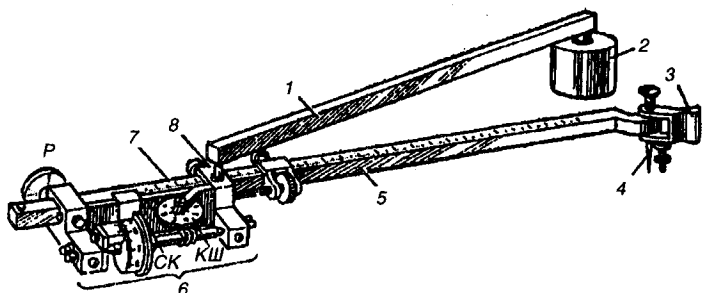
Но так как $a_0 = 0$ и $a_{n+1} = 0$, то формула примет окончательный вид:

$$S = h(a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n).$$

Величины оснований a_1, a_2, \dots, a_n измеряются циркулем-измерителем по способу суммирования отрезков ломаной линии.

Механический способ. При измерении больших площадей участков с криволинейным контуром на топографической карте применяется полярный планиметр (рис. 2.5).

Полярный планиметр состоит из полюсного 1 и обводного 5 рычагов. Обводной рычаг переменной, а полюсный — постоянной длины. Один конец полюсного рычага снабжен грузиком 2 с иглой 4,



Р и с . 2.5. Полярный планиметр

а другой — выступом с шаровой опорой 8. Шарик выступа входит в сферическое гнездо на каретке 7 обводного рычага, этим достигается их шарнирное соединение, и, кроме того, шарик служит осью вращения обводного рычага.

Каретка 7 обводного рычага имеет счетное колесо СК и ролик Р. Счетное колесо, ролик и штифт флажка 3 являются точками опоры обводного рычага 5, на конце которого закреплена обводная игла или увеличительное стекло-мишень, необходимое для точной обводки контура площади. На каретке 7 крепится счетный механизм, состоящий из счетного колесика СК и счетчика оборотов этого колеса — круговой шкалы КШ циферблата, связанной со счетным колесом червячной передачей.

Счетное колесо разделено на 100 делений, круговая шкала — на 10 делений, каждое соответствует одному обороту счетного колеса. Полный отсчет будет состоять из четырех цифр, которые получают в следующем порядке: первую — по круговой шкале (циферблату) — число оборотов колеса, вторую и третью — по барабану колесика, четвертую — по верньеру.

Для измерения площади участка обводная игла ставится над какой-то выбранной начальной точкой контура. Снимается отсчет t_1 из четырех цифр. Затем иглой плавно, не сходя с контура, обводят фигуру до возвращения в начальную точку и записывают конечный отсчет t_2 . Тогда площадь измеренного участка составит

$$S_1 = p(t_2 - t_1),$$

где p — цена деления планиметра.

Такую же операцию выполняют при обводе фигуры в обратном направлении. Получают отсчеты t_3 и t_4 . Высчитывают площадь

$$S_2 = p(t_3 - t_4).$$

Из двух измерений площади берут среднюю величину:

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}.$$

Величина p должна быть известна заранее. Ее определяют, измерив площадь известной величины (например, 3-4-6 клеток километровой сетки) и поделив эту площадь на разность конечного и начального отсчетов планиметра при двукратном измерении.

Точность измерения площадей планиметром повышается при измерении площадей более 20—25 см² и при работе с планиметрами, снабженными двумя счетными механизмами.

Аналитический способ. Способ применяется в случае, когда измеряемая площадь участка представляет собой многоугольник, известны или легко определимы по карте координаты его вершин и когда необходимо обеспечить высокую точность измерения.

▽ 2.2. Определить площадь пятиугольника 12345 (рис. 2.6). Координаты вершин 12345 сняты с карты.

Площадь пятиугольника можно выразить уравнением

$$S = S_{121'2'} + S_{232'3'} + S_{343'4'} - S_{155'1'} - S_{544'5'}.$$

Основания всех трапеций есть абсциссы точек, высотами являются ординаты точек. Удвоенная площадь трапеции равна сумме оснований на высоту. Тогда равенство запишется в виде:

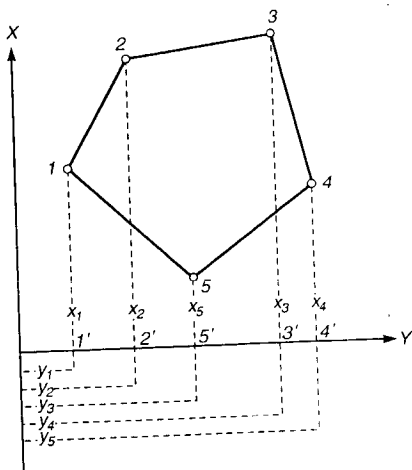
$$2S = (x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + (x_2 + x_3)(y_3 - y_2) - (x_3 + x_4)(y_4 - y_3) - (x_5 + x_1)(y_5 - y_1) - (x_4 + x_5)(y_4 - y_5).$$

После преобразования

$$2S = x_1(y_2 - y_1) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_4 - y_2) + x_4(y_5 - y_3) + x_5(y_1 - y_4).$$

В общем виде окончательная формула для вычисления площади многоугольника запишется так:

$$2S = \sum_{i=1}^n X_n(Y_n - Y_1).$$



Р и с . 2.6. Аналитический способ определения площади

Формулу следует читать так: *удвоенная площадь многоугольника равна сумме произведений абсцисс каждой точки на разность ординат левой и правой точек по ходу часовой стрелки.*

2.3. Определение форм рельефа на топографической карте

Рельеф — один из важнейших элементов географической среды. Он определяется совокупностью пространственных форм неровностей земной поверхности. Различают естественный рельеф, образованный работой сил природы, и рельеф искусственный, созданный деятельностью человека.

Рельеф существенно влияет на ландшафтные особенности территории, на размещение почв и растительности, социально-экономических объектов, перераспределение тепла и влаги, химических элементов. Особенности строения рельефа широко учитываются при проектировании и строительстве народнохозяйственных объектов, при решении многих инженерных задач по ведению наступательных и оборонительных действий войск. Отсюда становится очевидной необходимость умения не только читать и представлять многообразие и особенности форм рельефа, но и умение по рельефу топографической карты производить необходимые измерения и построения.

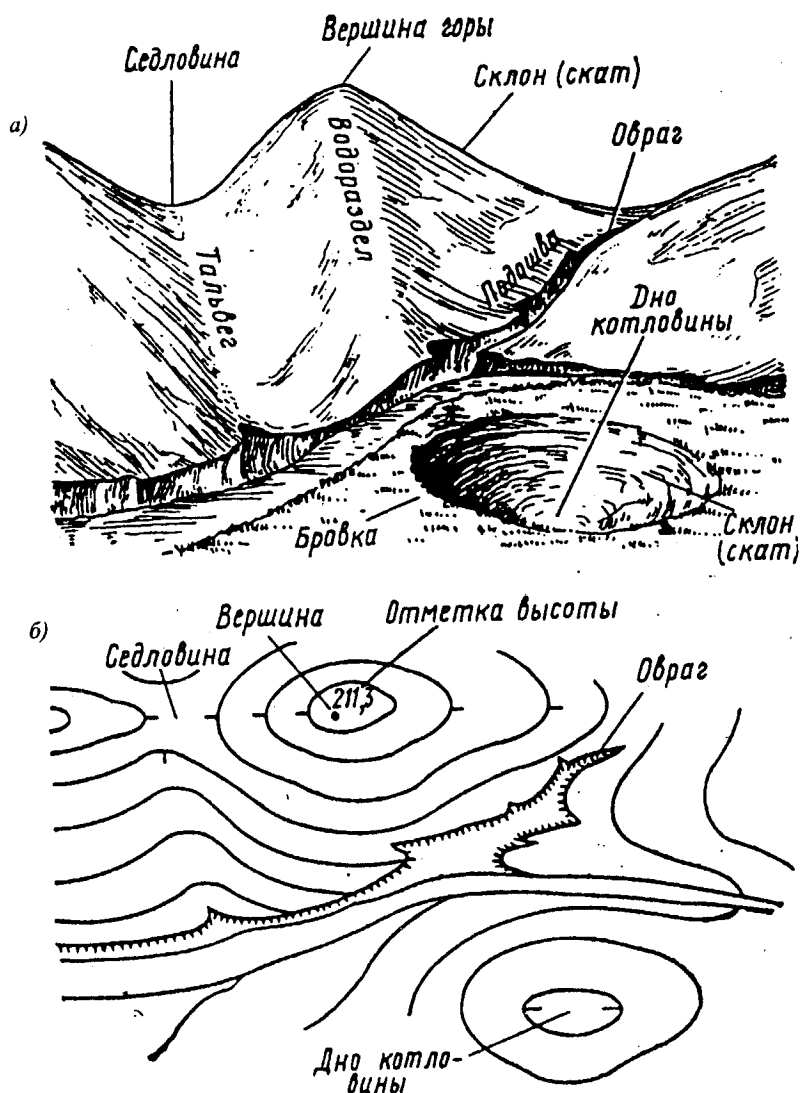
Несмотря на многообразие форм рельефа, из них можно выделить пять основных.

Гора (холм) — это куполообразная или конусообразная форма рельефа, возвышающаяся над окружающей местностью. Наивысшая ее точка называется вершиной, боковые поверхности — скатами или склонами, линии слияния скатов с окружающей местностью образуют основание горы или подошву. Склоны горы подразделяются на ровные, выпуклые и вогнутые. Бровка склона — линия перегиба ровной площадки или пологого склона с более крутым склоном.

Котловина (впадина) — это форма рельефа, представляющая замкнутое углубление земной поверхности. Самая низкая точка котловины называется *дном*. Боковые поверхности котловины состоят из склонов, линия их слияния с окружающей местностью образует бровку котловины.

Хребет — вытянутая возвышенность, понижающаяся в одном направлении. Хребет имеет два ската, линия их слияния образует водораздельную линию — ось хребта.

Лощина — вытянутое постепенное понижение местности в одном направлении. Два ската лощины, соединяясь вместе, образуют линию тальвега, или водосливную линию. Разновидностями лощины являются: долина — широкая лощина с пологими задернованными склонами; овраг — узкая лощина с крутыми обнаженными склонами; промоина —



Р и с . 2.7. Элементы рельефа (а) и их изображение на карте (б)

узкое углубление с крутыми обнаженными склонами, образующимися под действием стока воды. Овраг со склонами, заросшими растительностью, называется балкой.

Седловина — это место, образуемое слиянием двух хребтов и началом двух лощин, расходящихся в противоположных направлениях. Седловины в горах называются *перевалами*. Вершину горы, дно котловины и низшую точку седловины называют *характерными точками рельефа*, а линии водоразделов и тальвегов — *орографическими линиями*.

На рис. 2.7 изображены основные формы рельефа.

Рельеф на топографических картах изображается горизонталями. Общими требованиями по его изображению являются: отображение общеморфологических особенностей типов рельефа, точное изображение высотной характеристики и форм рельефа, характеристика его склонов.

По морфологическим признакам рельеф принято подразделять на плоскоравнинный и равнинный, пересеченный и всхолмленный (с преобладающими углами наклона до 6°), предгорный и горный, высокогорный.

Для изображения рельефа устанавливается высота основного сечения рельефа горизонталями, исходя из масштабов карт и разных типов рельефа (табл. 2.1).

Примечание: на карте масштаба 1 : 500 000 высота сечения равна 50 м или 100 м, на 1 : 1 000 000 карте рельеф изображается гипсометрическим способом.

Особенности рельефа местности не всегда удастся изобразить горизонталями основного сечения. Часть довольно значительных неровностей может остаться не выраженными на карте. Там, где не хватает высоты основного сечения рельефа для передачи его микроформ и высотности (плоские равнины), применяют дополнительные и вспомогательные горизонтالي, равные соответственно половине и одной четверти основного сечения. С помощью дополнительных и вспомогательных горизонталей изображаются формы вершин, седловины, перегибы склонов, долины рек, пологие участки, где расстояния между горизонталями на карте более 2,5 см, и другие мелкие детали рельефа, существенные в данном масштабе, но не отображенные основными горизонталями.

Таблица 2.1. Принятая высота сечения рельефа для карт масштабного ряда

Районы	Принятая высота сечения, м				
	1 : 10 000	1 : 25 000	1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000
Плоскоравнинные открытые	2,5	2,5	10	20	20
Плоскоравнинные залесенные, равнинные пересеченные, песчаные пустыни, всхолмленные (углы наклона до 6°)	5	5	10	20	20
Предгорные и горные	5	5	10	20	20
Высокогорные	—	10	20	40	40

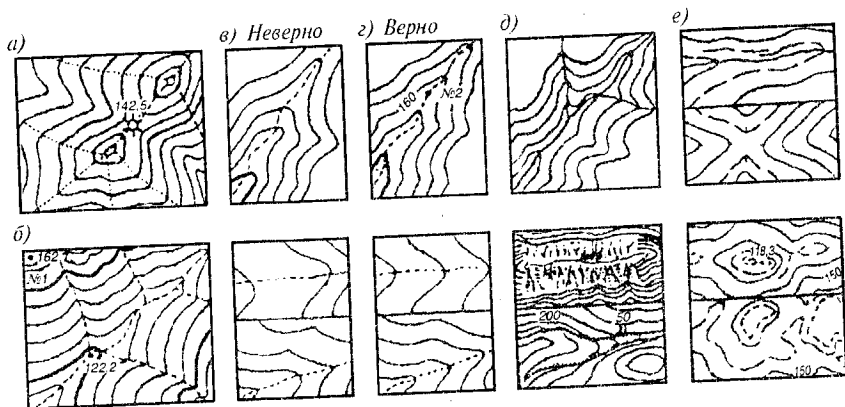


Рис. 2.8. Замыкание горизонталей по орографическим линиям рельефа

Для полной характеристики рельефа на всех картах даются отметки высот (от 5 до 15 на 1 дм карты), оцифровки горизонталей и формы рельефа, не выражающиеся горизонталями: обрывы, камни, овраги, скалы-останцы, сухие русла рек.

Горизонтالي на карте — это не только математические линии равных высот, но и линии, рисующие формы рельефа. По совокупности и рисунку горизонталей судят о формах рельефа, а по формам — в целом о типе рельефа. Так, плавные, округлые горизонтали выражают мягкие, спокойные формы рельефа, угловатые, неровные, со сложным рисунком — резкие формы.

Горизонтали незаменимы для изображения форм рельефа, которым присуще постепенное нарастание или падение высоты. Однако горизонтали теряют свое назначение при изображении резких нарушений рельефа (обрывы, овраги, скалы, трещины). Горизонтالي мало пригодны для изображения микроформ рельефа, именно тех элементов, где их высота меньше установленного для карты сечения. Наконец, горизонтали не применимы для изображения немасштабных объектов рельефа (курганы, скалы-останцы, ямы).

При чтении рельефа, изображенного горизонталями, следует учитывать следующие особенности их построения:

положительные формы рельефа (гора, хребет, холм) имеют обычно сглаженные очертания и на карте изображаются плавными изгибами горизонталей (рис. 2.8, а); водоразделы (рис. 2.8, а) изображаются горизонталями, вытянутыми вдоль и симметрично водораздельной линии; отрицательные формы рельефа (лощины, овраги, промоины), как правило, изображаются резкими изгибами горизонталей. Они также вытянуты и симметричны линии тальвега (рис. 2.8, б); каждая отдельно взятая горизонталь имеет изгибы, повороты. По-

ворот горизонтали обозначает переход одного склона в другой. При продольном изгибе склона горизонтали не должны иметь угловатых переломов и поворотов, они должны быть плавными;

система горизонталей одного склона характеризуется однородностью заложений, т. е. они остаются равными, уменьшаются или увеличиваются, изгибы и повороты всех горизонталей должны располагаться на одной линии;

горизонтали могут пересекать все элементы карты, за исключением гидрографических объектов (в две линии) и дорожной сети;

орографические линии пересекаются горизонталями в точках наибольшего изгиба горизонталей;

на реках, ручьях с плавным течением заложения между горизонталями должны постепенно уменьшаться от устья к истоку (рис. 2.8, *г*); по главной реке горизонтали затягиваются дальше к истоку, чем у ее притоков (рис. 2.8, *д*);

при изображении таких форм рельефа, как скалы, обрывы, осыпи горизонтали, нужно учитывать их высоту (на рис. 2.8 показано, что с одной стороны осыпи входят две горизонтали и с другой стороны выходят тоже две. Это правильно);

основные и дополнительные горизонтали должны быть согласованы по высоте (рис. 2.8, *е*). Высоту вспомогательных горизонталей можно в пределах точности нанесения горизонталей завышать или занижать для отображения отдельных характерных форм рельефа (бугры на плоской равнине, блюдца, западины);

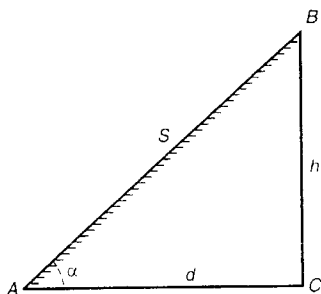
каждая пятая горизонталь утолщается, при высоте сечения 2,5 м утолщается каждая четвертая. Оцифровки утолщенных горизонталей кратны знаменателю масштаба карты, уменьшенному в 10 раз, или высоте сечения рельефа;

толщины утолщенных, основных, дополнительных и вспомогательных горизонталей должны быть разумно согласованы между собой для того, чтобы рельеф изображался пластичным, хорошо просчитывался, вырисовывался, не перегружал карту (рис. 2.8);

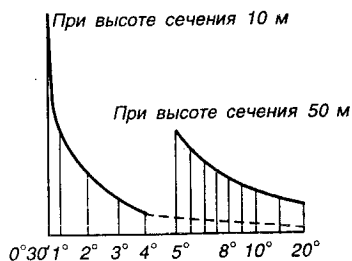
оцифровки горизонталей подписываются на свободных местах так, чтобы цифры читались без затруднения, не были перевернутыми. Предпочтение отдается оцифровке утолщенных горизонталей; верхние части цифр направлены в сторону возвышения ската.

2.4. Определение высот точек на карте

Определение высот точек — наиболее часто встречаемая задача при работе с топографической карты. Ее решение упрощается, если вблизи от определяемой точки находится оцифровка горизонтали, отметка высоты другой точки, уреза воды; если характер рельефа выражен пластичными, наглядными формами. В случае мелкосопочного, расчлененного рельефа, когда для его изображения применяют, кроме



Р и с. 2.9. Профиль ската



Р и с. 2.10. График заложений

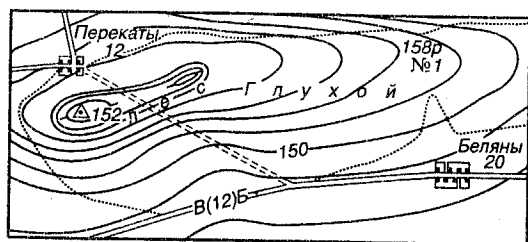
сплошных горизонталей, еще дополнительные и вспомогательные, а также в случае горного, высокогорного (тектонического) рельефа определение высот точек сопряжено с определенными трудностями и ошибками.

▼ 2.3. Для определения высоты точки, в зависимости от конкретных особенностей изображения рельефа, в общем случае выполняют следующие действия:

- 1) определяют высоту сечения рельефа горизонталями;
- 2) вблизи от точки отыскивают оцифровку, как правило, утолщенной горизонтالي или отметку высоты другой точки и по ней определяют высоту ближайшей к точке утолщенной горизонтالي;
- 3) определив высоту утолщенной горизонтали, отсчитывают число основных горизонталей до точки. Например, на рис. 2.11 горизонтали на карте проведены через 5 м, высота ближайшей утолщенной горизонтали (под геопунктом 187,2) — 175 м, высота основной горизонтالي — 185 м. Высоту самой определяемой точки можно установить: если на скате, то путем интерполяции заложения соседних горизонталей; если на вершине, то следует посмотреть на карте характер вершин других точек (пикообразный, столообразный) и по величине замыкания точки горизонталью определить поправку к найденной высоте.

Высоты точек легко определять по отметкам урезов воды на карте. Так, отметка высоты точки № 1 на рис. 2.8, б легко определится, если взять отметку уреза воды 122,2 и определить, через сколько метров проведены утолщенные горизонтали (через 25 м). Значит, все основные (тонкие) горизонтали проведены через 5 м. Ближайшая к точке утолщенная горизонталь равна 125 м. Ограничивают точку две тонкие целые горизонтали, характер вершин других точек пикообразный. Значит, высота точки приблизительно равна 162,7 м.

Если точка (на рис. 2.8, а — курган) расположена на водоразделе хребта или линии тальвега в ложине, то ее отметку определяют по двум соседним горизонталям обязательно по линии водораздела или тальвега.



Р и с. 2.11. Определение крутизны скатов на карте

Так, отметку кургана вычисляют интерполяцией расстояния между соседними горизонталями 135 и 140 м, т. е. 137,5 м плюс высота самого кургана — 5 м.

Абсолютная высота кургана в итоге составит 142,5 м. Высоту точки № 2 на рис. 2.8, z определяют по формуле

интерполяцией заложений между нижней и верхней горизонталями точки 155 и 160 м, т. е. 158,0 м.

Определение крутизны скатов на карте. Крутизна скатов рельефа местности характеризуется углом наклона линии наибольшего ската. Рассмотрим треугольник ABC на рис. 2.11.

Здесь h — высота сечения рельефа горизонталями, м; d — заложение на карте, м; α — угол наклона линии на местности (крутизна ската).

Угол наклона определяется по формуле

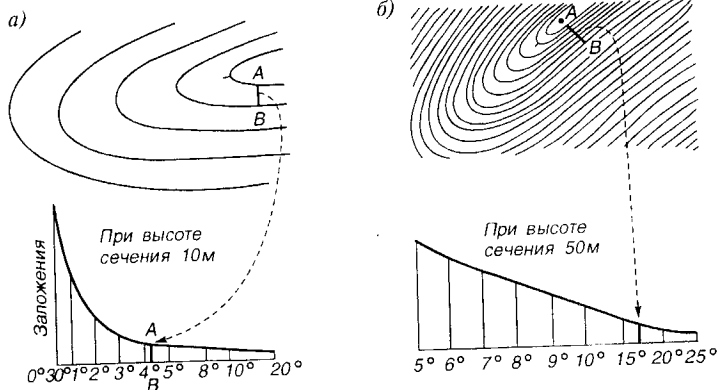
$$\alpha = h \operatorname{ctgd}.$$

Из полученной формулы видно, что крутизна ската тем больше, чем меньше заложение. Значит, чем дальше отстоят друг от друга горизонтали на карте, тем меньше крутизна ската и наоборот.

Крутизну скатов на карте можно всегда рассчитать по формуле, но лучше, причем гораздо проще и быстрее — по графику заложений (рис. 2.10).

График заложений. График заложений размещается под южной рамкой топографической карты и состоит из левой и правой шкал. Левая шкала графика применяется для определения крутизны скатов равнинного рельефа, где величины заложений между основными сплошными горизонталями сравнительно велики. Правая шкала используется для определения крутизны скатов горного или высокогорного рельефа, где заложения измеряют не по основным горизонталям, а по соседним, утолщенным в месте наименьшего расстояния между ними.

▼ 2.4. Построить график заложений. Проводят горизонтальную прямую и на ней откладывают основные отрезки размером 4—8 мм, в зависимости от масштаба карты. При этом отрезок линии между $0^\circ 30'$ и 1° уменьшается и должен быть равен половине основного, отрезок между 5 и 8° увеличивается в 1,5 раза и разбивается на три части, отрезок $8 - 10^\circ$ сохраняет свою длину, но разбивается пополам. Остальные отрезки, независимо от взятых показателей углов, сохраняют размер основного отрезка (рис. 2.10). Затем по формуле $\alpha = h \operatorname{ctgd}$



Р и с. 2.12. Определение углов наклона по графику заложений между соседними основными (а) и утолщенными (б) горизонталями

вычисляют величины заложений, в зависимости от высоты основного сечения и углов наклона. Например, для карты масштаба 1 : 50 000 при $h = 10$ м

$$d_1 = \frac{1000 \times 57,29}{50000} = 1,14 \text{ см}, d_{2^\circ} = 0,57 \text{ см}, d_{3^\circ} = 0,57 \text{ см}, \dots, d_{20^\circ} = 0,05 \text{ см},$$

$$d_{30^\circ} = 0,38 \text{ см}, d_{40^\circ} = 0,29 \text{ см}; \text{ при } h = 50 \text{ м } d_{50^\circ} = 1,14 \text{ см}, d_{20^\circ} = 0,03 \text{ см}.$$

Вычисленные заложения откладывают на перпендикулярах, восстановленных в точках соответствующих углов наклона. Точки отложенных заложений на перпендикулярах соединяют плавной кривой, отдельно для левой и правой шкал. Пользуясь построенным графиком заложений, по топографической карте можно решить любую задачу определения крутизны скатов местности (см. рис. 2.11).

Например, танковому батальону, находящемуся на марше по шоссе, поставлена задача передислоцироваться в населенный пункт. Перекаты по лесной дороге через перевал хребта.

Задача предварительно решается по карте. Прежде всего надо учесть, что, кроме танков, в колонне движутся автозаправщики, бронетранспортеры, автомашины и что их проходимость разная. Учитываются также условия проходимости местности: состояние погоды, качество грунта, наличие пней, крутизна скатов. Известно, что в благоприятных условиях местности автомашины могут преодолеть крутизну скатов до 16° , танки, бронетранспортеры — до 45° . Наиболее сложным является определение крутизны ската на карте. Для этого на просеке отыскивают самый крутой участок движения, т. е. такой, где горизонтали друг от друга проведены на наиболее близком расстоянии. Это расстояние на рис. 2.12, измеренное по перпендикуляру между

соседними горизонталями, переносят на график заложений до точного совпадения раствора циркуля с одним из перпендикуляров графика заложения.

Значение угла наклона ската определяют цифрой, подписанной против соответствующего перпендикуляра.

В нашем случае угол наклона ската равен 7° , значит, явно вся техника батальона выполнит свою задачу.

На рис. 2.12, а, б показаны приемы определения крутизны ската между основными и утолщенными горизонталями по топографической карте.

2.5. Построение на карте линий с заданным уклоном

При проектировании и строительстве инженерных сооружений (железных дорог, шоссе, трубопроводов, каналов и т. д.) для характеристики наклонов линий и плоскостей применяют термин — уклоны.

Уклон — это тангенс угла альфа, выраженный в тысячных долях единицы. Его принято обозначать буквой i .

Если принять $d = 1$, то $i = h$. Это означает, что уклон представляет собой превышение на единицу длины. Так, если $i = 0,10$, то это значит, что на 1 м длины превышение составит 10 см, на 100 м — 10 м, на 1000 м — 100 м.

В случае, когда углы наклона малы, уклоны выражают в тысячных долях и записывают целыми числами. Например, уклон 0,005 записывают как число 5.

График заложений уклонов строят аналогично графику углов наклона. Величины заложений (рис. 2.13) вычисляют по формуле

$$d = h/l.$$

Например, в масштабе $1 : 10\,000$ и $h = 1,0$ м, для уклонов 0,01, 0,02, 0,03, 0,05, 0,10, 0,15, 0,20, 0,25, 0,30 заложения соответственно будут равны:

$$d_1 = \frac{100 \cdot 100}{10000} = 1,0 \text{ см}, d_2 = 0,5 \text{ см}, d_3 = 0,33 \text{ см}, d_4 = 0,20 \text{ см}, d_5 = 0,1 \text{ см},$$

$$d_6 = 0,07 \text{ см}, d_7 = 0,05 \text{ см}, d_8 = 0,04 \text{ см}, d_9 = 0,03 \text{ см}.$$

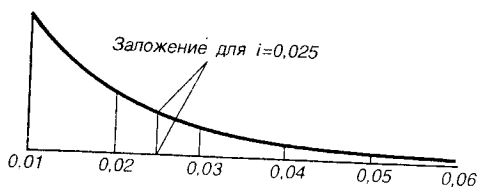
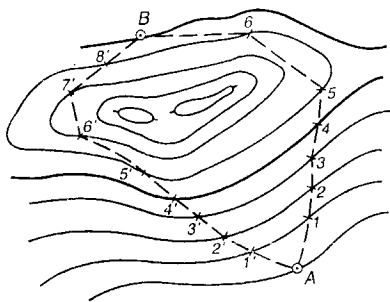
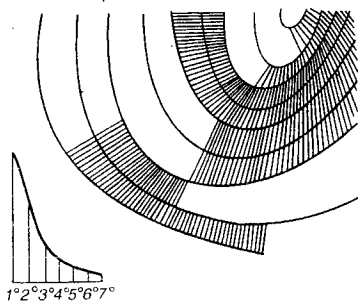


Рис. 2.13. График заложений для уклонов

Пользуясь графиками заложений для уклонов на топографической карте, можно решать задачи по трассированию дорог, каналов и т. п. Основными требованиями при этом являются: сохранение заданного уклона отрез-



Р и с. 2.14. Построение линий с заданным уклоном



Р и с. 2.15. Выделение участков с углами наклона больше заданного

ков линии, минимальная длина трассы, меньшее число поворотных точек, наибольшая величина прямых участков, меньший объем земляных работ.

▽ 2.5. Требуется наметить трассу дороги (рис. 2.14) от точки *A* до *B* в масштабе 1 : 1000 с предельным уклоном 0,02 и высотой сечения $h = 1,0$ м.

Для решения задачи следует с графика заложений для уклонов снять циркулем-измерителем или вычислить заложение, равное 5 мм. Далее, начиная от точек *A* и *B*, расстояние, взятое циркулем, последовательно откладывают до пересечения с горизонталью. При этом следят, чтобы расстояние между соседними горизонталями не было меньше рассчитанного, а большим оно может быть в равнинных участках. В этих случаях стараются как можно большими сделать отрезки линии и сократить число поворотных точек, спрямить путь. Обычно бывает несколько вариантов решения задачи, на рис. 2.14 — два.

Окончательный вариант должен отвечать всем техническим требованиям, упоминаемым выше.

2.6. Построение на карте участков, имеющих на земной поверхности угол наклона больше или меньше заданного

Решение этой задачи связано с условиями сельскохозяйственного производства, где рельеф существенно влияет на экспозицию обрабатываемых площадей, а распределение тепла и влаги — на выбор сельскохозяйственных культур, применение машинной обработки земли, на степень проявления почвенно-эрозионных процессов и т. п.

При проектировании градостроительства многие расчеты также связаны с определением углов наклона земной поверхности.

Начальным этапом решения задачи является составление шкалы градаций углов наклона и определения величин ступеней шкалы. Это прежде всего зависит от назначения карты. Так, при составлении почвенных карт в равнинных районах обычно выделяют склоны до 1° , от 1 до 2° , от 2 до 5° , от 5 до 8° и более. Далее с карты копируют на прозрачный материал шкалу заложений. Изготовленную шкалу перемещают по карте между двумя соседними горизонталями и отбивают в полосе, ограниченной горизонталями, участки с заданными углами наклона. Выделенные участки окрашивают (заштриховывают) с нарастанием интенсивности цвета от меньших углов наклона к большим.

Пример построения участков с углами наклона, большими заданного, показан на рис. 2.15. Участки с углами наклона больше 2° на рисунке заштрихованы.

2.7. Построение орографических линий водоразделов и тальвегов на топографической карте

Построение орографических линий необходимо для решения многих инженерных задач:

при проектировании различных гидротехнических сооружений, водохранилищ, зон затопления, плотин, мостов и т. д.;

при различных отраслевых географических исследованиях.

Построение линий водосборов (тальвегов) на карте. *Тальвегом* называется линия наинизших высотных отметок, по которой течет вода, собираемая со склонов. Тальвегом может быть любой постоянный или временный водоток от крупных рек до появляющихся во время снеготаяния или дождей.

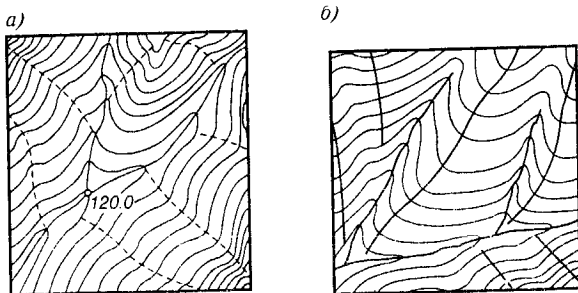
Увеличение системы тальвегов идет по принципу от второстепенного к главному, от меньшего к большему, от незначительного ручья к крупной реке.

Для того чтобы на карте провести линии тальвегов на каком-то участке карты, надо при общем обзоре рельефа установить главный водоток (самые пониженные участки) и сходящиеся к нему другие менее значительные водотоки.

При проведении линии тальвега следует соблюдать правила: тальвег пересекает горизонтали в точках их большего перегиба, равномерно деля промежутки между ними;

замыкание горизонталей по крупным рекам происходит равномерно на всем протяжении, по притокам замыкания уменьшаются равномерно в сторону подъема склона.

На рис. 2.16, а показаны линии тальвегов и правильное замыкание горизонталей по ним.



Р и с. 2.16. Линии тальвегов (а) и водоразделов (б)

Построение линий водоразделов. Обычно принято после нанесения на карту системы тальвегов наносить систему линий водоразделов.

Водораздел — это линия пересечения верхних частей противоположных склонов на земной поверхности, с которых вода стекает в разные водотоки. Это линия самых больших высотных отметок любого возвышения местности.

На рис. 2.16, б следует проследить положение линий водоразделов.

Системы водораздельных линий имеют обычно сложное разветвленное строение.

Увеличение системы водоразделов, в отличие от тальвегов, идет по принципу сверху вниз: наносятся основные водораздельные линии, разделяющие бассейны крупных рек, затем отходящие от них водораздельные линии, отделяющие бассейны крупных притоков, и т. д., вплоть до бассейнов мелких притоков.

Определение положения любой водораздельной линии исходит из основного принципа, что вода всегда течет от водораздельной линии к тальвегу по самому крутому уклону, т. е. по направлению наименьших заложений.

Проследив возможный путь воды к тальвегу, можно установить положение водораздельной линии. При нанесении линий водоразделов следует соблюдать правила:

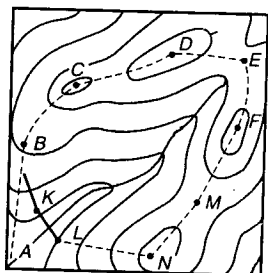
линия водораздела пересекает горизонтالي в точках их большего изгиба;

между двумя тальвегами должно быть не меньше одной линии водораздела;

вода с участка поверхности, заключенной между двумя тальвегами, может попадать не только в них, но и в третий, в который впадают первый и второй.

2.8. Построение границ водосборной площади (бассейна водотока)

Водосборная площадь (бассейн) — это та часть земной поверхности, с которой вода стекает в систему внутреннего водотока — реку, ручей, овраг и т. п.



Р и с. 2.17. Построение границ водосборной площади

Определение площади бассейна имеет важное практическое значение при проектировании гидротехнических или иных сооружений, когда надо заранее знать пропуск воды через все имеющиеся водотоки. Границами бассейна какого-либо водотока являются водораздельные линии, охватывающие все участки и поверхности, вода с которых попадает в данный водоток и его притоки.

Очертания границы водосборной площади могут быть сложными, их нанесение представляет определенную трудность, поэтому необходим постоянный контроль за правильностью нанесения границ. Решение задачи следует начинать с изучения тальвегов, входящих в систему водотока. При этом наносятся те водораздельные линии, которые окажутся общими границами водотока (т. е. не вызывающими сомнения), их следует сразу обозначить на карте. Далее наносятся недостающие участки границ, не выявленных при первоначальном осмотре тальвегов. Правильность нанесения границ водосборной площади контролируется положением, когда построенная линия во всех точках будет водораздельной и проходит между тальвегами своей и других систем.

На рис. 2.17 показано построение водосборной площади для ручья с проектируемой плотиной. Границами водосборной площади являются линии $A B C D E F M N L$. Из конечных точек $K L$ плотины к водораздельным линиям AB и NM проводят прямые, перпендикулярные ко всем горизонталям. Замкнутая кривая $K B C D E F M N L$ определяет водосборную площадь.

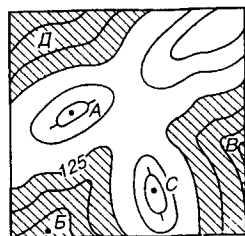
2.9. Проектирование планировки местности на карте

При проектировании строительства гражданских и промышленных объектов возникают задачи планировки местности, т. е. ее выравнивания на каком-то определенном уровне. Идеальным случаем для выбора

площади строительства будет ровная горизонтальная площадка (где до минимума сокращаются объемы земляных работ) или же ровная наклонная.

На карте с горизонталями для любого участка местности можно рассчитать разность его отметок с заданной высотой горизонтальной площадки и на основе расчета определить границы выемок и насыпей.

На рис. 2.18 показано проектирование горизонтальной площадки, ограниченной горизонталью 125 м. Участки насыпей грунта показаны штриховкой, на остальных участках необходимо произвести выемку грунта. Так, в точке *Д* следует насыпать 3 м грунта, в *В* — 2,5 м, в *Б* — 2 м, а в точках *А* и *С* снять 2,5 м грунта.



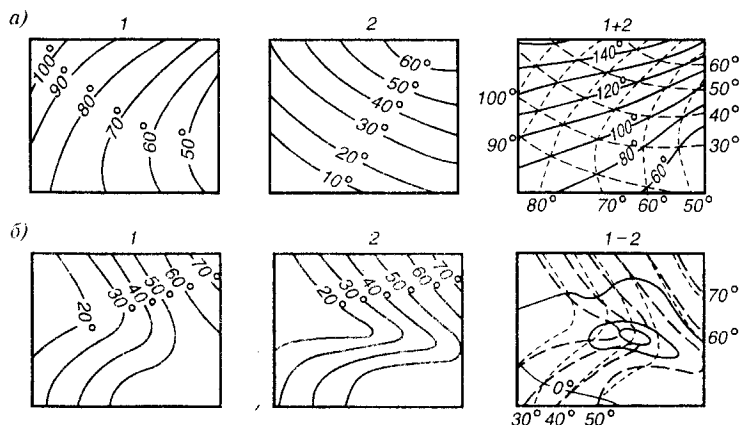
Р и с. 2.18. Проектирование горизонтальной площадки

Сложение и вычитание рельефа поверхности. В результате совмещения двух топографических поверхностей, изображенных горизонталями на картах одного и того же масштаба, можно производить сложение или вычитание рельефа данных поверхностей. После произведенных арифметических действий получится новая карта с изолиниями сумм или разностей.

При сложении поверхностей может быть решена задача определения мощности различных отложений. При вычитании одной поверхности из другой решается задача определения объема снесенного и отложенного грунта, подсчета поверхности стока воды и т. д.

В случае сложения поверхностей $1 + 2$ надо совместить обе карты (рис. 2.19, а). В точках пересечения изолиний определяем суммы и по ним проводим изолинии сумм. При этом легко заметить, что изолинии сумм проходят по диагоналям четырехугольников, образованных пересекающимися изолиниями слагаемых поверхностей. Такая закономерность избавляет от обязательного суммирования значений в каждой точке и позволяет проводить изолинии сумм без подсчета, механически.

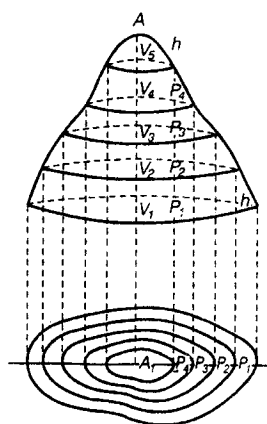
Графическое вычитание поверхностей рельефа $1 - 2$ можно проследить на рис. 2.19, б. Здесь изображен один и тот же участок топографической поверхности на картах, снятых в разное время. В первом случае показана начальная стадия эрозионного процесса долины, а во втором — сформировавшаяся долина. Для подсчета объема снесенного грунта необходимо получить разности топографических поверхностей. Для этого карты накладываются одна на другую и совмещаются горизонтали. Точки пересечения горизонталей соединяют плавными кривыми. По карте разностей можно получить объем снесенного грунта.



Р и с. 2.19. Сложение (а) и вычитание (б) рельефа топографических поверхностей

Определение объемов различных земляных работ. При строительстве различных объектов встает важная задача знать не только площади планировочных работ, но и их объемы. Объемы земляных работ подсчитывают по горизонталям крупномасштабной топографической карты или топографического плана. Объем объекта выражается суммой объемов поясов, заключенных между соседними горизонталями:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5.$$



Объемы нижних поясов определяют приближенно по формулам для вычисления цилиндров:

$$V = \frac{P_n - P_v}{2} h,$$

где P_n и P_v — площади нижнего и верхнего основания; h — превышение между соседними горизонталями.

Самый верхний слой находят по формуле для вычисления объема конуса или купола:

$$V = \frac{1}{3} P_n h; V = \frac{1}{2} P_n h.$$

Р и с. 2.20. Определение объема грунта

Из рис. 2.20 легко понять принцип определения объемов объекта.

2.10. Построение профилей на топографических картах

При сечении поверхностного слоя твердой оболочки Земли отвесной плоскостью в заданном направлении получают *вертикальный разрез*. Уменьшенное изображение его проекции на вертикальную плоскость называется *профилем местности*.

Профили местности широко используют для решения многих научно-практических задач при разнообразных географических исследованиях, в инженерных изысканиях, военном деле и т. д.

Профиль дает наглядное представление о строении земной поверхности, по нему можно выявить закономерности размещения и взаимосвязи рельефа с другими элементами природной и социальной среды. Географу, инженеру-изыскателю, геодезисту необходимо умение быстро и точно строить профили. При построении профиля следует всегда учитывать, что на карте разности высот точек всегда меньше расстояний между точками. Поэтому для придания выразительности профилю применяют два масштаба — горизонтальный и вертикальный.

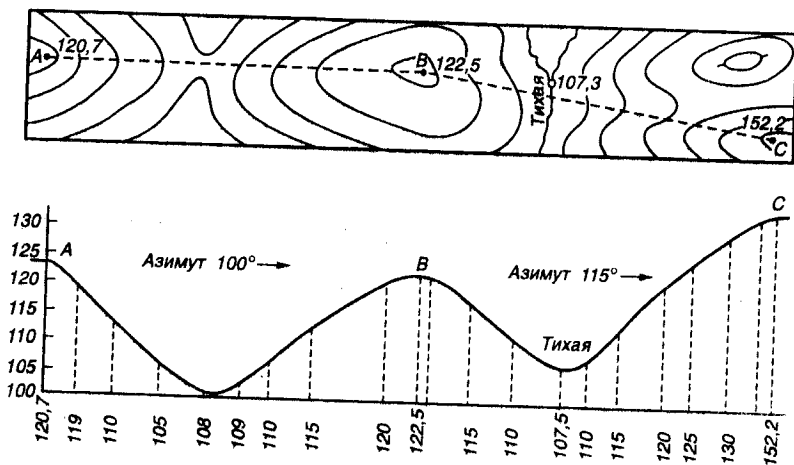
Вертикальный масштаб. Он обычно в 5, 10, 15 раз крупнее горизонтального. Степень укрупнения вертикального масштаба зависит от характера топографической поверхности и назначения профиля. Изображение форм рельефа на профиле заведомо искажено, углы наклона топографической поверхности и длины линий увеличиваются примерно в 10 раз.

Линия, по которой строится профиль, называется линией профиля. Она может быть прямой и ломаной, состоящей из нескольких поворотных точек.

Отметка высоты основания профиля обычно принимается за нуль. Там, где высота профиля слишком велика, отметку высоты основания принимают за наиболее удобное круглое число метров, но меньше, чем отметка самой низкой горизонтали.

Горизонтальный масштаб профиля. Он может быть равен масштабу карты или увеличен в 2—3 раза.

Разметка основания профиля, т. е. обозначение на нем всех точек карты, в которых линия профиля пересекает характерные точки местности (вершины, горизонтали, водоразделы, обрывы, уступы и т. д.), может выполняться путем измерения отрезков линии профиля от начальной точки до каждой точки пересечения на карте и нанесения этих точек на основания профиля в заданном масштабе. В случае, когда горизонтальный масштаб профиля равен масштабу карты, разметка основания профиля значительно упрощается применением полосы бумаги с ровным краем. Край полосы совмещается с линией профиля



Р и с. 2.21. Построение профиля местности по линии *ABC*

на карте, и на него сносятся все точки пересечения линии профиля с характерными линиями (горизонталями, обрывами, тальвегами). Затем полоска бумаги прикладывается к основанию профиля, и на него переносятся все нанесенные точки с карты с указанием их высотных отметок.

На рис. 2.21 показаны общие приемы построения профиля местности. Построение начинается с обозначения на карте линии профиля *ABC* и определения отметок горизонталей, тальвегов, обрывов, пересекаемых этой линией. Затем на листе бумаги прочерчивается прямая, служащая основанием профиля. На рис. 2.21 отметка высоты основания профиля принята за 100 м.

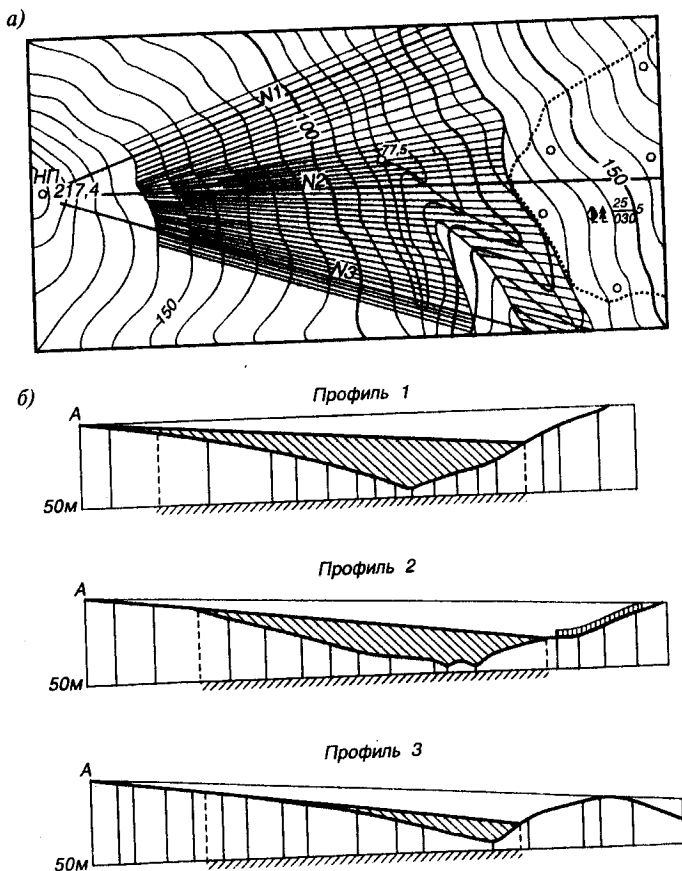
На основание профиля наносят в заданном горизонтальном масштабе точки пересечения горизонталей, тальвегов с линией профиля, начиная от точки *A* до точки поворота *B*. Затем наносят следующие точки пересечения, но уже от поворотной точки *B* до *C*. При этом определяют и подписывают азимуты в каждой поворотной точке профиля, начиная с начальной точки *A*. У каждой точки, нанесенной на основание профиля, одновременно подписывают их высотные отметки. Из точек, нанесенных на основание профиля, восстанавливают перпендикуляры и на них откладывают в вертикальном масштабе отрезки, обозначающие высоты отметок (лучше это делать по треугольнику).

Через каждую высотную отметку проводят плавную кривую, которая и будет изображать линию топографической поверхности. После этого следует оформить чертеж.

2.11. Определение полей невидимости на топографических картах

Поле невидимости — участок земной поверхности, не просматриваемый наблюдателем из какой-то точки наблюдения. *Непросматриваемая зона направления*, исходящего из точки наблюдения, — участок, расположенный ниже луча зрения наблюдателя (за возвышенностями, лесом, выпуклым склоном, строениями).

Задача определения полей невидимости очень часто возникает в наступательных и оборонительных действиях войсковых подразделе-



Р и с. 2.22. Участок карты с проведенными направлениями и полями невидимости (а) и построение профилей направления (б)

ний для выявления непростреливаемых участков, мест скрытого сосредоточения подразделений, боевой техники и т. д.

У 2.6. Определение полей невидимости на карте складывается из выявления положения непросматриваемых зон на отдельных направлениях, исходящих из точки наблюдения, и нанесения границ полей невидимости на карту (рис. 2.22, а, б).

Непросматриваемые зоны определяют по направлениям (лучам зрения), исходящим из точки наблюдения в каком-то секторе обзора. Углы между направлениями обычно равные. Направления прочерчиваются на карте и пронумеровываются. Далее по каждому направлению строят профили. Горизонтальный масштаб профилей всегда равен масштабу карты. Вертикальный масштаб выбирается произвольно. Профиль является промежуточным документом и выполняется на миллиметровой бумаге. На построенных профилях определяются непросматриваемые зоны, которые следует спроектировать на основание профиля.

Границы полей невидимости строят на карте после нанесения на направления непросматриваемых зон. Затем через точки, ограничивающие непросматриваемые зоны всех направлений, проводятся границы полей невидимости с учетом особенностей рельефа. Поля невидимости следует обозначить штриховкой или закраской.

2.12. Углы направлений

В понятие «ориентирование линии на местности» (карте) входит определение ее направления (угла) относительно какого-то исходного направления.

В картографии за исходные направления для ориентирования принимают географический (истинный) меридиан, магнитный и осевой меридианы зоны (рис. 2.23).

В зависимости от выбранного исходного меридиана для ориентирования углы направлений подразделяются на географический (истинный) азимут, магнитный азимут, дирекционный угол и румбы.

Истинный азимут. Истинным азимутом называется горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки (0 — 360°) от северного направления истинного меридиана до направления на данную точку. Различают при этом прямой и обратный истинные азимуты (рис. 2.24).

Прямым направлением линии считают 1-2, обратным 2-1, в соответствии с этим A_1 — прямой азимут, A_2 — обратный.

Угол γ , образованный меридианами 1 и 2, называют *сближением меридианов*. Прямой и обратный азимуты связаны зависимостью

$$A_2 = A_1 \pm 180^\circ + \gamma.$$

Магнитный азимут. *Магнитным азимутом* называется горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от 0 до 360° от северного направления магнитного меридиана до направления на данную точку.

В каждой точке земной поверхности истинный и магнитный меридианы образуют между собой угол δ (рис. 2.25), называемый *склонением* магнитной стрелки. Истинный и магнитный меридианы связаны соотношением

$$A = A_m + (\pm\delta),$$

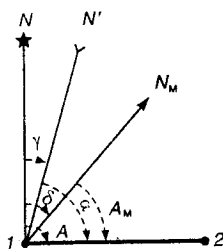
где в скобках указаны знаки восточного и западного склонения. Склонение различно для разных точек Земли и не остается постоянным даже для одной точки.

Различают вековые, годовые и суточные изменения склонения. Следовательно, ориентирование по магнитному азимуту уступает в точности ориентированию по истинному.

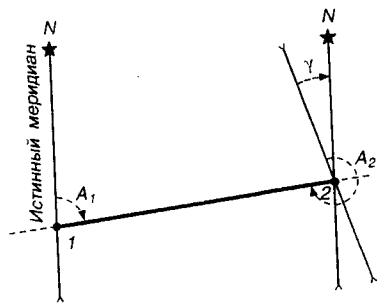
Сведения о магнитном склонении и его годовом изменении можно всегда определить по топографической карте.

Дирекционный угол. *Дирекционным углом* называется горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от 0 до 360° от северного направления осевого меридиана зоны (линий координатной сетки) до направления на данную точку.

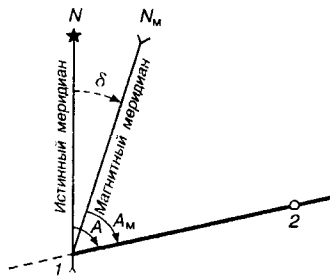
Так как азимуты одной и той же прямой в разных ее точках различны, то их определение сопряжено с трудностями и неточностью. Поэтому в геодезии при производстве точных работ используют дирекционные углы. Прямой α и обратный α' дирекционные углы одной и той же линии 1-2 разнятся между собой на 180° (рис. 2.26, а), т. е. $\alpha' = \alpha \pm 180^\circ$.



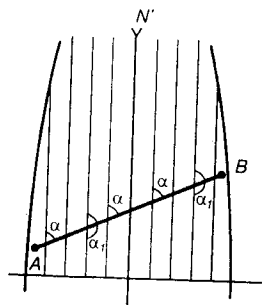
Р и с. 2.23. Связь ориентировочных углов



Р и с. 2.24. Истинные азимуты и сближение меридианов



Р и с. 2.25. Магнитный азимут и склонение



Р и с. 2.26. Дирекционные углы

Учитывая, что δ и γ могут быть восточными и западными, запишем

$$\alpha = A_m + (\pm\delta) - (\pm\gamma).$$

Румб. Румбом называется горизонтальный угол, отсчитываемый (от 0 до 90°) от ближайшего направления истинного, магнитного или осевого меридиана (линий координатной сетки) до направления на данную точку. В зависимости от исходного направления румбы различают истинные r_n , магнитные r_m и табличные r_t . Их широко используют в морской навигации, метеорологии, землеустройстве.

Ориентирование карты заключается в расположении ее относительно местности так, чтобы направления линий на карте были параллельны проекциям соответствующих линий на местности. Задача выполняется с помощью компаса. Для этого нулевой диаметр совмещается с истинным меридианом (западной или восточной рамкой). Затем карта вместе с компасом поворачивается до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не установится на отсчет, равный склонению меридианов, указанному на схеме склонений под южной рамкой листа карты.

Ориентирование карты лучше выполнять по координатной сетке листа. В этом случае нулевой диаметр компаса совмещается с ближайшей вертикальной координатной линией и карта поворачивается с компасом до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не установится на отсчет, равный поправке

$$P = (\pm\delta) - (\pm\gamma).$$

Перед тем как производить ориентирование карты, надо учитывать склонение меридианов «на сегодня». Следует внимательно прочитать легенду о склонении, помещенную под южной рамкой карты и ввести поправку в склонение за счет годового изменения склонения за соответствующий период времени, указанный в легенде. Например, данные легенды карты: склонение на 1970 г. восточное $3^\circ 45'$. Годовое изменение склонения западное $0^\circ 02'$. Следует вычислить склонение на 1986 г.

За прошедший период времени (16 лет) магнитная стрелка отклонилась на запад на $32'$. Тогда склонение меридианов на 1986 г. будет равно: восточное $3^\circ 45'$ — западное $0^\circ 32' =$ восточное $3^\circ 13'$.

Карту можно ориентировать и по линейным изображениям объектов (дорогам, линиям связи и т. д.), имеющимся на местности и карте.

2.13. Измерение на топографических картах азимутов, румбов и дирекционных углов

В 2.7. Ориентировочные углы часто используются в работе геодезистов, проектировщиков, строителей, мореплавателей для измерения по карте или построения на ней проектов полигонов геодезической сети, трасс дорог и трубопроводов, маршрутов движения и т. д.

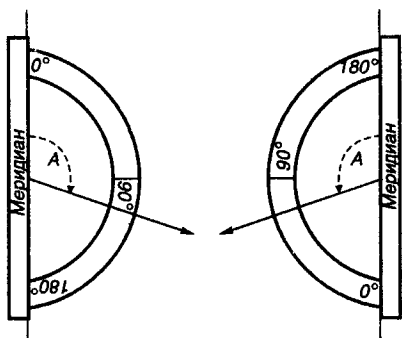
Положение абсцисс внутри карты определено точно нанесенными вертикальными линиями координатной сетки, положение истинных меридианов — боковыми рамками карты, положение магнитного меридиана схематически показано на схеме склонений. Отсюда следует заключить, что ориентировочные углы в любой точке карты точнее всего вычислить при помощи координатной сетки. Обычно положение истинного или магнитного меридианов точек на карте определяют относительно абсциссы точки по значению углов склонения и сближения, указанных в схеме и легенде склонений под южной рамкой карты. При этом величина угла склонения должна быть определена на настоящий период. Если склонение на карте указано на прошедший период, то учитывают поправку за годовое изменение склонения. Например, в легенде карты указано: склонение на 1960 г. восточное $4^{\circ}30'$. Среднее сближение меридианов западное $0^{\circ}54'$. Годовое изменение склонения западное $0^{\circ}02'$.

Тогда поправка склонения на 1986 г. будет $0^{\circ}02' \times 26 \text{ (лет)} = \text{западное } 0^{\circ}52'$. Склонение на 1986 г. будет (восточное $4^{\circ}30' - \text{западное } 0^{\circ}52'$) = = восточное $3^{\circ}38'$.

Положение истинного меридиана относительно абсциссы в любой точке карты определяется углом $0^{\circ}54'$ (западное), а положение магнитного меридиана углом $3^{\circ}38'$ (восточное). Достаточно транспортиром отложить от вертикальной координатной линии, проходящей через точку (абсциссу точки), угол $0^{\circ}54'$ (западное) или угол $3^{\circ}38'$ (восточное), тогда этими углами определится направление истинного и магнитного меридианов. Следует отметить при этом, что точность транспортира невелика, особенно при откладывании малых углов, поэтому точность нанесения на карте ориентировочных углов сравнительно мала.

Точное положение истинного меридиана в любой точке карты лучше определять при помощи одинакового отсчета географической долготы меридиана, проходящего через точку. Для этого две точки на северной и южной рамке соединяются линейкой. Положение истинного меридиана определяет отрезок прямой, проходящей через точку.

Азимуты и дирекционные углы измеряются транспортиром, центр которого всегда совмещается с точкой, выбранной на заданной линии,



Р и с . 2.27. Положение транспортира при измерении и построении азимутов и дирекционных углов

и с меридианом (абсциссой), проходящим через данную точку. При этом может оказаться, что линия мала, тогда необходимо ее продолжить на карте. Для повышения точности измерения углов следует пользоваться транспортиром с большим основанием.

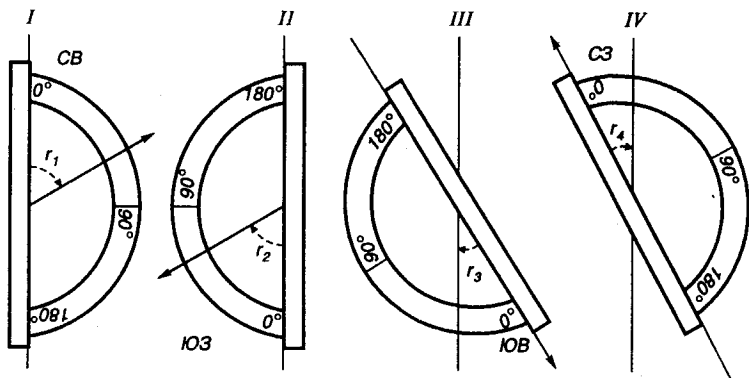
Если линия окажется справа или слева от меридиана, то нулевой штрих по шкале транспортира совмещают соответственно с северным или южным направлением меридиана или вертикальной линией координатной сетки.

При измерении азимутов и дирекционных углов линий, расположенных слева от меридиана, к отсчету по транспортиру надо прибавить 180° (рис. 2.27, 2.28).

Румбы измеряют по аналогии с измерением азимутов и дирекционных углов, но при одном из четырех возможных положений транспортира, в зависимости от направления заданной линии.

Линия направлена на СВ. Нулевой штрих на шкале транспортира совмещают с северным направлением меридиана. Отсчет на его шкале против заданной линии даст величину румба.

Линия направлена на ЮЗ. Нулевой штрих шкалы транспортира совмещают с южным направлением меридиана. Отсчет по шкале против заданной линии даст величину румба.



Р и с . 2.28. Положение транспортира при измерении и построении румбов

Линия направлена на ЮВ. Нулевой штрих шкалы транспортира совмещают с заданной линией. Отсчет на его шкале против южного направления меридиана даст величину румба.

Линия направлена на СЗ. Нулевой штрих шкалы транспортира совмещают с ней. Отсчет по шкале против северного направления меридиана даст величину румба.

▼ **2.8.** Построить на карте линии по заданной величине азимута, дирекционного угла и румба.

Для построения линии по азимуту (рис. 2.27) надо провести через начальную точку линии истинный или магнитный меридиан. Их положение от абсциссы (вертикальной координатной линии), проходящей через начальную точку, следует определить по схеме или легенде склонений, указанных под южной рамкой карты. Далее от северного конца отрезка при одном из двух положений транспортира, в зависимости от величины азимута (больше или меньше 180°), по шкале транспортира определяют величину азимута. Против этого отсчета на карте ставят метку и проводят прямую линию с заданным азимутом.

Построение линии по заданной величине румба выполняется при одном из четырех положений транспортира (рис. 2.28), в зависимости от того, какая четверть горизонта указана в румбе. Истинный или магнитный меридиан через начальную точку линии проводится так же, как при построении линии с заданным азимутом.

1. Четверть СВ. Нулевой штрих шкалы транспортира совмещают с северным направлением меридиана. На шкале находят отсчет, равный румбу, против него на карте ставят метку и по линейке проводят прямую линию через начальную точку и метку.

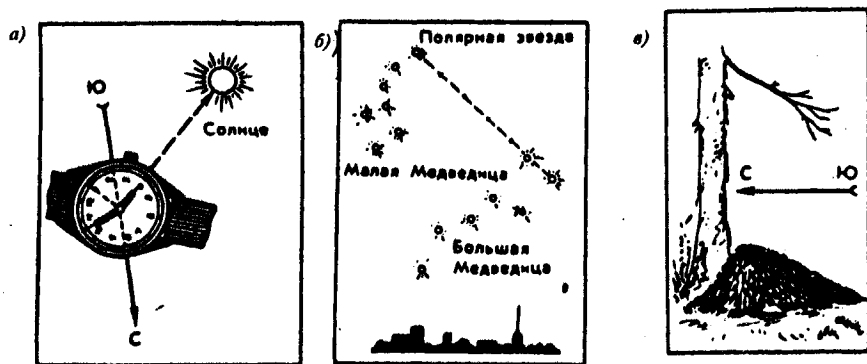
2. Четверть ЮЗ. Нулевой штрих совмещают с южным направлением меридиана (остальные действия как в п. 1).

3. Четверть ЮВ. На шкале транспортира находят отсчет, равный румбу. Совмещают этот отсчет с направлением меридиана и против нулевого штриха шкалы на карте ставят метку. Затем по линейке проводят прямую линию через начальную точку и метку.

4. Четверть СЗ. На шкале транспортира находят отсчет, равный румбу. Совмещают этот отсчет с северным направлением меридиана и против нулевого штриха шкалы на карте ставят метку. По линейке через начальную точку и метку проводят прямую линию.

2.14. Ориентирование на местности

Ориентирование на местности — это определение своего местоположения (точки стояния) относительно сторон горизонта, местных предметов, ориентиров, элементов рельефа, направления меридиана и



Р и с . 2.29. Примеры ориентирования на местности:

а — положение циферблата часов при определении сторон горизонта; б — положение Полярной звезды относительно созвездия Большой Медведицы; в — положение муравейника относительно ствола дерева

направления пути. Качество ориентирования, надежность и его быстрота, прежде всего, зависят от хороших ориентиров, от условий погоды, времени года и времени суток, достоверной карты, от опыта и природных данных человека. Компас и карта — самые надежные и точные определители сторон горизонта, однако они могут не быть в наличии. И тогда определение сторон горизонта, конечно, с меньшей точностью и быстротой можно определять по Солнцу, Полярной звезде, по признакам местных объектов. Не могу не рассказать об ошибке молодого офицера-топографа, когда механизированная дивизия должна была от станции Маньчжурия выйти к горе Цицикару, преодолев проходимый перевал хр. Большой Хинган, и с ходу вступить в бой с японцами. В 1945 г. наш офицер-проводник «завел» дивизию вместо проходимого перевала Большой Хинган, на непроходимый перевал. Дивизия развернулась обратно, когда война с Японией уже закончилась. Офицеру грозил Ревтрибунал, последствия могли быть трагичными. Когда разобрались, то виной всему была местная магнитная аномалия, а офицер не мог догадаться, почему магнитная стрелка ведет себя так странно: «все время бежит».

И еще случай на севере Пермской области. Совершенно неграмотный местный житель вывел целую группу хорошо подготовленных, заблудившихся, обессиленных людей из таежных бесконечных болот. Он ориентировался как птица в полете в то время, когда все восемь человек проклинали его за то, что он ничего не смыслит и ведет незнамо куда.

Ориентирование по Солнцу. В северном полушарии по декретному

времени Солнце в 7 ч на востоке, в 13 ч — на юге, в 19 ч — на западе. За один час солнце перемещается на 15° .

По разности времени в момент наблюдения и в 13 ч находят угол, на который солнце в данный момент отклонилось от направления на юг.

Ориентирование по Солнцу и часам. Часы приводят в горизонтальное положение, часовую стрелку направляют на Солнце. Находят угол между направлением часовой стрелки на Солнце и направлением на 13 ч (от центра часов). Угол делят биссектрисой пополам, она и покажет направление на юг (рис. 2.29, а).

По перемещению вершины тени. В солнечный день в поле на ровной площадке находят высокий предмет: столб, дерево (можно вертикально поставить шест, жердь). Отмечают положение вершины тени сейчас; через двадцать минут отмечают ее новое положение; соединяют обе отметки прямой: восстанавливают перпендикуляр из середины прямой до предмета — это будет направление на юг. Остальные направления на стороны горизонта определяются просто.

Ориентирование по Полярной звезде. Направление на Полярную звезду совпадает с направлением истинного меридиана. Полярную звезду находят по созвездию Б. Медведицы (рис. 2.29, б).

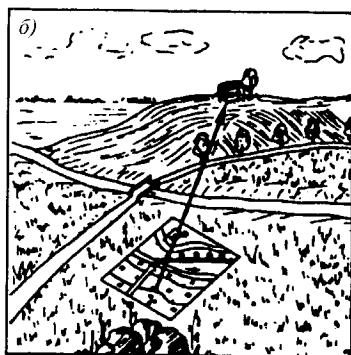
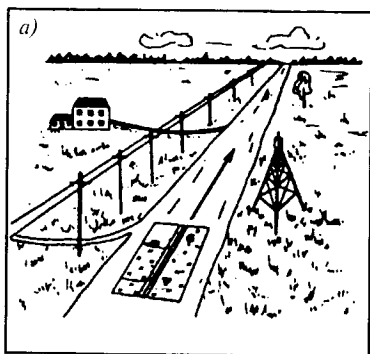
Ориентирование по предметам. Признаки местных предметов в совокупности друг с другом приближенно указывают стороны горизонта. Эти признаки обусловлены расположением предметов относительно Солнца. Так, у дерева с северной стороны кора грубее, с юга она светлее и эластичнее. Смола выделяется больше с юга (сосна, ель). Деревья, камни, деревянные крыши покрыты мхом больше с северной стороны. Муравейники обычно находятся с южной стороны ствола дерева или кустарника. Их пологие склоны обращены к югу, а крутые — к северу (рис. 29, в).

Направление сторон горизонта можно определить по объектам, созданным человеком. Так, просеки в лесу прокладываются приблизительно с севера на юг и с запада на восток, алтари церквей обращены к востоку.

Кроме задачи ориентирования на местности и нахождения сторон горизонта возникают не менее важные задачи по определению своей точки стояния, направлению линий местности, нанесению объектов на карту.

Ориентирование на местности по карте (аэроснимку). Такое ориентирование наиболее надежно. Сначала следует сориентировать саму карту, затем путем сличения карты с местностью находят точку стояния, определяют направление своего пути.

Ориентирование карты заключается в том, что карту надо расположить так, чтобы линии дорог, электропередач и т. д. были параллельны этим же линиям на местности или чтобы направления боковых рамок карты совпадали с направлением географического меридиана. Ориентирование карты по линиям местности (рис. 2.30, а, б), а также



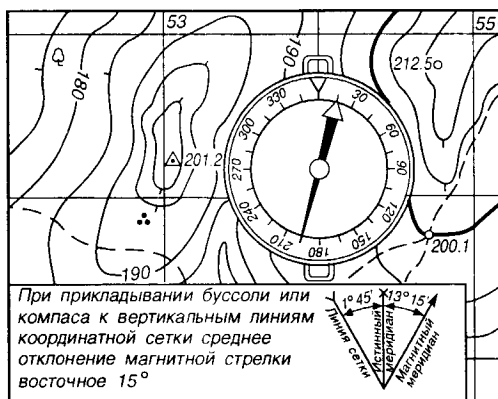
Р и с . 2.30. Ориентирование карты по линиям местности (а) и визированием на ориентир (б)

с помощью компаса проводят, например, в случае, когда точка стояния находится на линейном знаке объекта (по дороге, под линией электропередачи, связи, на контуре леса и т. д.) и ее положение приблизительно известно.

Когда на карте известно положение точки стояния и на местности опознан надежный ориентир, то карту ориентируют визированием на этот предмет. Для этого на карте к точке стояния и условному знаку ориентира прикладывают линейку и поворачивают карту так, чтобы ребро линейки совпало с соответствующим направлением на местности (рис. 2.30, а, б). В условиях плохой видимости (ночью, в лесу и т. д.),

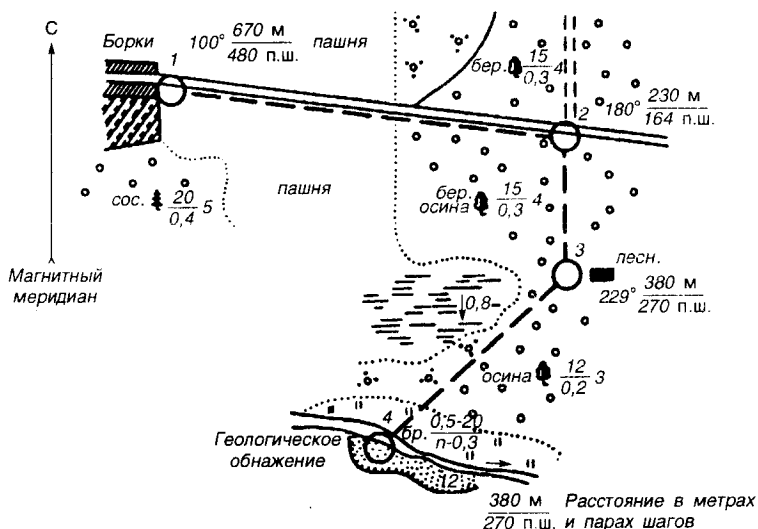
а также на местности, бедной ориентирами, карту ориентируют по компасу. Для этого штрихи лимба 0—180° должны совпасть с одной из вертикальных линий километровой сетки. Следует обязательно учесть поправку магнитного склонения и сближения меридианов на момент пользования картой (рис. 2.31).

Затем карту вместе с компасом поворачивают на угол, равный поправке направления. Поправку менее 3° не учитывают, так как сама точность деления лимба компаса Андрианова равна 3°.



Р и с . 2.31. Ориентирование карты с помощью компаса по линии координатной сетки (с учетом магнитного склонения $\delta = +13^\circ 15'$ и сближения меридианов $\gamma = -1^\circ 45'$). Поправка направления:

$$П = \delta - \gamma = +13^\circ 15' - (-1^\circ 45') = +15^\circ$$



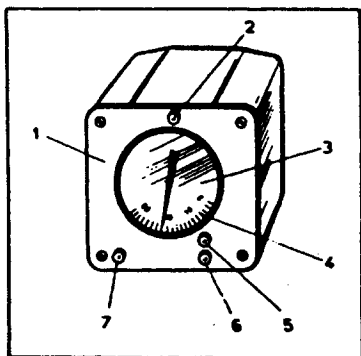
Р и с . 2.32. Схема движения по азимутам, подготовленная по топографической карте:

- Маршрут движения
- Поворотные пункты хода 1—4

Положение точки стояния определяют путем сличения карты с местными предметами глазомерно. Например, около наблюдателя находится родник, дерево, геопункт и т. д. Положение точки стояния на ориентированной карте можно получить «стягиванием» обратных азимутов от условных знаков ориентиров на «себя»; или на линейном контуре (дорога, линия связи) положение точки стояния определяют по какому-либо ориентиру, прочертив прямую от условного знака ориентира до пересечения с дорогой, линией связи и т. д.

При движении на местности постоянно сличают карту с местностью и опознают окружающие объекты и свое местоположение сначала по выдающимся ориентирам, а затем по второстепенным. Обнаружение на местности объекта, показанного на карте, определяют глазомерно.

При движении на незнакомой местности по карте сначала изучают условия движения и ориентирования по маршруту с целью выбора оптимального варианта. Линию маршрута на карте проводят цветным карандашом, в точках поворотов прямолинейных отрезков трассы подписывают азимуты и расстояния до ориентиров.



Р и с . 2.33. Внешний вид гирополукомпас:

1 — корпус; 2 — лампочка; 3 — указатель отсчета (индекс); 4 — курсовая шкала; 5 — пробка, закрывающая регулировочный винт; 6 — отвертка винта; 7 — рукоятка арретира

При движении по закрытой местности, ночью или при отсутствии ориентиров точки поворотов намечают вблизи от перекрестков дорог, линий связи, построек, водоемов и т. д.

Расстояние, измеренное по карте, пересчитывают в число пар шагов, дирекционные углы переводят в магнитные азимуты.

Подготовленные данные по карте переносят на кальку.

При движении по маршруту в исходной точке берут по компасу направление на первую поворотную точку пути. Если она невидима, то используют более близкие промежуточные ориентиры по направлению движения. При движении следует постоянно сверять по компасу направление пути и пройденные расстояния (рис. 2.32).

Современные средства ориентирования применяются при движении на машинах, танках и других быстроходных транспортных средствах. Основным навигационным прибором при этом является гирополукомпас (рис. 2.33).

Гирополукомпас применяют в условиях вождения при недостаточной видимости, на местности, бедной ориентирами, когда карту слить с местностью затруднительно или невозможно.

Маршрут движения предварительно изучается по карте, намечают ориентиры в точках поворотов, указываются расстояния между ними и дирекционные углы. Все данные четко и наглядно обозначаются на карте.

В исходной точке маршрута на шкале гирополукомпаса устанавливается дирекционный угол первого отрезка пути, и машину ведут, не сбиваясь с этого курса. По спидометру отсчитывают пройденное расстояние, находят поворотный ориентир, направляют машину по новому курсу ко второму ориентиру и т. д.

К наземным навигационным средствам относятся также автоматические устройства — координаторы, определяющие постоянные координаты движущейся машины, а также дирекционные углы курса.

Курсопрокладчики — приборы, которые выдают такую же информацию и в числовом виде, и в графическом виде путем нанесения пройденного маршрута на карту.

Топопривязчики — автомашины, оборудованные приборами наземной навигации для изыскательных работ месторождений нефти и газа.

3. НАЗЕМНЫЕ СЪЕМКИ МЕСТНОСТИ

3.1. Топографические съемки. Приборы к ним

Геодезические приборы, применяемые в топографических работах, различны по конструктивным особенностям, назначению, точности измерений, особенностям применения, набору выполняемых операций.

Знание и умение работать с ними — неперенное условие для успешного, грамотного производства измерительных операций при съемках.

Общим, что объединяет эти приборы, является обязательное наличие в конструкциях зрительной трубы, измерительных устройств, штативов, подставок, уровней, закрепительных, наводящих и микрометрических винтов.

В то же время геодезические приборы несут только им присущие особенности.

В зависимости от названий применяемых приборов топографические съемки подразделяют на теодолитную, буссольную, мензульную, тахеометрическую, нивелирование, аэрофотосъемку, космическую съемку.

Геодезических приборов и принадлежностей, применяемых при съемках, много, но основными приборами являются теодолит, кипрегель, нивелир, буссоль, аэрофотокамера.

В зависимости от места производства их можно подразделить на наземные и воздушные (аэрофотосъемка, космическая съемка), съемки суши и съемки шельфа.

Топографические съемки имеют целью создание топографических карт и планов — первичных источников данных о картографируемой местности. На основе создания крупномасштабных карт происходит составление мелкомасштабных карт самого различного содержания и назначения.

Как правило, топографические съемки включают комплекс работ, необходимых для создания карт. Это, прежде всего, камеральное географическое изучение местности по имеющимся источникам, полевое обследование для получения дополнительных данных о местности и составление редакционных указаний для достижения полноты содержания, достоверности, наглядности и выразительности карт. Далее следует подготовка геодезического обоснования в виде плановых и высотных сетей (съёмочной сети), непосредственно съёмочные работы, направленные на создание карт. Это, прежде всего, определение плановых и высотных координат характерных точек местности и съёмка ситуации местности. Завершающей работой является вычерчивание полевого (съёмочного) оригинала на ватмане или фотоплана и фото-

снимков, оформление отчетной документации. Следует отметить, что перечисленный комплекс основных работ выполняется под жестким контролем на всех операционных стадиях топографических съемок.

Топографические съемки имеют целью создание крупномасштабных карт от 1 : 25 000 и крупнее. Карты более мелких масштабов, от 1 : 50 000 и мельче, составляются в камеральных условиях путем фотографического уменьшения исходного материала и отбора (генерализации) необходимых элементов карты. В результате работы создается составительский оригинал. Далее со съемочного или составительского оригинала фотографическим путем изготавливаются синие светокопии на ватмане или на пластическом материале (мелинекс, перматрейс и др.). По светокопиям выполняется цветное вычерчивание или гравирование элементов содержания карт.

Результатом работ является издательский оригинал, который предназначен для получения печатных форм и печати тиража карт.

Печать карт — завершающий и наиболее ответственный этап в процессе создания карт. Нарушение любой технологической операции при печати карт ведет к тяжелым последствиям — перепечатке тиража. Такова краткая технологическая схема создания карт от съемок до печати тиража, которая дает представление о сложных и трудных этапах этих работ.

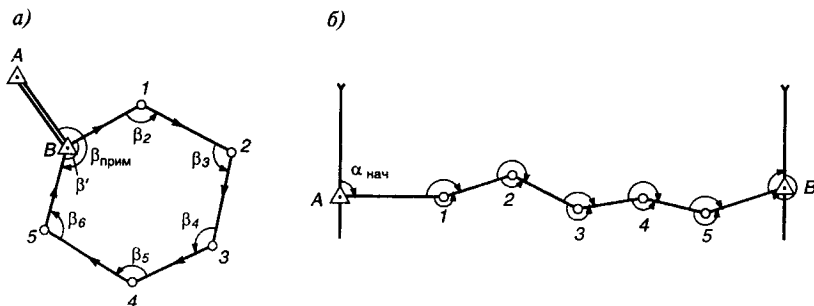
3.2. Теодолитная съемка

Процесс создания полевого оригинала — плана местности при помощи теодолита и различных дальномерных устройств называется *теодолитной съемкой*.

Теодолит предназначен для измерения на местности горизонтальных и вертикальных углов. Расстояния измеряют при помощи мерных лент и различных дальномеров. Рельеф на плане не изображают.

Теодолитная съемка применяется обычно на равнинной местности, когда углы наклона не превышают 6° . Широко используют теодолитную съемку и в землеустройстве, лесном хозяйстве, составлении планов населенных пунктов и т. д.

Съемочная сеть при теодолитной съемке создается путем проложения на местности теодолитных ходов. *Теодолитным ходом* называют ломаную линию, точки поворотов которой закреплены на местности. Это может быть замкнутый полигон (рис. 3.1, а) или разомкнутый многоугольник (рис. 3.1, б). При выборе поворотных точек и их закреплении учитывают необходимость их использования в последующих работах и долговременную сохранность. Поэтому точки закрепляются временными или постоянными геодезическими знаками. Это могут быть металлические костыли, трубы, деревянные столбы или железобетонные пилоны, трубы, установленные на бетонные монолиты и окопанные канавами.



Р и с . 3.1. Теодолитные ходы:

a — замкнутый ход *B12345B*; *б* — разомкнутый ход *A12345B*

Обычно углы между смежными сторонами хода измеряют правые по ходу одним приемом с перестановкой лимба между полуприемами на 90° . Длины сторон измеряют оптическими дальномерами, светодальномерными насадками и тахеометрами в одном направлении, а 20- или 24-метровыми лентами — в прямом и обратном направлениях. Длины сторон теодолитного хода должны быть в пределах 40 — 350 м (следует избегать сторон менее 100 м). Результаты угловых и линейных измерений заносят в полевой журнал.

Во всех случаях теодолитные ходы привязывают к пунктам опорной геодезической сети. Наиболее простым и распространенным являются способы включения пунктов опорной сети непосредственно в теодолитный ход: 1) разомкнутый теодолитный ход прокладывается между начальной и конечной точками, которые являются пунктами опорной геодезической сети; 2) замкнутый ход начинается и заканчивается в одной и той же точке (полигон) (рис. 3.1).

Этапы теодолитной съемки. Теодолитная съемка осуществляется в несколько этапов.

Подготовительный этап. Он включает изучение материалов прежних съемок участка, наличие на участке геопунктов и их использование для новой съемки. На основе изученных материалов составляется предварительный проект работ, включающий сведения о необходимых приборах и материалах для съемки, их пригодности.

Рекогносцировка. Она проводится для ознакомления с участком съемки и уточнения предварительного проекта в поле. Намечают места для точек теодолитного хода, устанавливают границы участка, отыскивают геопункты. По результатам рекогносцировки составляется рабочий технический проект теодолитной съемки.

Закрепление точек съемочного обоснования. В соответствии с техническим проектом точки теодолитного хода на местности закрепляют временными или постоянными знаками.

Прокладка теодолитного хода и съемка подробностей. На точках теодолитного хода измеряют углы при КЛ (круг лево) и КП (круг право), а длины линий дважды — в прямом и обратном направлениях. Результаты измерений заносят в полевой журнал.

При съемке подробностей с точек и линий теодолитного хода ведется абрис, на котором схематически изображаются все результаты полевых измерений с цифровыми данными и графическими зарисовками ситуации на съемочных точках хода. Абрис в дальнейшем используется для составления плана. Съемку подробностей ведут различными способами: перпендикуляров, засечек, полярным, обхода и створов. Выбор способа зависит от требований к точности съемки.

Способ перпендикуляров. Его применяют при съемке объектов, расположенных вблизи сторон теодолитного хода. Положение точек объектов определяется измерениями длин перпендикуляров, опущенных на линию хода, и расстояния от начальной ее точки до основания перпендикуляра. Измерения производят стальной лентой или рулеткой.

Способ засечек. Способ заключается в определении точек, измерить расстояния до которых невозможно. Угол засечки должен быть близким к 90° , расстояние до определяемой точки не должно превышать 500—600 м.

Полярный способ. Данный способ съемки состоит в измерении расстояний стальной лентой от точки стояния теодолита до определяемой и угла между направлением на точку и линией хода. Предельные расстояния (в м) рассчитывают по формуле

$$D_{\text{пред}} = 120 \sqrt{2n},$$

где n — число тысяч в знаменателе численного масштаба.

Способ обхода. Его применяют для съемки болота, озера, пашни и других объектов, съемка которых затруднена или невозможна с точки теодолитного хода. Вокруг снимаемого объекта прокладывают съемочный ход, который привязывают к основному ходу. Контур объекта обычно снимают способом перпендикуляров.

Способ створов. Он заключается в определении положения линейных объектов (линии связи, электролинии, границы и т. д.), расположенных под углом к съемочному ходу. При съемках участков используют обычно несколько способов.

Типы теодолитов. В нашей стране выпускают теодолиты со стеклянными лимбами и оптическими устройствами. Это Т-15, Т-30, Т-60, измеряющие углы соответственно с погрешностями 15, 30, $60''$. Так, теодолитами Т-15, Т-5 вертикальные и горизонтальные углы отсчитывают по шкальным микроскопам. Теодолит Т-30 — штриховой. Если у теодолитов есть компенсаторы углов наклона, то в обозначения типа

теодолита добавляется «к». Например, 2Т-5к, Т-15к. Если добавляется буква «п», то это теодолит прямого изображения зрительной трубы, например, Т-15кп.

Технические данные теодолитов 2Т-5к, 2Т-5кп:

Увеличение, крат	25
Угол поля зрения	1°30'
Предел визирования, м	2...∞
Коэффициент дальномера	100
Среднеквадратическая погрешность измерения углов:	
вертикальных	10"
горизонтальных	5"
Пределы измерения вертикальных углов	— 50... + 70°
Погрешность буссоли	30'
Масса, кг:	
теодолита	3,7
штатива	5,5
теодолита в футляре	8,5

Теодолит снабжен самоустанавливающимся оптическим компенсатором, заменяющим уровень при алидаде вертикального круга, что позволяет использовать теодолит в качестве нивелира.

Основные части теодолита 2Т-5к приведены на рис. 3.2.

Порядок работы на точке. При работе с теодолитом на точке необходимо выполнить следующие действия:

1) перед установкой штатива отстегнуть ремешок, стягивающий ножки штатива, и отрегулировать их длину;

2) установить штатив над точкой так, чтобы плоскость его головки расположилась горизонтально, а высота соответствовала росту наблюдателя;

3) снять колпачок с основания футляра и повернуть замки по направлению стрелок;

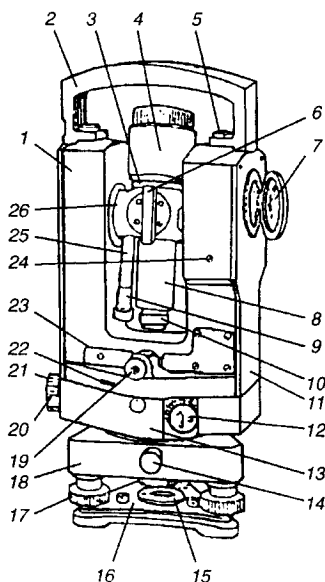
4) освободить рычаг, нажав на пружину пальцами обеих рук и отвести его в сторону;

5) закрепить теодолит на штативе и подъемными винтами подставки отгоризонтировать лимб теодолита;

6) отцентрировать теодолит над точкой нитяным отвесом или при помощи оптического центра;

7) навести перекрестье зрительной трубы на определяемую точку, подняв вверх курки 20 наводящих винтов 21, сначала грубо по коллиматорному визиру 6, а затем точно, действуя наводящими винтами. После наведения на цель перекрестья курки повернуть вниз;

8) снять отсчетным микроскопом по шкале Г отсчет по горизонтальному кругу, по шкале В — отсчет по вертикальному кругу (рис. 3.3).



Р и с . 3.2. Общий вид теодолита 2Т-5к:

1 — колонка; 2 — ручка; 3 — клиновое кольцо; 4 — зрительная труба; 5 — винт; 6 — коллиматорный визир; 7 — зеркало; 8 — кремальера; 9, 10 — окуляры микроскопа и зрительной трубы; 11 — боковая крышка; 12 — рукоятка; 13 — корпус низка; 14 — закрепительный винт подставки; 15 — втулка; 16 — пружина трегера; 17 — подъемный винт; 18 — подставка; 19 — окуляр оптического центрира; 20 — закрепительный курок горизонтального круга; 21 — наводящий винт; 22 — иллюминатор круга-искателя; 23 — крышка; 24 — винт; 25 — микроскоп; 26 — ось зрительной трубы

На рис. 3.3 показание горизонтального круга $127^{\circ}05',5$, вертикального — минус $0^{\circ}34',5$.

Точность измерения углов обеспечивается при положениях КЛ и КП, число приемов зависит от требований точности измерения и влияния внешних условий. После каждого приема следует переставлять горизонтальный лимб на $180^{\circ}/n$ (n — число приемов), для исключения крена отсчет микроскопа изменяется на $60^{\circ}/(n-1)$.

Вертикальные углы вычисляют по формуле

$$\alpha = 1/2(L - П); \alpha = L - M0;$$

$$\alpha = M0 - П;$$

9) измерить расстояния нитяным дальномером по вертикальной рейке с сантиметровыми делениями и вычислить горизонтальное проложение D (в м) по формуле

$$D = L - \Delta D \text{ или } D = L \cos^2 \alpha,$$

где L — число сантиметровых делений между дальномерными штрихами сетки нитей; $\Delta D = L \sin^2 \alpha$ — поправка за приведение измеренной линии к горизонту.

Превышение между точками (в м)

$$h = 0,5(L + \Delta) \sin 2\alpha + i - V,$$

где i — высота теодолита, м; V — длина отрезка рейки от основания до штриха, равного полусумме отсчетов по верхней и нижней нитям, м.

При наведении горизонтальной нити на отсчет, равный высоте теодолита, превышение (в м) определяют по формуле

$$h = 0,5(L + \Delta) \sin 2\alpha.$$

Поверки теодолита. Они позволяют своевременно выявить и устранить его неисправности. При обнаружении недопустимых параметров работы прибора их устранение производится юстировками. Описание проверок приводится в паспорте прибора.

Внешний осмотр. Необходимо проверить комплектность прибора, убедиться в отсутствии механических повреждений. Далее следует проверить чистоту поля зрения микроскопа, зрительной трубы и оптического центрира, поверхность угломерных кругов, качество нанесения штрихов на лимбах и сетке нитей.

Проверка взаимодействия узлов. Проверка заключается в опробовании плавности вращения зрительной трубы, алидады горизонтального круга, наводящих винтов, кремальеры, диоптрийных колец окуляра, микроскопа, центрира, подъемных винтов подставки. Необходимо проверить работу закрепительных винтов зрительной трубы, алидады горизонтального круга, подставки, механизма перевода горизонтального круга, а также четкость изображения штрихов лимбов и отсчетных шкал микроскопа, подвижность маятника компенсатора, а также скорость его успокоения.

Проверка уровня. Для проверки перпендикулярности оси уровня вертикальной оси теодолита следует повернуть алидаду так, чтобы ось уровня расположилась параллельно прямой, соединяющей два подъемных винта подставки. Вращением винтов нужно вывести пузырек уровня на середину, затем теодолит повернуть на 90° и третьим винтом установить пузырек уровня на середину. После этого повернуть алидаду на 180° и заметить смещение пузырька уровня от среднего положения. Отклонение не должно быть больше одного деления.

Проверка устойчивости штатива и подставки. После горизонтирования планшета зрительная труба точно наводится на цель. Затем головку штатива небольшим усилием разворачивают в горизонтальной плоскости так, чтобы визирная ось сместилась на половину биссектора сетки нитей. После снятия усилий проверяют наличие остаточного смещения, а также устойчивость подставки.

Проверка наклона сетки нитей. Для выполнения проверки планшет горизонтируют, зрительную трубу наводят на визирную цель, перекрестье совмещают с левым концом горизонтального штриха сетки нитей. Затем, действуя наводящим винтом, смещают перекрестье по горизонтали на правый конец штриха. Если перекрестье сходится более чем на три ширины штриха, то выполняют юстировку.

Проверка рена отсчетного устройства. *Реном* называется разность между одним делением лимба и 60-ю делениями шкалы микроскопа. Для проверки рена нулевой штрих шкалы микроскопа совмещают с определенным штрихом лимба и снимают отсчет, равный $n - 1^\circ$. Рен составит разность отсчетов по лимбу и шкале микроскопа, т. е. $n - (n - 1^\circ)$. Рен горизонтального круга должен

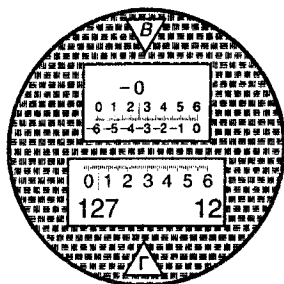


Рис. 3.3. Поле зрения теодолита

определяться через 60° при КЛ и КП. Среднее значение рена для каждого круга вычисляют из шести определений. Расхождение ренов для разных участков круга не должно быть более $12''$.

Проверка точности работы компенсатора. Теодолит устанавливают и горизонтируют на каком-либо прочном основании. Зрительную трубу устанавливают в вертикальной плоскости, проходящей через один из подъемных винтов подставки. Отсчет снимают по вертикальному лимбу.

Медленно вращая подъемный винт и наблюдая в микроскоп до тех пор, пока не прекратится смещение штриха вертикального лимба относительно шкалы микроскопа, снимают второй отсчет с лимба. Разность отсчетов должна быть не более $3'$. Действия повторяют для проверки отклонения компенсатора в другую сторону. Для определения погрешности работы компенсатора подставку теодолита разворачивают так, чтобы один из подъемных винтов и зрительная труба установились в направлении на визирную цель. Теодолит горизонтируют и снимают отсчет с вертикального лимба. Вращением подъемного винта подставки теодолит наклоняют на $3'$, перекрестье совмещают с визирной целью, снимают новый отсчет, по вертикальному лимбу вычисляют первую разность отсчетов. Далее теодолит наклоняют от среднего положения на $3'$ в противоположную сторону и вычисляют вторую разность. Средние арифметические разности не должны превышать $1'$.

Проверка перпендикулярности зрительной трубы горизонтальной оси вращения. Зрительную трубу при *КЛ1* наводят на цель, удаленную более чем на 50 м. Направление на нее должно быть горизонтальным ($\alpha \leq 2^\circ$). Снимают отсчет по горизонтальному лимбу. Аналогично снимают отсчет при *КП1*. Теодолит разворачивают на 180° ; зрительную трубу наводят на ту же цель и снимают новые отсчеты при *КЛ2* и *КП2*.

Коллимационная погрешность *C* вычисляется по формуле

$$C = 0,25[(КЛ1 - КП1 \pm 180^\circ) + (КЛ2 - КП2 \pm 180^\circ)].$$

Если ее среднее значение больше $15''$, то необходима юстировка прибора.

Проверка *МО* вертикального круга. Положение зрительной трубы в строго горизонтальном положении, когда пузырек уровня трубы на середине, а отсчет по вертикальному кругу равен нулю, называется местом нуля *МО*. Для выполнения проверки зрительную трубу наводят на удаленную цель при КЛ и КП не менее двух раз.

Место нуля вычисляют по формуле

$$МО = 0,5(КЛ + КП).$$

Среднее арифметическое значение разностей *МО* не должно быть более $15''$.

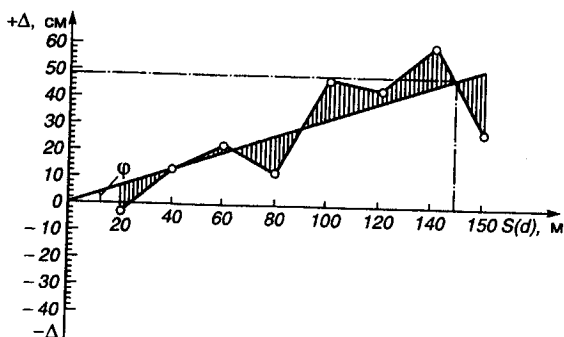


Рис. 3.4. График K для определения поправок Δ в измеренное расстояние и коэффициента пропорциональности K

Проверка перпендикулярности горизонтальной и вертикальной осей. Теодолит устанавливают на штативе на расстоянии 10—20 м от стены здания и строго горизонтируют по уровню лимба. Визируют на высоко расположенную точку стены при КЛ, затем трубу опускают до горизонтального положения, отмечают на стене проекцию перекрестия сетки нитей. Такие же действия повторяют при КП. Если верхние точки не совпадают, то условие не выполнено и требуется юстировка.

Проверка коллимационных визиров. Оси коллимационных визиров и зрительной трубы должны быть в одной вертикальной плоскости. Зрительную трубу коллимационным визиром наводят на точку объекта, после этого смотрят через трубу, как отошло перекрестие сетки нитей от наблюдаемой точки. Если перекрестие не совпало с точкой более чем на $15'$, выполняют юстировку коллимационного визира. Такие же действия выполняют, переводя зрительную трубу через зенит.

Проверка коэффициента нитяного дальномера. Эта проверка заключается в выборе базиса на ровной местности длиной 130—140 м, разбивкой его на интервалы, кратные длине мерной ленты, и в измерении и приведении к горизонту каждого интервала. Теодолит после этого устанавливают и центрируют на одном конце базиса, а рейку ставят последовательно на точках каждого интервала.

Каждый интервал измеряют 4—6 приемами, вычисляют средние значения интервалов. Измеряют углы наклонов интервалов. Разности измерения интервалов вычисляются по формулам

$$\Delta_1 = (d_1 + \Delta d_1) - e_1; \Delta_n = (d_n + \Delta d_n) - e_n,$$

где d_i — горизонтальное проложение интервала; Δd_i — поправка за на-

клон линии; e_i — число сантиметровых делений между дальномерными штрихами.

Полученные разности наносят на график (рис. 3.4) по оси Y , откладывают расстояния интервалов d по оси X . Точки интервалов соединяют ломаной линией и осредняют прямой между начальной и конечной точками базиса. Общая сумма площадей выше и ниже осредняющей должна быть минимальной. Отношение ординаты любой точки осредняющей прямой к ее абсциссе d равно отклонению коэффициента от 100 и не должно быть больше 0,5. График предназначен для вычисления поправок в измеренное расстояние и для вычисления коэффициента пропорциональности K .

Например, при $d = 150$ м, $\Delta = +49$ см

$$K = 1 + \frac{\Delta M}{dM} = 1 + \frac{0,49}{150} = 1,0033.$$

3.3. Мензульная съемка

Мензульная съемка (от лат. mensula — столик) является основным методом создания топографических карт путем одновременной съемки контуров и рельефа местности непосредственно в поле. Ее применяют для создания топографических карт масштаба 1 : 25 000 и крупнее в открытой местности, при обновлении карт, градостроительстве, в маркшейдерских работах. В современных условиях ее применение ограничивается малой площадью снимаемого участка (когда аэрофотосъемку проводить нецелесообразно), погодными условиями и условиями местности (залесенность, заболоченность, гористость).

Мензульная съемка точна, проста и наглядна, не требует большого объема вычислений. Однако она имеет серьезные недостатки, связанные с трудоемкостью работы, громоздкостью приборов. Топограф, геодезист, ведущий мензульную съемку, испытывает не только трудности физического и морального

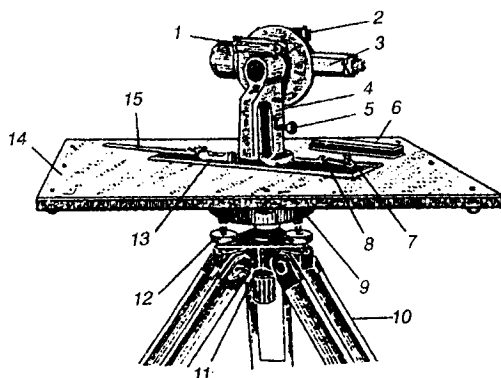


Рис. 3.5. Общий вид кипрегеля КА-2:

1 — цилиндрический уровень вертикального круга; 2 — цилиндрический уровень трубы; 3 — зрительная труба с вертикальным кругом; 4 — колонка; 5 — микрометрический винт трубы; 6 — топографическая буссоль; 7 — винт крепления узкой линейки; 8 — широкая линейка со скошенным краем; 9 — подставка для крепления планшета; 10 — штатив; 11 — становой винт для крепления планшета; 12 — подъемный винт горизонтирования планшета; 13 — цилиндрический уровень линейки; 14 — планшет; 15 — узкая линейка

характера. Не каждый сильный физически человек может выполнять эту работу, оставшись в одиночестве, один на один с дикой природой, среди зверья и грабителей, под снегом и дождем или палящим солнцем. Его тяжелый труд незаметен, хотя граничит с постоянным мужеством.

Топограф, кроме того, постоянно контролирует каждый свой поступок, действия в работе. Недаром в устах опытных топографов часто звучат такие слова: «Не уверен — не двигайся, проверь», «Не вижу — не снимаю», «Никто лучше тебя не проверит твою работу».

Инструментами для выполнения мензульной съемки являются мензула, номограммный КА-2 кипрегель (рис. 3.5), дальномерная рейка, буссоль.

Основную часть мензулы составляет планшет, который при помощи станowego винта крепится к подставке треноги. На планшет наклеивается гознаковский лист ватмана или крепится лист алюминия, оклеенный ватманом для ликвидации деформации. Для предохранения ватмана от выгорания и механических повреждений на него натягивается лист бумаги (рубашка).

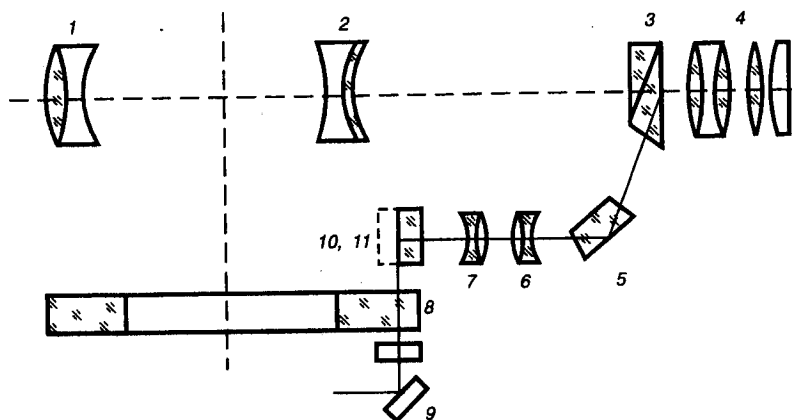
Технические данные кипрегеля КА-2

Увеличение трубы, крат	30
Поле зрения трубы	1°20'
Фокусное расстояние объектива, мм	300
Цена деления лимба, градус	1°
Коэффициент кривых горизонтальных проложений	100
Коэффициент кривых превышений	±10, ±20, ±100
Масса прибора, кг	2,8
Масса подставки, кг	2,2
Масса штатива, кг	4,3
Масса планшета, кг	4,6
Масса ящика, кг	8,7
Масса всего комплекта, кг	26
Длина трубы, мм	265

Мензульная съемка с использованием номограммного кипрегеля в настоящее время стала наиболее приемлемой, так как он позволяет без вычислений определять расстояния и превышения по дальномерной рейке при помощи параллактических нитей в зрительной трубе.

Кипрегель КА-2 — номограммный оптический прибор, в поле зрения трубы которого имеются номограммы расстояний и превышений. Прибор предназначен для топографической съемки местности на чистой основе и фотопланах.

Оптическая система прибора состоит из зрительной трубы 3 (рис. 3.5) и стеклянного лимба, снабженного призмным блоком (рис. 3.6)



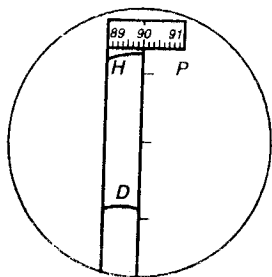
Р и с . 3.6. Оптическая схема кипрегеля КА-2

и системой призм, передающих изображение кривых горизонтальных проложений и превышений, нанесенных на поверхности лимба, в окуляр зрительной трубы. Зрительная труба с внутренней фокусировкой имеет объектив 1, фокусирующую призму 2, призму-сетку 3, на внутренней склеенной поверхности которой нанесены дальномерные штрихи и посеребренная Г-образная полоска и окуляр 4.

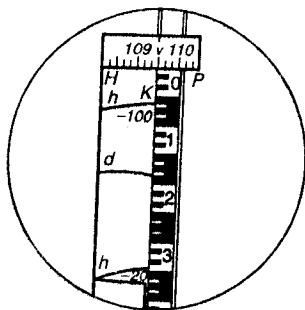
Лучи света зеркалом 5 направляются на лимб 6, где нанесены начальная окружность, кривые горизонтальных проложений и превышений. Пройдя лимб, лучи света при помощи призмленного блока 11 направляются в оборачивающую систему, состоящую из объективов 8 и 10, и далее передаются призмой 9 на посеребренную Г-образную полоску внутри склеенной плоскости призмы-сетки. В этом случае рассматриваются одновременно кривые горизонтальных проложений и превышений и сама рейка.

Прибор (см. рис. 3.5) состоит из трех основных частей: зрительной трубы, линейки и колонки. Зрительная труба 3 жестко соединена с цилиндрической осью колонки 4 и укрепена так, чтобы плоскость, описываемая визирной осью, проходила через скошенный край линейки кипрегеля. На втором конце оси вращения наглухо закреплен лимб вертикального круга. На его алидаде размещен цилиндрический уровень для приведения трубы в горизонтальное положение. В средней части колонки также размещены микрометрические винты 5 алидады вертикального круга и зрительной трубы. Наличие на трубе 30"-го цилиндрического уровня позволяет пользоваться зрительной трубой прибора как нивелиром, что создает большое удобство при работе на равнинной местности, в мелиорации, инженерных работах.

На склеенной поверхности призмы-сетки зрительной трубы име-



Р и с. 3.7. Поле зрения зрительной трубы кипрегеля



Р и с. 3.8. Определение горизонтальных проложений и превышений

ются три коротких дальномерных штриха, видимые в поле зрения трубы (рис. 3.7). По крайним штрихам определяется расстояние наклонной линии. Кроме того, в поле зрения трубы видны изображения кривых горизонтальных проложений *D*, кривых превышений и начальной окружности *H*.

Колонка снабжена ручкой, предназначенной для перестановки, грубого перемещения прибора по планшету во время наведения. Линейка кипрегеля состоит из двух частей: широкой (основной) *δ*, служащей основанием прибора, и узкой (вспомогательной) *15*, которая крепится при помощи двух шарниров с основной и образует с ней шарнирный параллелограмм, позволяющий наносить на планшет снимаемые точки без передвижения прибора.

Подготовка прибора к работе. После установки штатива над точкой на него крепят подставку, горизонтируют и закрепляют ее станковым винтом со штативом. На подставку при помощи трех закрепительных винтов устанавливают планшет. Планшет горизонтируют при помощи основной линейки и ориентируют по буссоли (ослабив винт подставки), действуя наводящим винтом подставки.

Зрительную трубу наводят на цель по горизонту сначала приблизительно, пользуясь мушкой, и целиком (25—30 см от глаза), а затем точнее — при помощи ролика малых поворотов.

Для замера горизонтального проложения (только при КЛ) отсчитывают число делений рейки от начальной окружности *H* и кривой горизонтальных проложений по вертикальной грани Г-образной полочки. Полученный отсчет (в см) умножают на 100 и получают горизонтальное проложение от точки стояния до рейки.

▽ 3.1. Расстояние между начальной кривой и кривой горизонтальных проложений, определенное по рейке, равно 19,2 см (рис. 3.8). Следовательно, горизонтальное проложение равно:

$$19,2 \cdot 100 = 1920 \text{ см} = 19,2 \text{ м.}$$

Для определения превышения или понижения следует отсчитать число делений рейки между начальной окружностью H и кривой превышений по вертикальной грани Г-образной полоски призмы-сетки. Затем отсчитанное число делений по рейке умножают на коэффициент кривой с учетом его знака (+ или —).

● Рейка должна иметь метку, соответствующую высоте инструмента.

Расстояние по рейке между начальной кривой и кривой превышений с коэффициентом — 20 равно 34,4 см. Следовательно,

$$h = -20 \cdot 34,4 \text{ см} = -688 \text{ см} = -6,88 \text{ м.}$$

Расстояние по рейке между начальной кривой и кривой превышений с коэффициентом 100 равно 6,9 см. Следовательно,

$$-100 \cdot 6,9 \text{ см} = -690 \text{ см} = -6,9 \text{ м,}$$

т. е. получили одинаковые результаты.

При положении, когда угол наклона зрительной трубы больше 44° (КЛ), указанные кривые на лимбе отсутствуют.

При использовании обычных дальномерных штрихов для дальномерных измерений по крайним штрихам определяется наклонное расстояние, а не горизонтальное положение.

● Следует помнить, что:

при большом коэффициенте номограммы получают менее точные результаты;

при измерении вертикальных углов по просветному штриху горизонтальной посе-ребренной полоски призмы-сетки отсчитывают градусы и десятки минут, а единицы минут можно оценивать на глаз;

при определении горизонтальных проложений, превышений и углов наклона пузырек уровня на вертикальном круге должен быть обязательно приведен в нуль-пункт, точка наведения зрительной трубы должна быть на пересечении вертикального штриха сетки с начальной окружностью H ;

место нуля и угол наклона прибора вычисляются по формуле

$$M_0 = 1/2(KЛ + КП), \alpha = КП - M_0, \alpha = M_0 - КЛ;$$

кипрегель КА-2 с номограммным преобразователем обладает такими достоинствами, как простота в работе, высокая точность определения расстояний и превышений. Недостатком является ограниченность поля зрения трубы, трудность наводки, что существенно снижает производительность труда.

Поверка кипрегеля КА-2. Поверки кипрегеля, как и других геодезических приборов, должны производиться в строго установленной последовательности. Иначе несоблюдение этого требования приводит к переделкам, большой потере времени. Рассмотрим основные конструктивные условия:

1. Скошенный край основной линейки кипрегеля должен быть прямым, а нижняя поверх-

ность — плоскостью (см. рис. 3.5). Если скошенный край линейки кривой, то положение наносимых точек будет ошибочным, а деформированная линейка вызовет скольжение прибора по планшету, неустойчивость, неточность в нанесении точек. Для проверки следует установить кипрегель по диагонали планшета, прочертить по скошенному краю линейки тонкую линию. Затем повернуть кипрегель на 180° , совместить край с прочерченной линией и карандашом прочертить новую линию. *Совпадение линий покажет прямолинейность края линейки. Несовпадение требует замены линейки.* Нижнюю плоскость линейки проверяют другой, выверенной.

2. Ось цилиндрического уровня линейки должна быть параллельна ее нижней плоскости. Для проверки мензурную доску устанавливают на глаз в горизонтальное положение, кипрегель — по линии двух подъемных винтов и выводят пузырек уровня на середину. Прочерчивают линию по скошенному краю линейки. Затем разворачивают кипрегель на 180° и прикладывают к прочерченной линии. *Если пузырек уровня отклонился от середины менее двух делений, то условие выполнено.* В противном случае исправительным винтом уровня выводят его на половину отклонения. После этого снова повторяют указанные действия до тех пор, пока условие будет выполнено.

3. Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения. Иначе это приведет при визировании на точки к угловым ошибкам из-за разных их высот. Для проверки условия планшет строго горизонтируют. Зрительную трубу в горизонтальном положении наводят на удаленную точку и прочерчивают на нее направление из какой-то точки на планшете. Кипрегель переставляют на 180° и из точки на планшете прочерчивают новое направление на выбранную точку. *Несовпадение линий свидетельствует о наличии коллимационной ошибки.* Для устранения погрешности на планшете проводят биссектрису и совмещают с ней скошенный край линейки. Боковыми исправительными винтами сетки нитей совмещают перекрестье сетки нитей с наблюдаемой точкой.

4. Ось вращения трубы должна быть параллельна плоскости линейки. Несоблюдение этого условия приводит к искажениям наносимых близкорасположенных высоких или низких точек. Для устранения погрешности планшет строго горизонтируют. Наводят перекрестие сетки нитей (при КЛ) на высокую точку вблизи планшета (на стене здания). Намечают точку ее проекции на стене на уровне высоты прибора. Трубу при КП наводят на точку и отмечают вторую проекцию точки. Условие считается выполненным, если проекции совпали. При несовпадении проекций из точки на планшете визируют на первую и вторую проекции точки, прочерчивают на них направления и наносят точки на планшет. *Расхождение между точками в 0,2 мм допустимо.* Для устранения

погрешности выбирают среднюю точку на стене и наклоном колонки добиваются того, чтобы перекрестье сетки нитей проецировалось на нее (наклон колонки можно сделать, подкладывая под нее фольгу).

5. Вертикальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы. Несоблюдение условия приводит к угловым погрешностям. Для устранения погрешности планшет устанавливают в горизонтальное положение. Перекрестье сетки нитей наводят на хорошо видимую точку. Трубу медленно опускают или поднимают, следя, чтобы точка не сходила с вертикальной нити. В противном случае нужно ослабить закрепительные винты диафрагмы и повернуть ее в нужное направление. В этом случае снова повторяют поверку условия о перпендикулярности визирной оси вращения трубы.

6. Коллимационная плоскость трубы должна совпадать со скошенным краем линейки. Несоблюдение условия приводит к тому, что все прочерченные направления на точки будут повернуты на некоторый постоянный угол, так как мензурную съемку проводят при КЛ. Для поверки планшет строго горизонтируют. Наводят перекрестье сетки нитей на удаленную точку и по скошенному краю линейки прочерчивают линию 25—30 см. На концах линии втыкают иголки и смотрят, проходит ли створ иголок через данную точку. Исправление погрешности возможно в геомастерских.

7. Место нуля вертикального круга должно быть 90° и постоянно. Даже незначительное отклонение от 90° значительно затрудняет вычисления. Поверку выполняют при двух положениях вертикального круга. Визируют на выбранную точку и снимают отсчеты при КЛ и КП. Вычисляют по формулам

$$MO = 1/2(KЛ + КП), \alpha = 90^\circ - KЛ.$$

Трубу оставляют наведенной на выбранную точку, наводящим винтом алидады устанавливают отсчет, равный вычисленному углу наклона. В этом случае пузырек уровня сойдет с нуля-пункта. Исправительными винтами уровня пузырек уровня устанавливают в нуля-пункт. В результате визирная ось наведена на точку, угол наклона равен вычисленному, пузырек уровня на середине.

Дополнительные условия. Кроме основных поверок следует выполнить три дополнительных условия.

1. Скошенные края основной и вспомогательной линеек должны быть параллельны. Для этого через одну и ту же точку прочерчивают прямые 20—25 см по краям обеих линеек, наводя зрительную трубу на удаленную точку. Определяют несовпадение концов линий. Если расхождение более

0,2 мм, то непараллельность устраняют регулировкой соединяющего устройства.

2. Правая грань Г-образной шкалы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы. Для устранения погрешности планшет горизонтируют. Правую грань Г-образной шкалы наводят на отвес. При несовпадении грани и отвеса ослабляют закрепительные винты и поворачивают окуляр трубы. После юстировки повторяется поверка 3.

3. Лимб вертикального круга должен быть без эксцентриситета. Поверку осуществляют путем наклона трубы вокруг горизонтальной оси вращения и наблюдения за положением нижней горизонтальной грани Г-образной полосы относительно начальной окружности лимба *H*. Несовпадение устраняют перемещением призмы-сетки при помощи юстировочного винта. После юстировки повторяется поверка 5.

3.4. Технология мензульной съемки

Все работы при мензульной съемке следует подразделить на подготовительные, полевые и камеральные.

Подготовительные работы. К ним относятся поверки и юстировки самого кипрегеля и различных принадлежностей (планшета, штатива, рейки, буссоли и т. д.).

Планшет подготавливают к работе следующим образом: размачивают в холодной воде ватман ручного отлива и наклеивают на жесткую основу клеем из хорошо сбитого яичного белка (2 яйца); после просушки ватман должен быть натянут, как кожа на барабане. Наносят на ватман при помощи линейки ЛБЛ, Дробышева или координатографа координатную сетку, углы рамок, исходные геопункты. Далее ватман оклеивают сверху менее плотной бумагой для предотвращения загрязнения, выгорания и механических повреждений. По имеющейся карте предварительно отрабатывают проект расстановки вех, ориентиров и базиса для развития съемочной сети.

Полевые работы. Они включают рекогносцировку, развитие съемочной геометрической сети, съемку контуров и рельефа местности.

Рекогносцировка имеет целью непосредственно на местности осуществить составленный проект выбора базиса, определить место расстановки вех, взаимную видимость между точками съемочной геометрической сети и способы съемки отдельных участков. Для базиса выбирают возможно длинную и ровную линию между геопунктами или точками съемочной сети. С точек концов базиса, а потом и со всех геопунктов методом засечек очерчивают направления на все точки съемочного обоснования. При этом каждая точка должна засекаться не менее чем с трех пунктов, углы засечек не должны быть менее 30°

или тупыми. Длина сторон треугольников не должна превышать удвоенного расстояния, определяемого по рейке.

Естественно, число точек зависит не столько от масштаба съемки, сколько от простой или сложной застроенной местности и от рельефа. Обычно их число в среднем на трапецию в масштабе $1 : 10\,000$ составляет 30—50. Точки съемочной сети на местности закрепляют вехами. Их расстановку начинают с участка, где взаимная видимость ограничена, там вехи устанавливают более высокими. В залесенной, заболоченной или застроенной местности намечают точки, которые можно определить при помощи мензульных, буссольных и теодолитных ходов. Развитие геометрической сети осуществляется в случае, когда опорных пунктов, определенных на местности различными методами, недостаточно. Тогда появляется необходимость построения съемочной геометрической сети на основе имеющейся государственной геодезической сети.

Работа начинается с того геопункта, с которого видно большее число вех. Планшет устанавливают на точке, центрируют и горизонтируют. Ориентирование производится по наиболее удаленному геопункту при КЛ.

Для этого скошенный край линейки совмещают с точками стояния и визирования, предварительно открепив закрепительный винт мензулы, и медленно поворачивают планшет до того момента, пока совмещение не будет идеальным. Для контроля совмещение проверяется и по другим имеющимся геопунктам, в процессе и в конце работы.

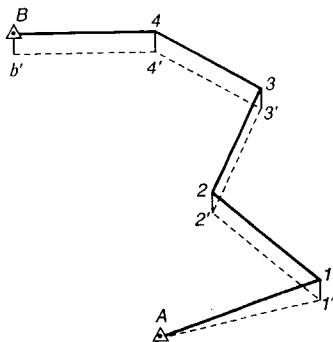
Точки съемочной сети определяют путем построения геометрической сети, прокладки мензульных и буссольных ходов, засечками. После установки планшета на точке и приведения прибора в рабочее положение при КЛ наводят зрительную трубу на все видимые точки, прочерчивают на них направления и определяют вертикальные углы. Подписывают направления за рамками участка и производят контрольное визирование на первоначальный пункт для предупреждения подвижки планшета. Записывают высоту прибора от торца знака до горизонтальной оси кипрегеля. Такие же действия выполняют на всех точках съемочной сети. Плановое определение точек съемочной сети в основном осуществляют способами прямой и обратной засечек. Абсолютные высоты определяют геометрическим или тригонометрическим нивелированием, исходя из принятой высоты сечения рельефа. Часто для сгущения точек съемочной сети применяют мензульный и буссольный ходы между точками с определенными (твердыми) координатами. Буссольный ход применяют в залесенной местности (рис. 3.9). Мензульный ход между точками начинается с установки планшета над исходной точкой *A* и ориентирования его по точке *B*. Зрительную трубу наводят на рейку в точке *I*, на нее прочерчивают направление, определяют расстояние и превышение. Далее переходят на точку *I*, ориентируют планшет по точке *A*, определяют превышение и расстоя-

яние. Усредняют расстояние и превышение и накалывают на прочерченной линии на планшете точку 1. На каждой последующей точке выполняют вышеуказанные операции. Расстояние между точками в масштабе 1 : 10 000 не должно превышать 500 м, превышение 1 см на 100 м хода.

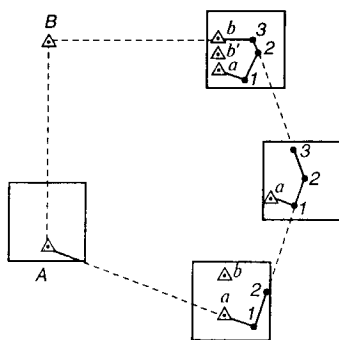
В конце хода вследствие накопления ошибки при измерении расстояний и прочерчивании направлений образуется линейная и высотная невязка (рис. 3.10). Линейная невязка не должна превышать 1/200 длины хода. Она распределяется построением на каждой точке параллельных линий невязки. На каждой точке съемочной сети топограф устанавливает кипрегель, горизонтирует и ориентирует планшет, указывает реечникам последовательность установки реек на выбранные характерные точки контуров и рельефа; измеряет расстояния до них, затем превышения и накалывает иглой циркуля положение точек, подписывает их принадлежность и высоту. Для упрощения вычислений превышений на рейку навязывают метку на высоту, равную высоте прибора, и превышения вычисляют по формуле

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

Рейка от прибора ставится на расстояние, не превышающее 350 м, и зависит от масштаба съемки и высоты сечения рельефа.



Р и с . 3.10. Графическое уравнивание мензульного хода



Р и с . 3.9. Определение положений съемочных точек мензульным ходом

После нанесения на планшет нескольких характерных высотных точек рельефа приступают к рисовке рельефа горизонталями, используя орографические линии водоразделов и тальвегов. Выполнив съемку на одной точке, переходят на другую, при этом каждый раз закрывают на рубашке старый участок и открывают новый участок для съемки характера контуров и рельефа. Такие четкие контуры удаленных объектов, как колокольни, трубы, мосты и другие, обычно наносят способом засечек.

Следует выполнять при съемке следующие условия:

1. Съемку всегда начинают с открытой местности.
2. Для самоконтроля на каждой точке проверяют ряд точек, снятых с предыдущих.
3. Для съемки рельефа рекомендуется определять 5—6 отметок точек, расположенных на вершинах, тальвегах и водоразделах, озерах и слияниях рек и т. д.

Камеральные работы. Эти работы проводятся каждый раз после съемки отдельного участка, чтобы исполнитель не забыл ситуацию. Они заключаются в карандашной рисовке контуров и рельефа. После составления плана производят сводку по рамкам с соседними планшетами. После корректуры планшетов и их приемки контуры и гидрографию вычерчивают тушью с соблюдением требований к условным знакам.

3.5. Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка (от греч. — быстрое измерение) — это совместная съемка контуров и рельефа местности угломерным методом при помощи тахеометра (теодолита), измеряющего горизонтальные углы, расстояния и превышения (рис. 3.11).

Тахеометрическую съемку применяют для составления топографических планов небольших участков, полос местности, в случаях, когда применение других способов невыгодно или невозможно.

Тахеометрическую съемку широко используют при маркшейдерских работах. Достоинством этой съемки является возможность в кратчайшие сроки выполнять полевые работы, невзирая на погодные условия, а потом в камеральных условиях окончательно составлять топографический план. Параллельное выполнение полевых и камеральных работ значительно повышает производительность труда топографа.

Съемочное обоснование создается прокладкой тахеометрических ходов с одновременной съемкой контуров и рельефа. Горизонтальные углы определяют между линией, принятой за исходную, по которой устанавливается нуль лимба, и направлениями на точки местности. Расстояния до точек измеряют оптическим дальномером. Превышения определяют тригонометрическим нивелированием. Съемку ведут обычно полярным способом. Быстрота достигается тем, что плановое и высотное положения каждой реечной точки определяют тахеометром при одном наведении трубы. Исходной плановой и высотной основой для съемки являются пункты государственной геодезической сети, теодолитные и нивелирные ходы. Точки съемочного обоснования определяют тахеометрическими ходами. Результаты полевых измерений заносят в журналы, одновременно ведут съемку и схематическую зарисовку ситуации и рельефа; с точек тахеометрических ходов — абрис (т. е. схематическое изображение ситуации, характерных точек и

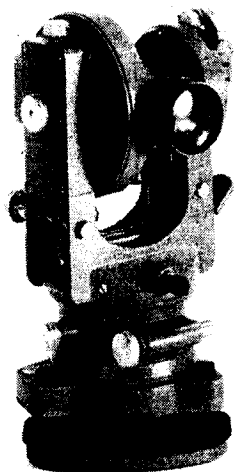
орографических линий рельефа). Рельеф на абрисах показывают схематическими горизонталями, а направление скатов указывают стрелками. План местности с изображением рельефа горизонталями составляют в камеральных условиях по данным полевых измерений и абрису. Сначала наносят точки тахеометрического хода, а по азимутам и расстояниям — речные точки, затем зарисовывают ситуацию.

Тахеометрический ход имеет целью сгущение съемочных сетей, так как на местности геодезическая опорная сеть, как правило, не бывает доведена до необходимой плотности, обеспечивающей качество съемок. Перед тем как прокладывать ход, производят те же работы, которые выполняют при прокладке теодолитных ходов, т. е. рекогносцировку, расстановку и закрепление съемочных точек. Точки должны обеспечивать все условия, необходимые для качественной съемки подробностей.

Тахеометрические ходы должны опираться на пункты геодезической сети и прокладываться между ними в виде одиночных ходов. Для съемки масштабов $1:5\,000$, $1:10\,000$ сторона хода 300—400 м, число сторон 8—10.

На каждой точке тахеометрического хода выполняют операции, аналогичные теодолитному ходу:

1. Установка прибора над точкой, центрирование, горизонтирование прибора.
2. Измерение высоты прибора с точностью до 1 см.
3. Наведение вертикальной нити сетки нитей на середину рейки.
4. Наведение верхней нити сетки нитей трубы на отсчет, равный целому числу метров. Нижняя нить в этом случае установится на каком-то большем отсчете дальномерной рейки. Разность отсчетов по черной и красной сторонами рейки, умноженная на коэффициент дальномера, даст длину измеряемой линии хода.
5. Измерение по низу рейки горизонтального угла на точке между сторонами хода. Контролем измерения служит суммарный угол, равный 360° .
6. Измерение вертикального угла путем визирования перекрестья сетки нитей на отсчет, равный высоте прибора, установки уровня вертикального круга в нуль-пункт и отсчета вертикального угла при КЛ и КП.



Р и с . 3.11. Тахеометр

7. Контроль качества выполняемой работы по расхождениям результатов измерений: для сторон — $1/400$, превышений — не более 4 см на 100 м расстояния.

После вычисления координат и высот точек хода приступают к съемке ситуации и рельефа местности на реечных точках, по которым составляют впоследствии топографический план. Съемка производится обычно при КЛ. Все результаты измерений фиксируют в журнале. На каждой точке хода одновременно с определением реечных точек и съемки местности составляется абрис. Абрис тахеометрического хода отличается от теодолитного тем, что не имеет числовых обозначений, а содержит только зарисовки местности (скелетные линии рельефа). Абрис необходим для составления топографического плана в камеральных условиях.

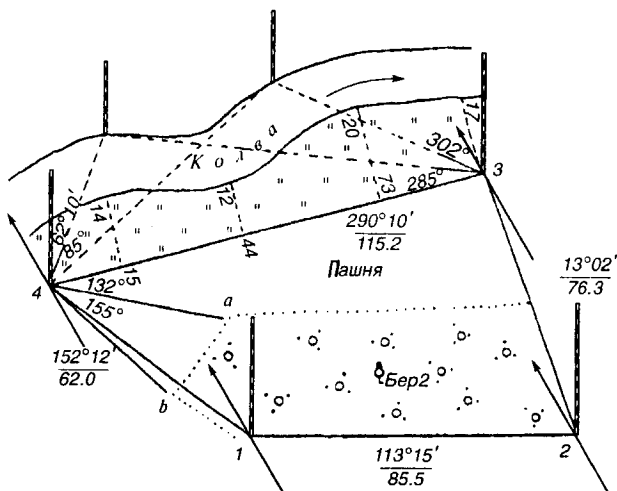
3.6. Буссольная съемка

Буссольная съемка является горизонтальной съемкой небольших участков местности малой плотности. Ее используют и как вспомогательную при других, более точных топографических съемках. Например, для съемки лесных участков, при поисках месторождений полезных ископаемых и т. д. При съемке местности буссолью и лентой применяют способы обхода, засечек, полярных и прямоугольных координат (рис. 3.12). Началом работ является рекогносцировка местности и создание по границам снимаемого участка точек съемочного обоснования в виде замкнутого полигона. Эти точки закрепляют на местности кольями.

Способ обхода. На поворотных точках полигона 1, 2, 3, 4 последовательно устанавливают буссоль, приводят ее в рабочее положение и измеряют азимуты ($113^{\circ}15'$; $13^{\circ}02'$; $290^{\circ}10'$; $152^{\circ}12'$) или румбы в прямом и обратном направлениях (расхождение не более $30'$). Одновременно измеряют лентой длины сторон (85,5; 76,3; 115,2; 62,2 м) и ведут съемку ситуации по обе стороны линий хода. Если внутри полигона имеются участки со сложной ситуацией, то прокладывают съемочные ходы между вершинами полигона. Для них также измеряют азимуты и длины сторон. При съемке ситуации в съемочных ходах используют те же способы, что и на точках хода.

Число сторон в полигоне буссольной съемки не более 25. Их число зависит от условий видимости вершин полигона. Вершины нельзя выбирать вблизи к железным дорогам, электролиниям и другим объектам, влияющим на показания буссоли. При съемке все измерения заносят в полевой журнал и ведут абрис.

Способ засечек (рис. 3.12). Его применяют для съемки ситуации тогда, когда расстояния до контурных точек невозможно измерить мерной лентой. Суть способа заключается в том, что из точек 3 и 4 измеряют буссолью азимуты (62 , 85 , 302 , 285°) или румбы линий на



Р и с . 3.12. Бусольная съемка. Способы определения точек съемочной сети

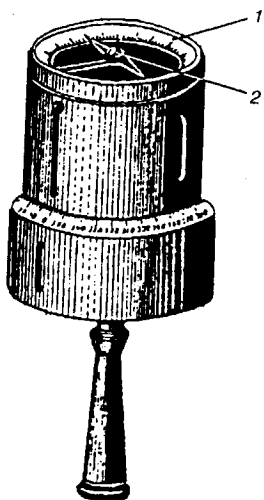
недоступные точки на левом берегу р. Колва. Определение планового положения точек будет тем точнее, чем ближе к 90° при определяемых точках углы засечек.

Способ полярных координат. Этот способ применяют, когда около вершины много контурных точек (рис. 3.12). Он заключается в том, что точки *a* и *b* находят относительно вершины полигона 4, ранее полученной способом обхода. На ней измеряют буссолью азимуты (132° , 155°), лентой определяют расстояния и записывают в таблицу при вершине (полюсе).

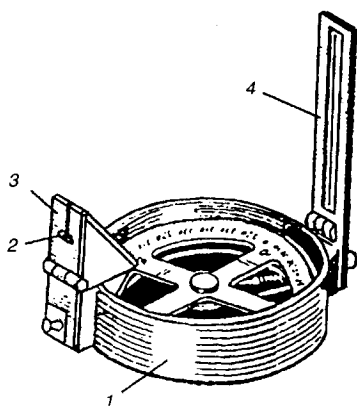
Основные приборы бусольной съемки. Основными приборами бусольной съемки являются гониометр и буссоль Шмалькальдера.

Гониометр (рис. 3.13) — это простейший угломерный прибор, предназначенный для измерения горизонтальных углов и азимутов направлений. Применяют в топографических работах, не требующих высокой точности. Работает с подставки. Основные части: горизонтальный металлический круг 1 снабжен круговой буссолью 2, скрепленной с алидадой. На конической шкале лимба нанесены деления углов. В цилиндрической стенке лимба размещены глазной и предметный диоптры. Плоскость диоптров совмещена с направлением $0-180^\circ$.

На алидаде имеются две пары взаимно перпендикулярных диоптров. Плоскость одной пары диоптров совмещена с нулевыми штрихами верньеров и служит для измерения горизонтальных углов. Вторая пара служит для разбивок углов в 90° . На алидаде укреплена буссоль со шкалой румбов.



Р и с . 3.13. Гониометр топографический



Р и с . 3.14. Буссоль Шмалькальдера

Магнитные азимуты измеряют буссолью в следующем порядке:

1. Устанавливают буссоль на точке так, чтобы плоскость лимба была горизонтальной.

2. Совмещают магнитную стрелку с диаметром 0—180°.

3. Визируют последовательно на точки; разность отсчетов по лимбу будет магнитными азимутами точек местности.

4. Измеряют расстояния мерной лентой.

Буссоль Шмалькальдера (рис. 3.14) — это круговая буссоль с азимутальным кольцом 2, скрепленным наглухо с магнитной стрелкой. На корпусе 1 буссоли расположены складные диоптры 3 и 4, через которые визируют на цель bb' и по ним смещают положение точек хода.

Невязку вычисляют по формуле

$$K_n = \frac{bb'}{p} d_n,$$

где d — расстояние от исходной точки до n точки, м; p — длина хода, м.

Невязку в высоте распределяют пропорционально длинам сторон хода.

Буссольный ход. Его прокладывают для плановой съемки ситуации относительно ориентированной ломаной линии, когда нет видимости между точками съемочной сети (залесенность и т. п.), по просекам, тропам, редколесью и т. д. В поле используются два варианта приборов и принадлежностей.

Первый вариант. Используются те же приборы, как при мензультном ходе, и обязательно выверенная топографическая буссоль для ориентирования планшета. Ориентирование производится от точки к точке при помощи буссоли. Все операции при съемке ситуации такие же, как при мензультном ходе. При необходимости нанесения дополнительных (переходных) точек, расположенных по сторонам хода, их планово-высотное положение определяют при помощи висячек и прямых засечек. Съемка контуров и рельефа выполняется одновременно с точек буссольного хода.

Второй вариант. Для измерения углов поворота трассы применяются такие приборы, как буссоль Стефана, гониометр, буссоль Шмалькальдера и др. Расстояния между точками измеряют мерной лентой. Они должны быть удобными для измерения. Точки съемочной сети на местности закрепляют кольями.

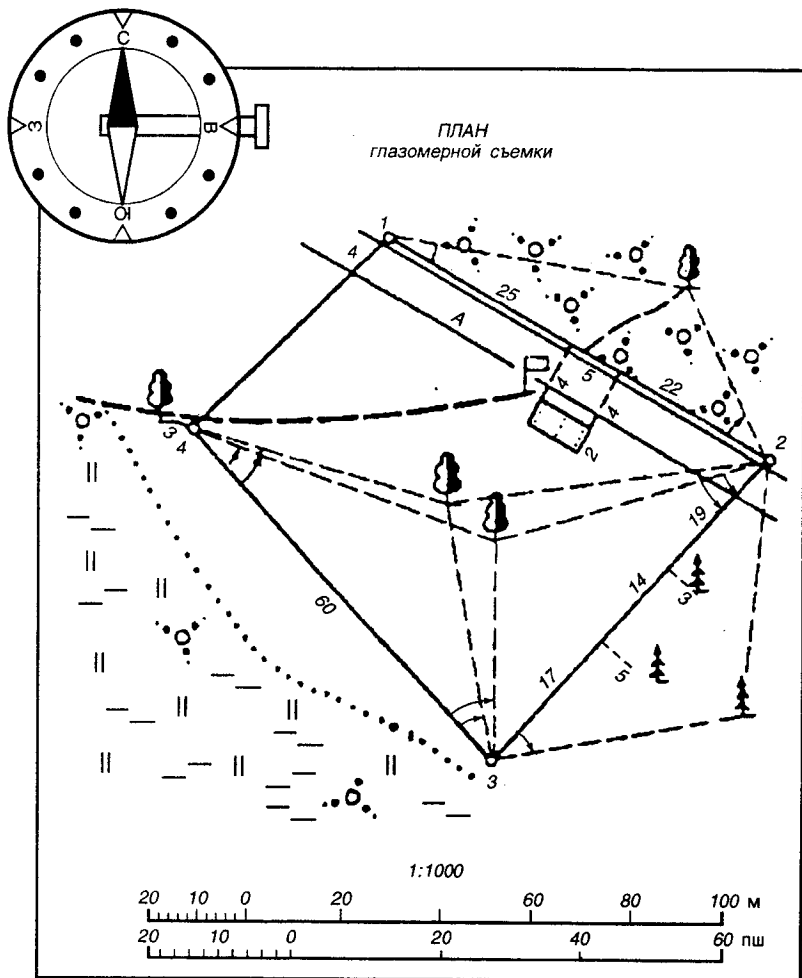
3.7. Глазомерная съемка

Глазомерной съемкой называется съемка, позволяющая получить приближенный план (чертеж) местности при помощи простейших измерений непосредственно в поле. Она применяется с целью получения в короткие сроки наглядного, упрощенного и генерализованного плана (рис. 3.15).

В связи с упрощенными способами измерения расстояний и углов простейшими инструментами (компасом, визирной трехгранной линейкой, барометром, циркулем-измерителем) глазомерную съемку широко применяют при обследовании местности, обновлении устаревших карт, в военном деле. Геологи, почвоведы, географы наносят на карты результаты своих исследований, выполненные глазомерной съемкой.

В зависимости от конфигурации и площади местности ее подразделяют на съемку площадную, маршрутную, с точки. Например, для съемки линейных объектов — трасс дорог, электролиний, газо- и нефтепроводов — проводят маршрутную съемку.

Глазомерная съемка проводится с соблюдением тех же операций, которыми руководствуются при выполнении инструментальных съемок, но только при пониженной точности, т. е. то же съемочное обоснование, те же приемы съемки подробностей. Съемку подробностей ведут одновременно с прокладкой ходов. Точки не закрепляют, съемку выполняют на чертежной бумаге, приклеенной к папке (планшету). Направление линии определяют по компасу, его линия должна совпадать с прочерченным направлением на планшете. Длины линий измеряют тройками шагов, считают под одну и ту же ногу. Иногда пользуются шагомером или таблицами определения расстояния на глаз (табл. 3.1). Каждому человеку в жизни пригодится умение на глаз



Р и с . 3.15. Планшет глазомерной съемки

определять расстояния, а для топографа — это божий дар. Измеренные расстояния откладывают на планшете по масштабу шагов.

Трехгранная визирная линейка предназначена для наведения по верхнему ребру на объекты, откладывания расстояний в масштабе плана.

Объекты для проведения глазомерной съемки условно делят на три градации:

1 — объекты дальнего плана, крупные хорошо опознаваемые ориентиры, их определяют особо точно;

2 — ориентиры ближнего плана (мосты, трубы, перекрестки и т. д.);

3 — ситуационные объекты (угол леса, перекрестки, вершины).

Точность определения глазомерных расстояний зависит от опыта и природных особенностей человека, от расстояний, окраски и освещенности объекта, от атмосферных влияний и т. д. При необходимости более точного определения расстояний и углов наклона используют 60-сантиметровую линейку, зная высоту или ширину объекта (рис. 3.16). Расстояние вычисляется по формуле

$$S = 0,6L/e,$$

где L — высота объекта, e — число сантиметров на линейке.

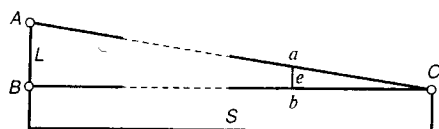
Таблица 3.1. Таблица глазомерного определения расстояний

Объекты	Расстояние, м
Цвет волос, строение носа человека, форма листьев деревьев, цветов	25
Цвет глаз человека, строение коры деревьев, разновидность птиц, мелких животных	50
Подробности одежды человека	150
Материал крыш, провода линий связи, листья на деревьях, овал лица человека	200
Части одежды человека, ветви деревьев, стволы кустарника	250
Силуэты людей, животных, автомашин	500
Стволы деревьев, столбы	1000
Трубы, сооружения башенного типа	3000

Закрывающий объект вертикальный угол измеряется также, при этом каждый сантиметр линейки будет равен 1° . Съемку подробностей ведут с линий хода, прокладываемых по дорогам, просекам, берегу реки и т. д. С исходной точки хода должна обозреваться возможно большая часть снимаемого участка.

После горизонтирования и ориентирования планшета по компасу ведут съемку подробностей наиболее эффективными способами. Рисовку рельефа делают на глаз. Закончив и проверив съемку на первой точке, прочерчивают направление при ориентированном планшете на вторую точку, измеряют до нее расстояние и находят положение второй точки. Переходят на вторую точку, по мере движения делают съемку

Рис. 3.16. Определение расстояния до объекта съемки по известной высоте



по обе стороны линии. Рельеф снимают на глаз, передавая его общие стороны.

При съемке следует выполнять следующие условия:

на каждой станции проверять и дополнять ситуацию, нанесенную на предыдущей станции (гарантия от пропусков);

выбирать главные изгибы дорог, рек, контуров за счет мелких; засекать объекты не менее чем с трех точек;

вычерчивать планшет следует частями, в последовательности, указанной инструкцией (населенные пункты, ориентиры, дороги, реки, линии связи, рельеф, лес, болота).

4. НИВЕЛИРОВАНИЕ

4.1. Геометрическое нивелирование

Цель высотных съемок — определение высот и глубин точек земной поверхности и их превышений относительно отсчетной уровенной поверхности — среднего уровня Балтийского моря. За средний уровень принят нуль-пункт Кронштадтского футштока (решение геодезического совещания 1926 г.).

Регулярные наблюдения на Кронштадтском футштоке ведутся с 1840 г.

Средним уровнем моря называется уровень, определенный из продолжительного ряда наблюдений, из которых исключены влияния кратковременных и периодических возмущающих причин (воздействие ветра, притяжение Луны и Солнца, вызывающих приливно-отливные явления и т. д.). Средний уровень — пока наиболее постоянная и устойчивая поверхность, относительно которой изучаются вертикальные перемещения земной поверхности.

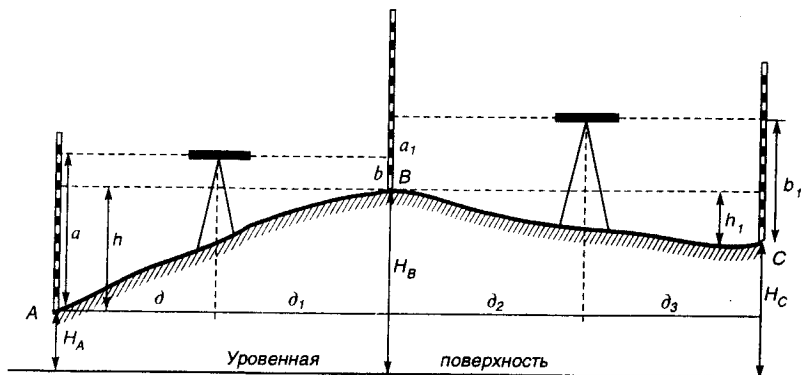
Нивелированием называется процесс определения высот и глубин точек земной поверхности.

Различают несколько основных методов нивелирования:

геометрическое (нивелир), тригонометрическое (теодолит, кипрегель), барометрическое, аэрорадионивелирование (статоскоп, радио-высотомер), гидростатическое, стереофотограмметрическое и т. д.

Геометрическое нивелирование является основой для создания государственной нивелирной сети и выполняется горизонтальным лучом визирования нивелира. Это наиболее точный, совершенный и распространенный метод. Его максимальная точность характеризуется величиной $\pm 0,5$ мм на 1 км хода.

Государственная нивелирная сеть включает нивелирные сети 1—4 классов точности и техническое нивелирование. Это — главная высот-



Р и с . 4.1. Нивелирование из середины

ная основа, образующая единую систему высот на всей территории страны.

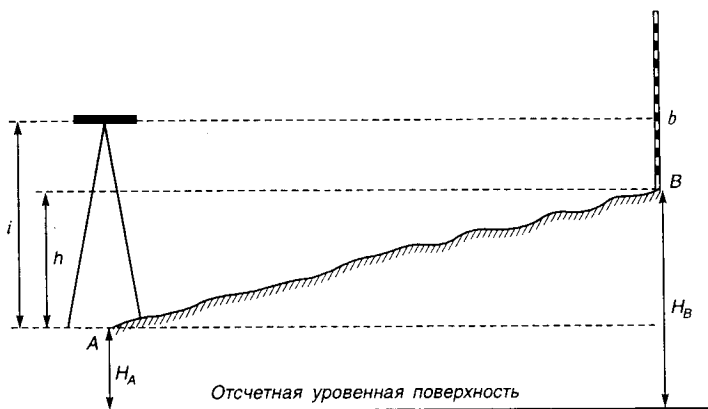
Нивелирная сеть 1 и 2 классов — тончайшая геодезическая работа, служит для решения сложных задач изучения современных вертикальных движений и деформаций земной коры, вековых колебаний суши, разностей высот морей и океанов, фиксаций извержения вулканов, изучения физической поверхности Земли, для передачи высот на огромные расстояния. Такие сети прокладывают по береговым линиям океанов и морей, крупных рек и озер, по старым железным и шоссейным дорогам.

Нивелирная сеть 3 и 4 классов служит высотной основой при топографических съемках и решения различных инженерных задач. Нивелирная сеть 1 класса строится в виде полигонов с периметром 3000—4000 км, связанных между собой. Нивелирование повторяется через каждые 25 лет. Нивелирная сеть 2 класса состоит также из полигонов с периметром 500—600 км и нивелирных ходов.

Нивелирные сети 3 и 4 классов прокладывают внутри полигонов высших классов. Линии нивелирования закрепляют реперами. Последующее сгущение нивелирных сетей выполняют в виде отдельных ходов техническим или тригонометрическим нивелированием.

Способы выполнения нивелирования. По способу выполнения различают нивелирование из середины, вперед (последовательное); для построения профиля, нивелирование оврагов и площадное нивелирование.

Способ нивелирования из середины. Наибольшее применение находит способ нивелирования из середины, так как он исключает введение поправок за кривизну Земли и рефракцию, не требует измерения высоты инструмента, быстрый и удобный при работе



Р и с . 4.2. Нивелирование вперед

на местности с небольшим угловым наклоном. Принцип нивелирования из середины показан на рис. 4.1. Превышение h между двумя точками A и B определяется как разность отсчетов на заднюю A и переднюю B рейки, т. е. простым нивелированием:

$$h = a - b.$$

При этом, чтобы получить более точные результаты измерений, нивелир ставят посередине и в створе между точками (допустимая погрешность 2—3 м).

Если превышение определяется между значительно удаленными точками или расположенными на склоне (последовательно сложный нивелирный ход), то высоту конечной точки B вычисляют по формуле

$$H_B = H_A + \Sigma h_{AB},$$

где H_A — высота точки A .

Способ нивелирования вперед (рис. 4.2). Способ заключается в том, что превышение между двумя точками можно определить, если поставить нивелир в одной из точек и взять отсчет по рейке на точке B . В этом случае вместо отсчета на точке A определяют высоту прибора i , а $h = i - b$.

Высота точки B определяется по формуле

$$H_B = H_A + i - b.$$

При способе нивелирования вперед на точность определения превышений оказывают влияние рефракция и кривизна Земли.

Суть этих явлений заключается в том, что визирный луч, проходя

через слои атмосферы меньшей плотности к большей, приобретает вид выпуклой кривой. Величина отклонения визирного луча от прямого называется *рефракцией*. Рефракция вычисляется по приближенной формуле

$$r = S^2 / (2R_1),$$

где S — расстояние между точками; R_1 — радиус рефракционной кривой.

Влияние кривизны Земли заключается в том, что визирный луч нивелира распространяется по прямой, касательной к уровенной поверхности. Величина отклонения вычисляется по формуле

$$k = S^2 / (2R),$$

где R — средний радиус Земли.

Общая поправка за кривизну Земли и рефракцию

$$f = k - r = 0,43 S^2 / R.$$

Нивелирование для построения профиля. Данный способ часто применяют при решении различных инженерно-технических задач: строительстве автодорог, линий электропередач, каналов и т. д. При этом осуществляется техническое нивелирование продольное или поперечное, цель которого — определение высотного и планового положения точек, расположенных вдоль или поперек оси трассы, и последующее построение соответствующих профилей. Полевые работы при этом включают подготовительные и рекогносцировочные работы, разбивку пикетажа и съемку ситуации трассы, нивелирование пикетов.

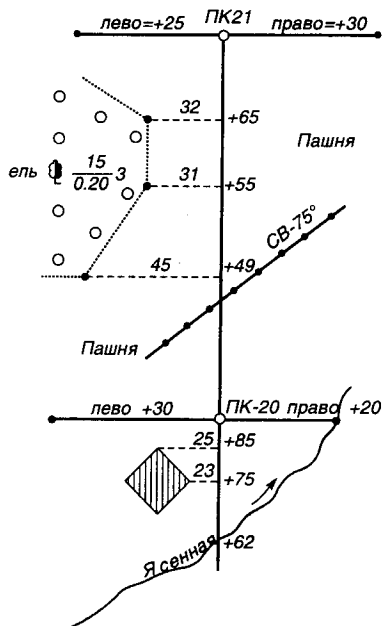
Подготовительные работы включают поверки и юстировки приборов и принадлежностей. Рекогносцировка местности имеет целью установить окончательное и рациональное положение трассы.

Разбивка пикетажа заключается в делении трассы на равные 100-метровые участки, закреплении их на местности колышками (вровень с землей) и сторожками с обозначением номеров пикетов.

Нумерация пикетов начинается с номера нулевого пикета и обозначается *ПК0*, следующий пикет обозначается *ПК1* и т. д. По номеру пикета определяется расстояние пикета от начала трассы. Углы поворота трассы измеряются теодолитом и также закрепляются колышками. Участки трассы провешивают и измеряют стальной 20-метровой лентой.

Для того чтобы детальнее отобразить рельеф трассы на характерных точках местности (вершины, седловины, впадины и т. п.), устанавливают плюсовые точки и на колышке подписывают номер заднего пикета и расстояние от него (*ПК2 + 23,0*).

Кроме того, на участках трассы вправо и влево от линий участков



Р и с . 4.3. Нивелирование пикетов промежуточных точек

по перпендикулярам (поперечникам) разбиваются точки, необходимые для определения объемов земляных работ (рис. 4.3).

Одновременно с разбивкой пикетажа проводится инструментальная съемка (глазомерная) местности в пределах 25—50 м вправо и влево от оси трассы. Результаты разбивки пикетажа и съемки заносят в пикетажную книжку. Трасса в книжке изображается прямой линией, несмотря на имеющиеся повороты. Углы поворота трассы показываются *стрелками*. Далее вычерчивается план местности на продольном профиле по данным пикетажной книжки.

Работа при разбивке пикетажа, промежуточных точек, поперечников и съемки ситуации осложняется в случаях поворотов трассы, так как в вершине поворота между прямолинейными участками необходимо вписать сопрягающую кривую (закругление) и измерение длины трассы пойдет по округлению, а не по ломаной линии, т. е. надо произвести разбивку круговой кривой.

Способ прямоугольных координат. Рассмотрим элементы круговой кривой и один из наиболее распространенных способов разбивки круговой кривой (рис. 4.4, а, б).

Начало *НК*, середина *СК* и конец *КК* кривой являются главными ее точками. Для отыскания этих точек на местности надо знать следующие элементы круговой кривой: *Q* — угол поворота трассы, *R* — радиус кривой, *L* — длину касательной (тангенсы), *K* — длину кривой, *B* — биссектрису кривой и *D* — домер (разность длин между ломаной $2L$ и дугой *K*).

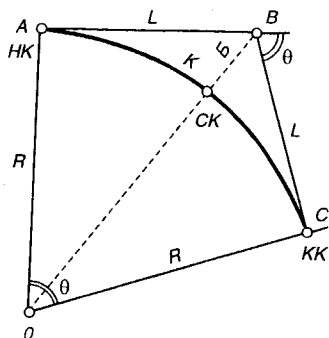
Тогда если угол поворота трассы *Q* измерен на местности, а радиус кривой задан проектом, то остальные элементы можно вычислить по формулам

$$L = R \operatorname{tg} \frac{Q}{2}; K = \frac{\pi R}{180^\circ} Q; D = 2L - K; B = R(\sec \frac{Q}{2} - 1).$$

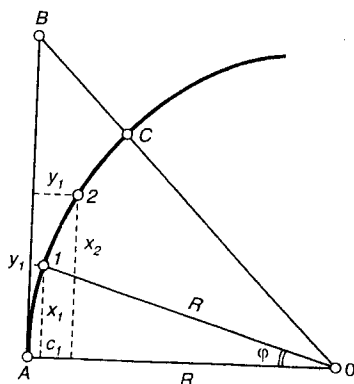
§ 4.1. Произвести разбивку круговой кривой длиной 50 м и радиусом 200 м через 5 м.

Р е ш е н и е . Половина длины круговой кривой равна 25 м.

а)



б)



Р и с . 4.4. Круговая кривая (а) и способ прямоугольных координат (б)

Центральный угол определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{180^\circ L}{\pi R}; \quad \varphi = \frac{180^\circ \cdot 5}{3,1415 \cdot 200} = 1^\circ 42', 8$$

$$\begin{aligned} x_1 &= R \sin \varphi; & x_1 &= 200 \sin 1^\circ 43' = 6 \text{ м}; \\ y_1 &= 2R \sin^2 \varphi / 2; & y_1 &= 400 \sin^2 0^\circ 51' = 0,22 \text{ м}; \\ x_2 &= R \sin 2\varphi; & x_2 &= 200 \sin 3^\circ 25', 6 = 11 \text{ м}; \\ y_2 &= 2R \sin \varphi; & y_2 &= 400 \sin 1^\circ 42', 8 = 0,36 \text{ м}. \end{aligned}$$

На местности положение точки 1 определяют откладыванием $x = 6$ м от начала кривой по касательной AB . Из полученной точки восстанавливают перпендикуляр к касательной и откладывают $y = 0,22$ м.

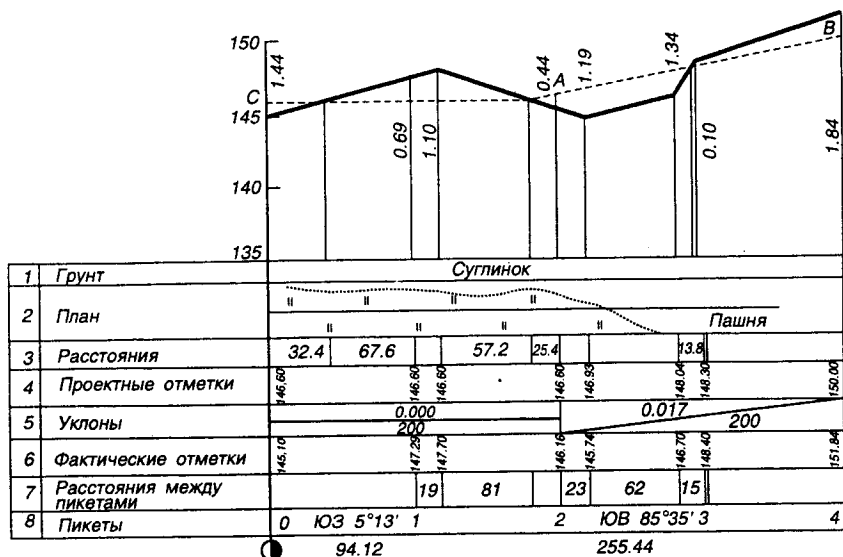
Подобным образом определяют положение всех последующих точек и по ним строят круговую кривую.

Способ прямоугольных координат (рис. 4.4, б) заключается в разбивке кривой от начала и конца к ее середине точками через определенные интервалы и определении прямоугольных координат этих точек.

Для вычисления координат x , y находят угол φ , соответствующий заданной кривой. Из решения треугольника OCI находят

$$x_1 = R \sin \varphi; \quad y_1 = 2R \sin^2 \varphi / 2.$$

Аналогично вычисляют координаты точек, расположенных на первой половине кривой через заданное расстояние L .

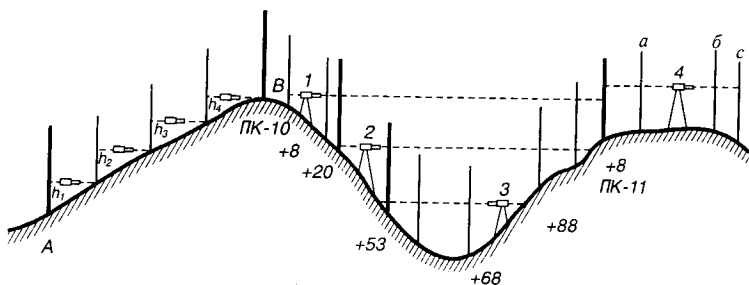


Р и с . 4.5. Продольный профиль трассы

Так как вторая половина кривой разбивается от ее конца к середине кривой, то точки разбивки располагаются симметрично относительно середины кривой и имеют такие же координаты, как одноименные точки первой половины кривой. Следовательно, они не требуют вычислений. Описанный способ обладает тем достоинством, что координаты каждой разбивочной точки получают независимо от других, поэтому не накапливается погрешность при определении. Способ эффективен при разбивке кривых на ровной и открытой местности.

Построение продольного профиля трассы (рис. 4.5). Построение профиля на бумаге является завершающим этапом технического нивелирования. Для построения профиля подбирают горизонтальный и вертикальный масштабы так, чтобы вертикальный был крупнее горизонтального в 5—10 раз для большей выразительности рельефа.

В средней части листа проводят горизонтальную линию и принимают ее за линию условного горизонта. Ниже ее проводят профильную сетку из ряда полос длиной, равной протяженности трассы в масштабе. В полосе 8 отмечают положения пикетов и их номера, в полосе 7 вертикальной чертой отмечают пикеты и плюсовые точки. Влево и вправо от них записывают расстояния до ближайших пикетов или плюсовых точек. В полосе 8 вычерчивается трасса и даются углы



Р и с . 4.6. Ватерпасовка ската *AB* и нивелирование оврага

поворотов. В полосе 6 выписывают из журнала нивелирования отметки связующих и промежуточных точек (фактические точки). В полосе 2 проводят посередине ось трассы и от нее строят план местности. В полосе 1 записывают сведения о грунте. Выше линии условного горизонта строят продольный профиль трассы.

Самую низкую точку профиля выбирают с таким расчетом, чтобы она отстояла от линии условного горизонта не менее 5—8 см. На вертикальных линиях, проходящих через пикеты и плюсовые точки, откладывают в масштабе высоты точек. Затем прямыми линиями соединяют полученные точки и получают продольный профиль трассы. При нанесении проектной линии должны быть соблюдены следующие условия:

объемы земляных работ по насыпям и выемкам должны быть равными и минимальными;

проектная линия не должна превышать максимальный уклон и проходить через горизонтальную площадку.

Построение поперечного профиля. Поперечный профиль по сравнению с продольным менее сложен. Горизонтальный и вертикальный масштабы подбирают равными. Профильная сетка включает 2 полосы: одна для расстояний между точками нивелирования, другая для отметок высот.

Нивелирование оврагов (рис. 4.6). На крутом склоне невозможно пронивелировать пикет с одной станции, так как визирный луч нивелира уходит в землю или идет выше рейки. В этом случае нивелирование пикета может осуществляться через выбор дополнительных точек (иксовых), до которых расстояние не измеряют, так как они не являются характерными точками рельефа, а нужны только для передачи превышений между пикетными точками. При пересечении оврагов выполняется следующий порядок действий: со станции 1 нивелируют переднюю связующую точку *x* и вторую переднюю связу-

1	2	3	4	5	
152	315	384	271	513	343
6	I	II	III	IV	
592	383	272	470	213	640
670	416	511	615	850	512
11	V	VI	VII	VIII	15
542	12	13	14	516	670
	IX	X	XI	XII	
592	141	215	841	570	813
16	17	18	19	20	

Рис. 4.7. Нивелирование по квадратам

ющую за оврагом ПК-11 + 8. Производят нивелирование самого оврага со станций 2 и 3, переходят на станцию 4, нивелируют, считая точку ПК-11 + 8 задней. Таким образом, основной ход после станции 1 продолжается станцией 4, а станции 2 и 3 не включаются в основной ход и служат только для нивелирования оврага.

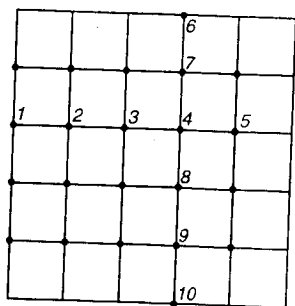
При нивелировании крутых склонов оврагов переходят к упрощенному нивелированию, называемому *ватерпасовкой*.

Для этого пользуются двумя рейками и устанавливают их так, как показано на рис. 4.6 слева. Вертикальность рейки устанавливают по круглому уровню. Вторая рейка располагается горизонтально при помощи ватерпаса. Сумма $h_1 + h_2 + h_3 + h_4$ дает превышение точки В над А.

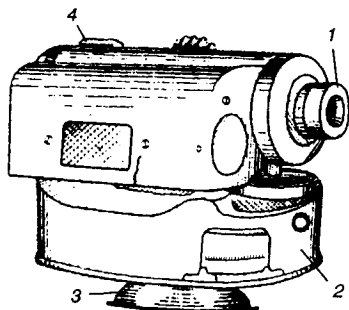
Площадное нивелирование (нивелирование поверхности). Нивелирование поверхности имеет целью получить точное представление о детальном строении рельефа участка местности, вертикальной его планировке, инженерных изысканиях и т. д. За идеальную поверхность принимается горизонтальная поверхность или, в крайнем случае, наклонная поверхность, но в практике работ они встречаются редко. Поэтому нивелирование можно выполнить по-разному, в зависимости от характера рельефа, залесенности, требуемой точности, поставленных задач. Обычно самыми распространенными способами площадного нивелирования являются: нивелирование по квадратам; магистралей; параллельных линий; замкнутых полигонов; створов.

Например, если рельеф выражен неясно и нужно показать его мелкие детали с высокой точностью или рельеф с очень малой высотой сечения (0,25 м), то нивелирные точки следует расположить равномерно на участке съемки, для чего разбивают сеть квадратов и нивелируют точки в вершинах квадратов и характерных местах.

Способ квадратов (рис. 4.7). Смысл способа заключается в разбивке участка взаимно перпендикулярными линиями на сеть квадратов. Высотные отметки вершин квадратов определяют нивелированием, а положение контуров измеряют от сторон квадратов мерной лентой, сами квадраты разбивают теодолитом. Для этого на местности провешивают и измеряют опорную линию АА, колышками закрепляют отрезки (20, 40, 100 м), равные стороне квадрата. В точках разбивки



Р и с . 4.8. Нивелирование поверхности способом параллельных линий



Р и с . 4.9. Нивелир технического типа НТК

восстанавливают перпендикуляры к опорной линии, которые также разбивают на такие же отрезки. Далее разбивают последнюю линию и внутренние линии полигона. Одновременно с разбивкой сетки квадратов определяют характерные точки местности (вершины, урезы, перегибы рельефа). Результаты измерений заносят в абрис и журнал. В качестве связующих точек выбирают вершины соседних квадратов и закрепляют их колышками. Способ нивелирования вершин квадратов зависит от длин сторон и рельефа. Если квадраты разбиты со сторонами 100 м, то нивелир устанавливается в середине квадрата и каждый квадрат нивелируют отдельно. Когда стороны квадратов малы (20 м), то квадраты объединяют в более большие, и из середины большого квадрата нивелируют вершины малых квадратов. Связующие точки нивелируют по двум сторонам рек, промежуточные — по черной стороне. Допустимую невязку равномерно распределяют на все превышения точек хода. После уравнивания высот приступают к рисовке рельефа плана.

Способ магистралей. Способ применяют для составления плана узкой полосы местности, при строительстве авто- и железных дорог, каналов, трубопроводов и т. д. Производят разбивку пикетажа и поперечников, нивелирование проводят в обычном порядке. По результатам полевых измерений наносят на план нивелирные ходы и поперечники, вычерчивают рельеф местности.

Способ параллельных линий (рис. 4.8). Этот способ часто используют при съемке равнинной местности, посередине участка прокладывают основной ход и перпендикулярно ему — параллельные съемочные ходы длиной до 1500 м. Расстояние между ходами и определяемыми точками колеблется от 50 до 100 м.

Способ замкнутых полигонов. Его применяют в случае, когда необходимо получить общее представление о крупных формах рельефа. Прокладывается по контуру участка основной ниве-

лирный ход, углы поворота хода измеряют теодолитом. Съёмочные ходы длиной до 2 км прокладывают по водоразделам и тальвегам, а также по направлениям, удобным для нивелирования.

С п о с о б с т в о р о в . Способ применяют в равнинной открытой местности с небольшим числом контуров. Для этого на участке равномерно расставляют вежи так, чтобы обеспечивалась взаимная видимость и вежи одна от другой были на удалении до 1 км. Основные нивелирные ходы прокладывают по створу между вежами. Нивелирование промежуточных точек производят одновременно с измерением расстояний от нивелира до реек и определяют их плановое положение. Затем вежи устанавливают в точках основных ходов и в створе между ними прокладывают съёмочные ходы. После уравнивания основных ходов вычисляют высоты всех съёмочных ходов.

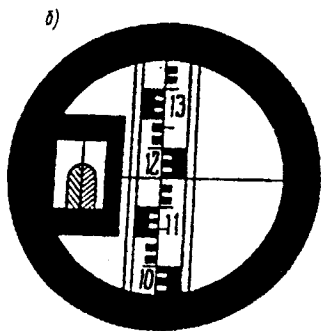
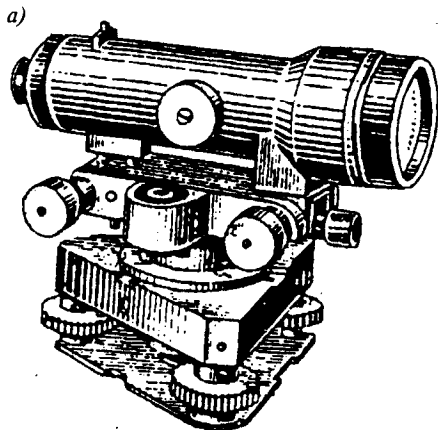
Технический нивелир Н-10КЛ (рис. 4.9). Нивелир служит для выполнения технического нивелирования и для топографо-геодезических работ. Это нивелир с самоустанавливающейся линией визирования. Для отсчетов горизонтальных углов он снабжен горизонтальным кругом 2, смонтированным на подставке 3, зрительной трубой 1, компенсатором, круглым уровнем 4 для горизонтирования инструмента, вертикальной осью вращения и подъемными винтами. Зрительная труба наводится на рейку рукой, так как в ней нет закрепительного и наводящего винтов.

Нивелир НЗ (рис. 4.10, а). Данный нивелир состоит из зрительной трубы, горизонтального круга (основания), элевационного винта, установочного уровня с зеркалом, подставки, подъемных винтов, точного вертикального уровня.

П о р я д о к р а б о т ы . Нивелир устанавливается на треноге и закрепляется станковым винтом, центрируется при помощи отвеса. Горизонтирование проводится при помощи круглого уровня и подъемных винтов. Достаточно пузырек круглого уровня расположить в центре окошечка. Далее зрительная труба грубо наводится на рейку с помощью визира и вращением горизонтального круга, а точность резкости предмета и сетки нитей достигается при закреплённом зажимном винте наводящим винтом, вращением маховичка и кольца окуляра.

Н и в е л и р о в а н и е . Перед снятием отсчета по рейке должны быть совмещены правая и левая стороны пузырька вертикального уровня. Совмещение считается законченным, когда оба конца пузырька устанавливаются на одной высоте в виде полукруга. Отсчет по рейке должен быть с точностью до миллиметра, цифры в поле зрения должны нарастать сверху вниз (рис. 4.10, б).

И з м е р е н и е р а с с т о я н и й . На вертикальной нити сетки на одинаковом расстоянии от полной горизонтальной нити расположены два горизонтальных штриха. Промежуток по рейке, заключенный между штрихами при коэффициенте 100, дает измеренное расстояние. Как правило, верхний штрих сетки устанавливается на черту любого



Р и с . 4.10. Уровненный нивелир НЗ (а) и изображение вертикального уровня (б)

дециметрового деления в середине рейки 14, 15, 16. Например, верхний штрих установлен на отсчет 1,5 м, нижний штрих — на отсчет 2,85 м. Тогда измеренное расстояние будет: $(2,85 - 1,5) \times 100 = 1,35 \times 100 = 135,0$ м.

Измерение направления лимбом горизонтального круга. При точной горизонтальной наводке зрительной трубы на вертикальную рейку отсчет по лимбу снимается по нониусу, расположенному в окне вращающейся части нивелира. Наименьшее деление лимба $1'$, лимб оцифрован через каждые $10'$. Точность отсчета по нониусу $6'$.

Поверки нивелира. Поверки нивелира подразделяются на первичные и периодические, очень важна последовательность их проведения. При их проведении должны соблюдаться следующие условия:

температура воздуха $25 \pm 10^\circ \text{C}$, относительная влажность 45—80 %, давление 630—800 мм рт. ст.;

при пасмурной погоде работать в период с 7 до 9 ч и с 16 до 19 ч дня;

нивелир установлен на треноге и закреплен станovým винтом.

Поверки нивелира осуществляются в такой последовательности:

1. Внешний осмотр. Должны быть выполнены следующие требования: соответствие комплектности с паспортом, маркировка на нивелире должна содержать товарный знак завода, шифр нивелира, заводской номер, год выпуска.

2. Опробование. Подвижные узлы нивелира должны вращаться плавно, юстировочные винты уровней надежны при любых положениях уровней в оправах.

3. Определение метрологических параметров.

4. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения

прибора. Пузырек уровня приводят в нуль-пункт при помощи подъемных винтов. Поворачивают его верхнюю часть вокруг оси на 180° . Если пузырек останется в центре уровня, то условие выполнено. В противном случае проводят юстировку уровня исправительными винтами, смещая пузырек на половину отклонения. Снова подъемными винтами пузырек уровня устанавливают в нуль-пункт, исправительными винтами смещают пузырек на половину отклонения. Юстировку проводят до тех пор, пока пузырек уровня не будет оставаться в нуль-пункте при любом положении подставки нивелира.

5. Горизонтальная нить сетки нитей нивелира в рабочем положении должна быть горизонтальной. Поверку выполняют при помощи отвеса, подвешенного в 15—20 м от нивелира. Если вертикальная нить полностью совмещается с отвесом, то условие выполнено. Можно выполнять поверку при совмещении вертикальной нити со шнуром отвеса. Исправление проводят поворотом сетки нитей за счет отверстий юстировочных винтов.

6. Проекция оси цилиндрического уровня и визирной оси трубы на горизонтальную плоскость должны быть параллельны. Для выполнения поверки в 50—80 м от нивелира устанавливается рейка. Вертикальную ось прибора приводят в отвесное положение при помощи круглого уровня. Пузырек цилиндрического уровня приводят элевационным винтом в нуль-пункт и снимают отсчет по рейке. Наклоняют нивелир поворотом двух подъемных винтов в одну сторону и следят за постоянством отсчета по рейке, затем такое же действие делают с другой стороны. Если концы пузырьков уровня остаются на одном месте, то оси цилиндрического уровня и зрительной трубы параллельны и отвесны. Если концы пузырька уровня смещаются в противоположные стороны при наклоне нивелира, то исправляют положение цилиндрического уровня боковыми юстировочными винтами, вывинчивая один и закручивая другой. Юстировка повторяется до тех пор, пока концы пузырька уровня не останутся на месте.

7. Вертикальные проекции оси цилиндрического уровня и визирной оси зрительной трубы должны быть параллельны. Для выполнения поверки измеряют расстояние рулеткой 50—75 м на ровной местности. Две конечные точки закрепляют колышками. Устанавливают нивелир в одной точке, а рейку в другой, приводят нивелир в рабочее положение, измеряют высоту нивелира, визируют на рейку и снимают отсчет по средней нити. Он будет ошибочен на величину x . Меняют рейку и нивелир местами, измеряют новую высоту нивелира, берут отсчет по рейке. Он также будет ошибочен на x . Величина x , обусловленная наклоном визирной оси к горизонту, определится формулой

$$x = \frac{a_1 + a_2}{3} - \frac{i_1 - i_2}{2}.$$

Если $x \leq 4$ мм, то условие считается выполненным. При $x > 4$ мм

производят юстировку нивелира, не снимая его со второй точки при помощи юстировочных винтов цилиндрического уровня. При помощи элевационного винта устанавливают перекрестие сетки нитей на отсчет по рейке $a_2 - x$. В этом случае концы пузырька уровня разойдутся. Ослабив боковые юстировочные винты шпилькой и вращая в противоположные стороны вертикальные юстировочные винты, добиваются положения, когда концы пузырька уровня будут на одной высоте.

4.2. Тригонометрическое нивелирование

Для определения высот и превышений точек местности при топографических съемках применяют в большинстве случаев не геометрическое, а тригонометрическое нивелирование, т. е. нивелирование наклонным визирным лучом кипрегеля, теодолита (рис. 4.11). Его применение обусловлено возможностью быстро и довольно точно определять высоты точек, что значительно сокращает работу. Точность тригонометрического нивелирования зависит от высоты сечения рельефа, обычно его применяют при высоте сечения 2 м и выше. Точность понижается при увеличении расстояния до определяемых точек.

Чтобы определить превышение одной точки B над другой A , устанавливают теодолит на точке A , а рейку в точке B . Зрительную трубу наводят на точку K рейки, измеряют горизонтальное проложение d между точками, угол наклона α , высоту прибора i и высоту визирования e . Исходя из рис. 4.11, можно вывести окончательную формулу

$$h = d \operatorname{tg} \alpha + i - l.$$

Если высота визирования равна высоте прибора, т. е. $i = l$, тогда

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

Данные формулы действуют, если расстояние не превышает 300 м и угол наклона меньше 6° . В противном случае следует учитывать совместное влияние рефракции и кривизны Земли

$$f = 0,43 d^2 / R,$$

где $R = 6371117,0$ км — средний радиус Земли, и вычислять превышения по формуле

$$h = 1/2(k_1 + C) \sin^2 2\alpha + i - l + f.$$

Контролем точности измерения вертикальных углов является равенство прямого и обратного

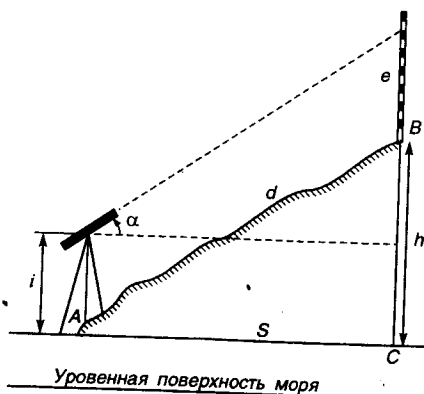


Рис. 4.11. Схема тригонометрического нивелирования

превышений, т. е. $h_{\text{обр}} = -h_{\text{пр}}$, и постоянство места нуля. Превышения обычно вычисляют по тахеометрическим таблицам или применяя микрокалькуляторы.

Источниками ошибок при определении высот являются неточность измерения расстояния и угла наклона и, прежде всего, нарушение их предельных норм. Допустимая невязка составляет 3 см на 100 м расстояния. Наилучшее время для выполнения тригонометрического нивелирования — периоды четких изображений визирных целей. Зимний период не пригоден для проведения тригонометрического нивелирования, так как влияние рефракции зимой в два с лишним раза больше, чем летом.

4.3. Барометрическое нивелирование

Это метод определения разности высот двух точек по результатам измерения на них атмосферного давления, влажности воздуха и температуры.

Идея барометрического нивелирования связана с именами Декарта и Паскаля и воплощена в первом опыте 1648 г. в барометрических измерениях горы Пюи-де-Дом (Франция). Проблему точного получения высот решали свыше 300 лет крупнейшие ученые — Э. Галлей, П. Лаплас, К. Гаусс, М.В. Певцов, М.В. Ломоносов, Д.И. Менделеев.

Известно, что существует прямая физическая зависимость между атмосферным давлением и высотой. С подъемом над уровнем моря давление повышается, при спуске — понижается. Очевидно, что *разность давлений в двух близко расположенных и находящихся на одной вертикали точках должна быть равна весу столба воздуха, заключенного между ними*. Формула для точного вычисления превышения h при барометрическом нивелировании сложна, поэтому ее упрощают введением средних параметров для территории страны:

Средняя влажность воздуха t_m , Па	1200
Средняя широта φ_m , °	55°
Высота места наблюдения H_m , м	250
Давление P_m , Па	98640

● Паскаль — Па = 0,01 млбар, 1 мм рт. ст. = 1,333 млбар, 1 млбар = 0,730 мм рт. ст.

Тогда превышение определяется по формуле

$$h = 8021(1 + 0,003665t_m) \frac{\Delta P}{P_m} = E \Delta P,$$

где ΔP — разность давлений; $E = \frac{8021 \cdot (1 + 0,003665 \cdot t_m)}{P_m} \Delta P$ — барическая

ступень. Для средней полосы европейской части страны она составляет 10,5 м/мм.

Атмосферное давление очень изменчиво во времени и пространстве, поэтому его измеряют барометром-анероидом, температуру и влажность — психрометром, по часам определяют время. Показания приборов записывают в журнал. Однако точность определения превышения барометрическим нивелированием зависит не столько от чувствительности приборов, сколько от атмосферных условий. Атмосферное давление в каждой точке местности зависит от высоты над уровнем моря и метеорологических условий в момент изменений. Полная барометрическая формула трудоемка для вычислений. Необходимо специальное зондирование атмосферы. Поэтому применяют сокращенные барометрические формулы. Чаще пользуются формулой Бабинне:

$$h = 16000 \left(1 + 0,004 \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}.$$

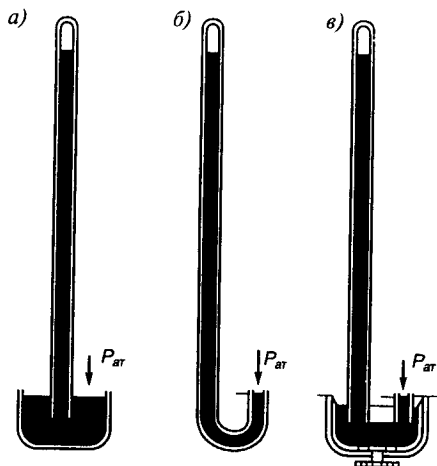
В настоящее время измерение атмосферного давления в основном выполняют ртутными барометрами и микробарометрами. Показания ртутного барометра и анероида в одной и той же точке не совпадают. Поэтому в показания анероида вводят поправки за температуру прибора по формуле

$$B_0 = A + bt_a + C(760^\circ - A) + a,$$

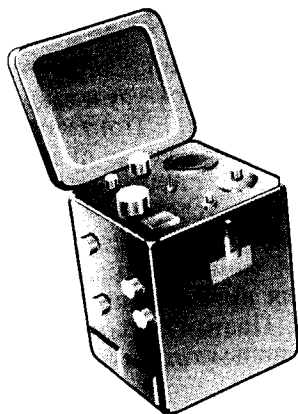
где B_0 — показания ртутного барометра; A — показания анероида; b — коэффициент поправки; t_a — температура анероида; a — добавочная температура к показаниям шкалы $C(760^\circ - A)$. Поправки определяют на испытательных станциях и заносят в паспорт прибора.

Показания ртутного барометра определяются как сумма показаний анероида и поправок.

Ртутные барометры предназначены для определения абсолютного значения атмосферного давления и для приведения показаний полевых микробарометров к единому и точному давлению в момент эталонирования приборов, для наблюдений на барометрических станциях с целью выявления характера изменения атмосферного давления во време-



Р и с . 4.12. Ртутные барометры



Р и с . 4.13. Микробарометр
ОМБ-ЗП

ни. При полевых работах их используют редко, так как приборы хрупкие (стекло) и громоздкие (рис. 4.12, а — в).

Работа должна проводиться только при устойчивой погоде (без грозы и ветра) и обязательном учете изменения давления в течение суток. Для этого учета нивелирование проводят по замкнутому ходу. В исходной точке дважды получают значения давления, определяют их разность из-за суточного изменения давления. Во все другие точки хода вводят поправку за время и получают значение давления, приведенное к одному моменту времени.

Превышения вычисляют между точками по методу барометрической ступени или по специальным таблицам отыскивают высоты, соответствующие давлениям на точках. После этого составляется приближенный план

участка местности с горизонталями на основе глазомерной съемки и барометрического нивелирования.

В настоящее время методом барометрического нивелирования определяют превышения с ошибкой 0,3 м в равнинных районах, 0,5—1,0 м для высот около 500 м и 2,0—2,5 м для 2000 м. Применение микробарографов на временных барометрических станциях (ВБС), непрерывно фиксирующих давление, значительно повышает точность определения превышений (рис. 4.13).

5. ДИСТАНЦИОННЫЕ СЪЕМКИ

5.1. Аэрофототопографическая съемка

Основана на фотографировании, подлежащей картографированию местности с околоземного пространства, с борта летающих тихоходных (до 900 км/ч) самолетов, вертолетов, искусственных спутников Земли. Аэрофотосъемка стала основной съемкой местности и широко применяется для создания топографических карт на обширные труднодоступные и удаленные территории, а также при комплексных и отраслевых исследованиях (геологических, почвенных, землеустроительных, инженерных и др.).

Исключительно важным преимуществом аэрофотосъемки являются объективность и информативность фотоснимков, по которым со-

ставляется карта, а также то, что основной объем работы по созданию карт переносится в камеральные условия, на фотограмметрические приборы. Она в 3—4 раза дешевле, чем мензуральная съемка, и одновременно по исполнению. Отсюда — высокая производительность аэрофотосъемки по сравнению с обычными наземными съемками. При аэрофотосъемке фотоснимки обрабатываются стереотопографическим или комбинированным методом. При стереотопографическом методе в камеральных условиях полностью составляются по фотоснимкам контурная часть карты и рельеф. При комбинированном методе в камеральных условиях составляют по аэроснимкам только контурную часть, а рельеф зарисовывают в поле. Аэрофототопографическую съемку выполняют автоматические фотокамеры АФА-ТЭ, АФА-ТЭС-10 (рис. 5.1). Высота съемки в равнинных районах — 3 — 4 тыс м, в горных — до 8 тыс м.

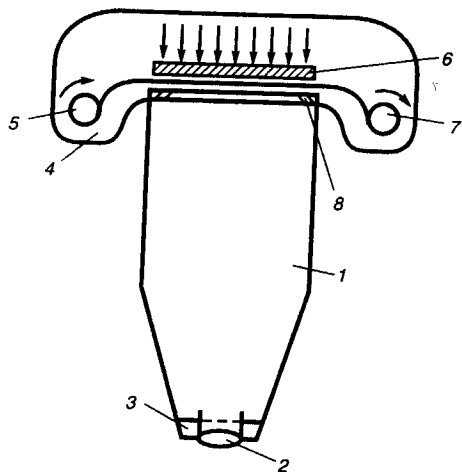


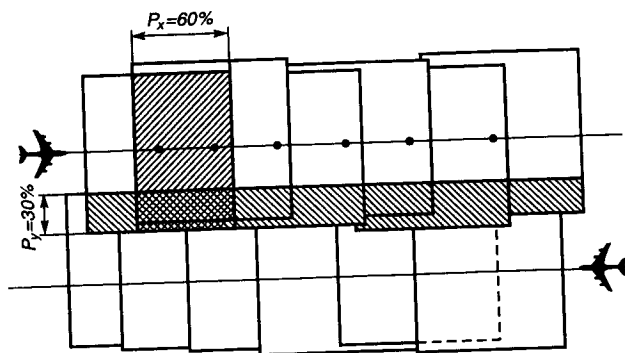
Рис. 5.1. Схема аэрофотокамеры

Аэрофотоаппарат (АФА) состоит из корпуса 1, на котором смонтированы объектив 2 с затвором 3 и кассеты 4. В кассету закладывается пленка, ее движение осуществляется при помощи двух вращающихся катушек 5 и 7. Прижим пленки к прикладной рамке 8 происходит при помощи прижимного столика 6. Пленка при помощи высасывания воздуха сначала прижимается к столику, а затем вместе с ним — к плоскости прикладной рамки.

Съемку ведут только плановую, т. е. когда отклонение оптической оси фотокамеры от отвесной линии не превышает 3° . Применяются три вида объективов:

- короткофокусные — 55—150 мм,
- среднефокусные — 150—300 мм,
- широкофокусные — более 300 мм.

Фотокамера снабжена скоростным затвором с диапазоном выдержек 1/75—1/850, экспозиция регулируется автоматически, неприжим и деформация снимков определяются автоматически калиброванной сеткой крестов, нанесенной на стекле в фокальной плоскости. Формат снимков 18 x 18, 30 x 30, 33 x 33 см. Для аэросъемки применяют фотопленки разных типов, что позволяет получать черно-белые, цветные и спектрально-зональные контактные отпечатки. Цветные аэроснимки пере-



Р и с . 5.2. Схема аэрофотографического залета и перекрытий снимков

дают натуральные цвета объектов местности. Спектрозональные — это те же цветные снимки, передающие цвета объектов местности в условных цветах, резко отличающихся один от другого. Для картографических целей выполняются площадная аэрофотосъемка и черно-белые фотоснимки. Она проводится серией взаимно параллельных маршрутов, которые должны перекрываться не менее чем на 40 % (поперечное перекрытие). В каждом маршруте соседние аэроснимки должны перекрываться не менее чем на 60 % (продольное перекрытие). В горных районах продольное перекрытие увеличивается до 90 % (рис. 5.2).

Съемка местности осуществляется при условиях, что самолет летит только прямо по ориентирам, выдерживая поперечное перекрытие, с одной скоростью полета и экспозиции, чтобы выполнить заданное продольное перекрытие на одной высоте (допуск 50 м), чтобы снимки были в одном укрупненном масштабе (1,5—2 раза), без колебаний самолета, чтобы снимки были плановыми (допуск 3°). Необходимы хорошие погодные условия (высота солнца над горизонтом не менее 20°), наилучшее время для съемки (12—13 ч) и т. д. Для выполнения этих условий, кроме фотокамеры, на самолете устанавливаются радиовысотомер (точность 1,5 м), статоскоп, гироскоп.

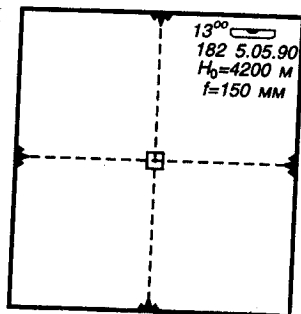
Радиовысотомер — импульсная радиолокационная установка, позволяющая определять высоты фотографирования аэроснимков.

Статоскоп — это дифференциальный барометр, предназначенный для определения изменений высоты полета.

Гироскоп — прибор, определяющий горизонтальный полет самолета.

Аэрофотоаппарат автоматически фиксирует в правом верхнем углу фотоснимка показания приборов и данные фотографирования

(рис. 5.3): порядковый номер снимка, время съемки, абсолютную высоту фотографирования, фокусное расстояние камеры, изображение уровня, а также координатные метки по сторонам снимка, определяющие главную точку снимка.



Р и с . 5.3. Данные фотографирования на фотоснимке

Главная точка снимка — это проекция главного луча АФА на снимке. Положение этой точки определяется на снимке пересечением пар горизонтальных и вертикальных координатных меток снимка. Это — единственная точка на снимке, свободная от искажений за перспективу и рельеф. Во всех других частях снимка в результате угла наклона и рельефа местности масштаб неодинаков. На соседних аэроснимках в результате неизбежного изменения высоты полета их масштабы тоже становятся неодинаковыми. Кроме того, аэроснимок представляет собой центральную проекцию местности, при которой пучок проектирующих лучей исходит из объектива АФА. Карта же составляется в ортогональной проекции. За счет преобразования проекции и ряда других причин на аэроснимках происходит смещение точек, не учитывать влияние которого невозможно.

Смещение точек на аэроснимке. Смещение точек на аэроснимке относительно положения, которое они занимали бы на плане, зависит от ряда факторов, связанных с центральной проекцией снимка (влияние наклона снимка, рельефа местности) и с условиями съемки (сдвиг изображения в полете, влияние кривизны Земли и рефракции), от качества аппаратуры и фотоматериалов (дисторсия объектива, непряжм и деформация аэропленки по плоскости).

Сдвиг изображения. Он происходит вследствие движения самолета в момент экспозиции.

Дисторсия объектива (бочкообразность). Дисторсия вызывает смещение точек аэроснимка по направлениям, проходящим через главную точку, т. е. систематические ошибки в координатах и высотах точек. При ориентировании снимков по опорным точкам ошибки устраняются.

Выравнивание пленки в плоскость. От недостаточного прижима пленки в экспозиции возникают значительные искажения. Для контроля за выравниванием пленки на краях аэроснимка наносятся особые метки.

Деформация пленки. При обработке пленки в фотолаборатории происходит деформация пленки. Если деформация равномерная по всем направлениям пленки, то изменяется только ее масштаб, что легко учитывается. Разностная и случайная деформации приводят к грубым ошибкам в фотограмметрических исследованиях.

Влияние кривизны Земли и рефракции. Под влиянием кривизны Земли и рефракции смещение точек снимка происходит по направлениям, проходящим через главную точку, носит постоянный характер и вызывает ошибки в развитии фотограмметрических сетей.

Наклон аэроснимка. На каждом отдельном аэроснимке искажения за наклон носят систематический характер, однако в маршруте наклоны снимков различны по величине и знаку. Поэтому общее влияние наклонов снимков носит случайный характер.

Влияние рельефа местности. Ввиду того, что изображение на снимках построено по законам центральной проекции, а на карте — в ортогональной, контурные точки на снимке подвергаются смещению, вызванному рельефом местности, по направлениям, проходящим через главную точку. При положительных формах рельефа точки на снимке удаляются от главной точки, при отрицательных формах приближаются. Только в главной точке смещение за рельеф отсутствует, независимо от величины превышения.

Искажение направлений, вызванное влиянием рельефа. Доказано, что все направления, проходящие через главную точку, не искажаются рельефом местности, так как линейное смещение точек за рельеф происходит вдоль этих направлений. Направления, проведенные из всех других точек аэроснимка, будут искажены за рельеф даже на строго горизонтальных снимках.

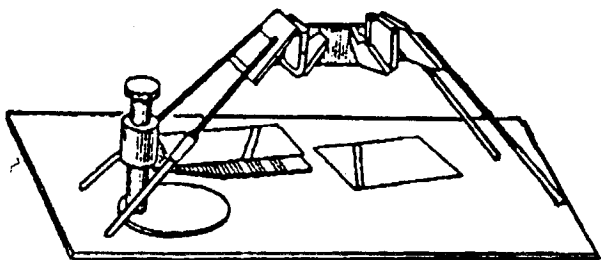
Задачу получения одномасштабности снимков, преобразования центральной проекции в ортогональную, измерения стереомодели решает наука — *фотограмметрия* посредством высокоточных стереофотограмметрических приборов: фототрансформатора, стереокомпаратора, стереографа, стереопроектора, мультиплекса и др.

Стереофотограмметрические методы измерения основаны на стереоскопическом зрении, т. е. на способности глаз наблюдателя видеть объемность объектов. Для этого необходимо правильно сориентировать два соседних снимка (стереопару) и расставить их на определенном базисе (перекрытии) и направлении съемки.

Если снимки поменять местами, то будет наблюдаться обратный стереоэффект, т. е. возвышенности будут казаться впадинами, а впадины — возвышенностями. При развороте снимков на 90° рельефная картина исчезнет и изображение будет плоским (нулевой стереоэффект). По наблюдениям стереопары определяют плановое положение точек и их высоты, т. е. измеряют модель местности.

Разность абсцисс одноименных точек левого и правого снимков называется *продольным параллаксом точки*; разность ординат одноименных точек при наличии углов наклона снимков на местности — *поперечным параллаксом точки*.

Для измерения координат точек стереомодели в оптических системах приборов применяют особые светящиеся точки или нити.



Р и с . 5.4. Стереоскоп

При стереофотограмметрическом методе составления топографических карт основными этапами работ являются дешифрирование снимков, пространственная фототриангуляция и рисовка контуров и рельефа на стереофотограмметрическом приборе.

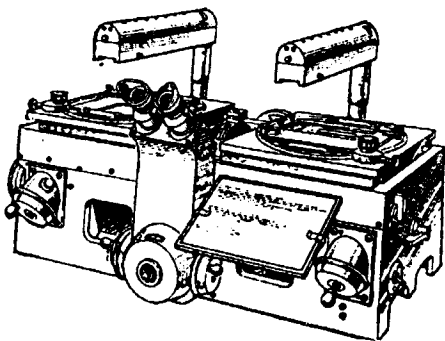
Стереофотограмметрические приборы. Ниже приведены отдельные стереофотограмметрические приборы и их назначение.

Фототрансформатор. Он предназначен для трансформирования снимков с целью устранения искажений за наклон снимков и приведения их к масштабу составляемой карты. Трансформатор не устраняет искажений за рельеф, поскольку выбирается высота горизонтальной плоскости, равная высоте фотографирования средней отметки участка, чтобы положительные и отрицательные превышения точек местности были примерно равны. В случаях, когда искажения на трансформированном снимке выше допустимой нормы, трансформирование ведут по зонам.

Стереоскоп. Простейший зеркальный прибор для стереоскопических наблюдений, рисовки рельефа по известным высотным точкам и для дешифрирования снимков (рис. 5.4).

Стереокомпаратор. Высокоточный стереофотограмметрический прибор для измерения прямоугольных координат и параллаксов точек снимков, для определения элементов ориентирования (рис. 5.5).

Стереометр Ф. В. Дробышева (СТД-2). Предназначен для рисовки рельефа снимка и ориентирования по высотным отметкам плановых снимков (рис. 5.6).



Р и с . 5.5. Стереокомпаратор

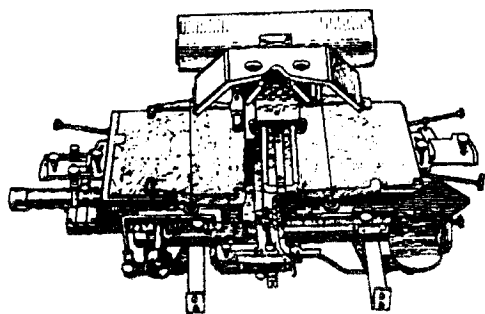


Рис. 5.6. Стереометр Ф.В. Дробышева

Мультиплекс. Это — многопроектный оптический прибор. Предназначен для создания карт крупных масштабов и развития фототриангуляции. В состав прибора входят 24 проектора, дающих на экране изображение диапозитивов аэроснимков, уменьшенных до размера 4 — 6 см. По этим изображениям при продольном перекрытии

50—60 % создается оптическая модель местности значительной длины.

Стереопроектор Г. В. Романовского (СПР-2). Это высокоточный универсальный прибор с механической засечкой. Он восстанавливает стереомодель местности, которая была в момент съемки. На нем выполняются все работы, связанные с составлением топографических карт (рис. 5.7).

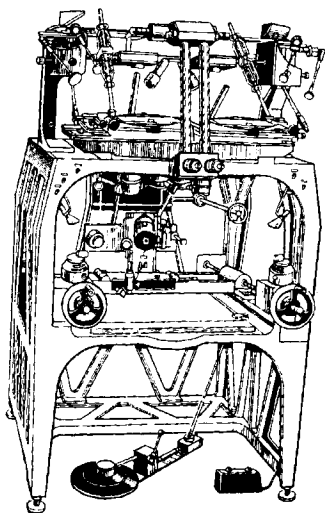
Стереограф Ф. В. Дробышева (СТД-33) — портативный универсальный прибор с непрерывно меняющимся фокусным расстоянием проектирующих камер, что позволяет приводить координаты наблюдаемых точек к горизонтальному случаю съемки. Пространственная засечка осуществляется по исправленным указаниям измерений. Применяются плановые снимки (рис. 5.8).

Топографическое дешифрирование аэрофотоснимков. Дешифрирование — это процесс извлечения разнообразных информационных данных из фотоизображений земной поверхности. Оно не менее важно, чем сама аэрофотосъемка, так как является основным этапом создания и обновления топографических карт. При дешифрировании осуществляются распознавание и обнаружение объектов, определение их географической сущности, качественных и количественных характеристик, отображение результатов изучения условными знаками. Качество дешифрирования зависит не только от оптических и геометрических свойств АФС, применяемых приборов, но во многом определяется уровнем знаний, опытом и природными данными дешифровщика.

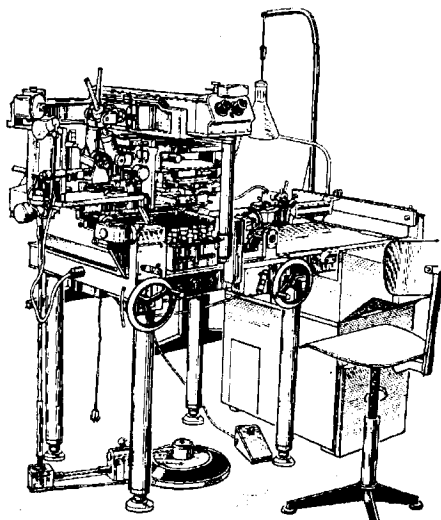
В зависимости от поставленных задач различают общегеографическое (топографическое и ландшафтное) и специальное (геологическое, почвенное, лесное, военное и др.) дешифрирование.

Топографическое дешифрирование производится с целью обнаружения и получения качественных и количественных характеристик объектов, которые должны быть на топографической карте.

Различают полевой, камеральный и комбинированный методы дешифрирования.



Р и с . 5.7. Стереопроектор Романовского



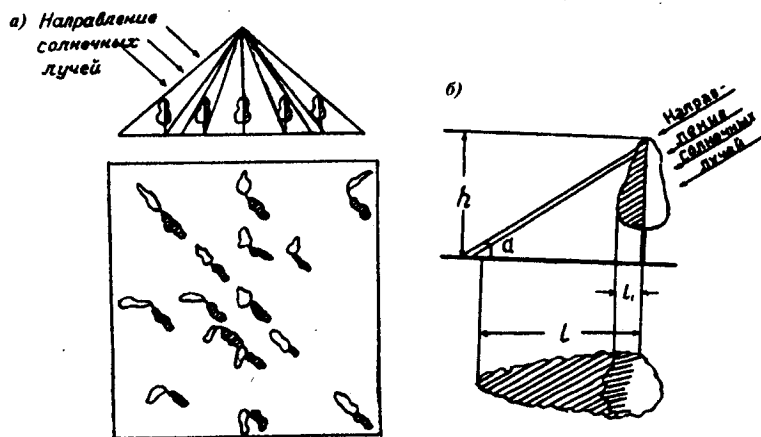
Р и с . 5.8. Стереограф Дробышева

При полевом дешифрировании объекты на АФС распознаются непосредственно в поле путем сличения с натурой; при камеральном (комнатном) дешифрировании — в лабораторных условиях; при комбинированном — также и в поле, и по созданным эталонам дешифрирования участков характерных ландшафтов.

Дешифрирование АФС производится визуально или с помощью стереофотограмметрических приборов: стереоскопа, стереометра, стереопроектора (см. рис. 5.4, 5.6, 5.7). Лучшие результаты дает сочетание полевого и камерального дешифрирования АФС. Во всех случаях дешифрирование должно опираться на знание основных географических закономерностей и особенностей исследуемой местности, а также на изучение дешифровочных признаков объектов. Их подразделяют на прямые и косвенные. Дешифровочными признаками считают характерные свойства сфотографированных объектов, по которым эти объекты могут быть обнаружены и опознаны.

Свойства объектов, отобразившиеся на АФС, называют *прямыми признаками*. К ним относятся размеры, форма, тень, фототон (цвет) изображения объекта, а также структуру фотоизображения.

Форма — основной прямой дешифровочный признак, выявляющий наличие объекта и некоторые его свойства. Например, на плановых аэроснимках плоские объекты (пашни, озера и т. д.) сохраняют свои очертания. Тогда как вертикальные объекты (трубы, сооружения башенного типа и т. д.) изображаются в ортогональной проекции в



Р и с. 5.9. Определение формы объекта на АФС по изображению их теней:

а — отклонение изображений высоких объектов. Тени объектов заштрихованы; *б* — определение высоты дерева h по длине его падающей тени l

центре снимка, а при удалении от центра (главной точки) приобретают все более перспективное изображение, с наклоном от главной точки. По радиальному направлению форму объектов на АФС определяют по изображению их теней (рис. 5.9, *а*, *б*). Различают тени собственную и падающую. Часть объекта, расположенная со стороны, противоположной Солнцу, имеет собственную тень. Падающая тень отбрасывается объектом на поверхность Земли (другие предметы). Длина тени зависит от высоты Солнца и самого объекта. По теням на АФС определяют высоту объектов.

Размер изображения объекта зависит от масштаба снимка. Линейная величина объекта определяется по формуле $L = lm$, где l — длина (ширина) объекта на снимке; L — длина объекта в натуре; m — знаменатель масштаба снимка.

Тон фотоизображения объекта зависит от степени почернения фотоэмульсионного слоя или яркости изображаемого объекта. Разный тон изображения на АФС обусловлен различной отражательной способностью, цветом объектов, условиями освещенности, качеством съемочной аппаратуры и фотоматериалов. Объекты с высоким коэффициентом яркости имеют на АФС более светлый тон (светлоокрашенные, сухие, гладкие, наиболее освещенные), а шероховатые и сильно увлажненные — более темный.

Рисунок (структура) фотоизображения обусловлен повторяемостью и характером размещения отдельных деталей. Он создается закономерным сочетанием ряда элементов, составляющих объект, и передает структуру этого объекта.

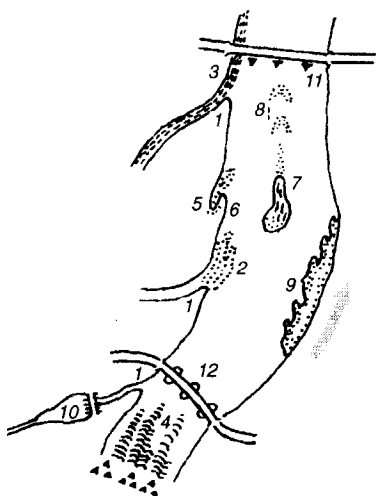
Рисунок фотоизображения зависит от внутренних связей между компонентами ландшафта и процессов, происходящих в конкретном природном комплексе. Каждому природно-территориальному комплексу свойственен определенный рисунок, передающий его морфологические особенности. Различают бесструктурный рисунок, характерный для изображения спокойной водной поверхности, луговой растительности, и структурный — пятнистый, зернистый, точечный, полосатый и т. д. Например, пятнистый рисунок характерен для торфяно-бугристой тундры; полосатый — для изображения свежевспаханых полей; линейно-точечный — для посевов технических культур; зернистый отображает участки леса.

Существенное значение при дешифрировании АФС имеют косвенные признаки, основанные на связях и взаимозависимостях объектов местности. Зная географические закономерности, можно по прямым признакам опознать какие-то объекты и по ним выявить связанные с ними другие, хотя на снимках они не изображены.

При дешифрировании природных, экономических, военных и других объектов широко применяют косвенные признаки. Так, например, грунтовая дорога подходит к реке и продолжается на другом ее берегу. Очевидно, что через реку есть переправа. Направление течения реки можно определить по притокам, впадающим под острым углом к направлению течения; выносы притоков сносятся по течению реки; острова сужаются вниз по течению (рис. 5.10).

Объектами топографического дешифрирования являются населенные пункты, пути сообщения, линии связи и электропередачи, элементы экономики и культуры, гидрографические объекты, рельеф, грунты и растительность.

Населенные пункты. Они четко выделяются структурой фотоизображения и геометрическими фигурами кварталов. Можно



Р и с. 5.10. Признаки для определения направления течения реки по аэроснимку:

1 — притоки впадают под острым углом к направлению течения; 2 — выносы притоков сносятся вниз по течению; 3 — слияние потоков разной мутности; 4 — при обтекании препятствия (пороги, водопады) белые полосы вспененной воды вытянуты по течению; 5 — заводи слепым концом расположены против течения; 6 — заостренный конец косы направлен вниз по течению; 7 — остров имеет грушевидную форму с сужением вниз по течению; 8 — мели выгнуты по течению; 9 — зубцы отмелей на изгибах реки обращены вниз по течению; 10 — водохранилище имеет грушевидную форму с сужением вверх по течению; 11 — ледорезы перед мостом расположены вверх по течению; 12 — pontонные мосты и запаны прогибаются вниз по течению

определить тип населенного пункта, характер планировки. Так, сельские населенные пункты, как правило, располагаются на берегах рек, оврагов. Характерно наличие хозяйственных построек, приусадебных участков и т. д.

Пути сообщения. Признаками для дешифрирования являются форма и местоположение, светлый тон фотоизображения. Для железных дорог характерна прямолинейность отрезков пути, закругленность поворотов, наличие насыпей и выемок, придорожных сооружений. Автомобильные дороги на АФС изображаются светлыми линиями разной толщины и извилистости. Грунтовые дороги выделяются извилистыми светлыми линиями с наличием объездов, разъезженных участков. Дороги с покрытием выделяются прямолинейностью, плавностью поворотов, наличием насыпей и выемок, мостов, обсадов.

Разъезженные участки дорог, объезды, выделенные на снимках, служат косвенными признаками для характеристики грунта, заболоченных участков местности.

Водные объекты на АФС имеют темный фототон. Для них характерны неправильные очертания, многообразие форм и окраски.

Реки, озера, пруды распознаются по форме островов, направлению притоков, мелей и т. д. (рис. 5.10).

Рельеф местности во всем его многообразии наиболее четко распознается при стереоскопическом рассматривании аэрофотоснимков. Дешифровочными признаками служат плановая конфигурация, объемная форма, тень, структура фотоизображения, состав растительности и т. д.

Почвенно-растительный покров. Прямыми дешифровочными признаками служат фототон, структура фотоизображения, форма падающей тени, рельеф полога в лесных сообществах, связь с рельефом и гидрографической сетью. Древесные насаждения опознаются на снимках по относительно темному тону и зернистой структуре, в тоже время структура фотоизображения зависит от формы, размера и яркости крон деревьев, состава и расположения их в лесном массиве. Для саженного леса характерна линейная структура, сады опознаются по правильному изображению «зерен». «Зерна» кустарников мельче, чем «зерна» деревьев, имеют рассредоточенное размещение и очень короткую тень. Травянистые и кустарниковые сообщества на снимках имеют общий серый тон, который сильно варьирует в зависимости от наличия вида растительности и степени влажности болот.

Пашни обладают четко выраженной геометрической формой границ, полосчатым рисунком и разнотонностью.

Отдешифрованные объекты изображают условными знаками на АФС или кальке. Изображение рельефа на АФС может быть получено или в поле путем топографической съемки, или путем рисовки рельефа на стереофотограмметрических приборах.

5.2. Понятие о космической съемке

Космическую съемку широко применяют в исследованиях, направленных на всестороннее изучение природных ресурсов, динамики природных явлений, охраны окружающей среды Земли, на изучение и освоение ближайших планет и космического пространства.

Материалы исследований космоса также широко используют в географических науках: астрономии, геодезии, геологии, метеорологии, географии и других науках о Земле. Появились такие новые научные направления в изучении Земли, как космическая картография и космическая геодезия. Направление результатов космической съемки для целей картографирования обуславливается исключительно ценными свойствами космических снимков: большой территориальный охват и вытекающая из этого высокая генерализованность изображений; изучение по снимкам основных структурных, региональных и зональных особенностей планеты в целом; единовременность выполнения съемки обширных территорий, что дает возможность изучать связь всех компонентов ландшафта; регулярная повторяемость съемки, позволяющая изучать динамику природных явлений периодических (суточных, сезонных) и эпизодических (лесные пожары, извержения вулканов и т. д.), а также хозяйственную деятельность (посевные площади, созревание, уборка урожая, загрязнение суши и моря).

Из выше сказанного следует выделить основные направления космической съемки.

Использование космических снимков для создания топографических и общегеографических карт. Космические снимки используются для топографических карт на малоизученные, труднодоступные районы, не обеспеченные аэрофотосъемкой и, тем более, наземными съемками. В этом случае космические снимки позволяют создавать топографические карты средних масштабов $1 : 50\,000$ — $1 : 200\,000$ взамен аэрофотоснимков. На их основе при проведении рекогносцировок и дополнительных топографо-геодезических работ открывается возможность создания полноценных топографических карт.

Использование космической съемки для обновления топографических карт на районы больших изменений. Космическая съемка открывает возможность вести обновление карт мелких и средних масштабов непосредственно по фотоснимкам, не дожидаясь обновления крупномасштабных карт.

Использование космической съемки для установления сроков обновления карт. Космическая съемка позволяет устанавливать сроки обновления карт на районы с различным уровнем преобразования местности и хозяйственного использования.

По снимкам определяется старение карт и определяются листы топографических карт для полного обновления (переиздания) или частичного внесения изменений камеральным путем в оригинал карты.

Открывается также возможность обновления карт одновременно для всего масштабного ряда или в очередности от мелких масштабов к более крупным.

По космическим снимкам составляется много разнообразных тематических карт. Это — серии орографических, геоморфологических, сельскохозяйственных карт; серии тематических карт современного состояния природных ресурсов, оценочных, карт прогноза, комплексные карты охраны природы и т. д. Для районов первоочередного хозяйственного освоения в нашей стране разработана программа комплексной инвентаризации природных ресурсов на основе космической информации и составления множества разнообразных тематических карт, характеризующих природу и направления рационального перспективного развития народного хозяйства.

Использование космических снимков для создания фотокарт. *Фотокарта* — это новое картографическое произведение, представляющее собой оттиск с фотопланов, на которых фотоизображение смонтировано из отдельных трансформированных космических снимков.

Космические фотоснимки, передавая естественный облик земной поверхности в сильно генерализованном виде, исключают детали, но при этом выделяют самое существенное. Это ценное качество в сочетании с картографическим изображением привело к созданию фотокарт для территорий многих стран мира (США, Япония, Германия, Великобритания и др.). С фотокартами открываются возможности составления взаимосвязанных серий тематических карт или их совместного использования с топографическими картами. Например, фотокарты в масштабах 1 : 1 000 000 и 1 : 500 000 могут дополняться листами обзорно-топографических карт, так как нагрузка фотокарт бедна (только названия крупных объектов, координатная сетка, зарамочное оформление).

Космическая съемка осуществляется с искусственных спутников Земли, пилотируемых космических кораблей, долговременных орбитальных станций (сокращенно КЛА) фотокамерами, находящимися за пределами земной атмосферы.

Высота съемки в зависимости от ее назначения — 300, 600, 900, 36 000 км. С высотой увеличивается время пребывания спутника на орбите, охват снимаемой территории, но уменьшается разрешающая способность фотоснимка и изображение на снимках имеет сильно генерализованный вид.

Среднее время одного оборота спутника на околоземной орбите составляет около 90 мин, с высотой полета 36 тыс км — 24 ч, с высотой полета 650 км — 1,5 ч.

По масштабу аэроснимки делят на крупномасштабные (1 : 100 000 и крупнее), среднемасштабные (1 : 100 000 — 1 : 1 000 000) и мелкомасштабные (мельче 1 : 1 000 000).

Относительной особенностью КЛА является способность к дли-

тельному самостоятельному функционированию в условиях Космоса. Они подчиняются таким же одинаковым законам движения, как и другие небесные тела. На КЛА создаются условия для теплового режима, энергопитания, управления движением в полете, радиотелевизионной связи и др.; в герметической кабине — для жизни и работы человека: осуществляется регулирование температуры и влажности воздуха, снабжение водой и пищей. Проблемы жизнеобеспечения экипажа особенно сложны для обитаемых орбитальных станций и межпланетных кораблей. Многие КЛА имеют системы ориентации в пространстве, выполняют научные наблюдения за объектом и их съемку, осуществляют связь и освещение солнечными батареями, управляют бортовыми ракетными двигателями, защищают от космической радиации, метеоритного пробоя и т. д. Совокупность задач исследований и картирования географической оболочки Земли, присутствующих ей явлений и объектов природного и культурного ландшафта регистрируются с воздуха в разных зонах спектра электромагнитных волн.

Наряду с основной космической съемкой на черно-белых снимках для картирования широко используются: цветная (спектрозональная) съемка передач объектов в натуральных и преобразованных цветах; спектрометрическая (определение зоны спектра, эффективной для передачи особенностей ландшафта, увеличения информации о нем); ультрафиолетовая — при ультрафиолетовом облучении горные породы, растительность флюоресцируют и поэтому фиксируются на снимках, что позволяет определять месторождения нефти, газа и т. д., инфракрасная (регистрация различий объектов по температурным признакам); аэромагнитная, радиолокационная и др.

Часть 2

КАРТОГРАФИЯ

6. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОСНОВА МЕЛКОМАСШТАБНЫХ КАРТ. КЛАССИФИКАЦИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

6.1. Краткие исторические сведения о картографических проекциях

Картографическими проекциями называют математические способы изображения на плоскости (карте) поверхности земного эллипсоида или шара.

Картография — это область науки, техники и производства, основным направлением которой является изучение, создание и использование различных картографических произведений, или — это наука о географических картах, методах их создания и использования.

Картография — одна из наиболее древних наук. Ее истоки уходят в далекое прошлое и тесно связаны с развитием геодезии, астрономии, географии, математики. Наиболее древние картографические изображения созданы в Вавилоне и Египте (III—I тыс. до н. э.). Научные основы картографии были заложены в Древней Греции (VI—I вв. до н. э.), где были созданы географические карты, учитывающие шарообразность Земли (карта Эратосфена), руководство по географии Клавдия Птолемея.

Развитие картографических знаний на протяжении всей истории человечества отражало уровень цивилизации и культуры, постепенного освобождения человечества от примитивных взглядов на окружающий мир и интенсивного развития его познаваемости.

Огромный спрос на географические карты (особенно мировые) вызвало развитие торговли, мореплавания и колонизации в эпоху Возрождения и Великих географических открытий (XV—XVI вв.), что потребовало от картографии резкого совершенствования, разработки

новых картографических проекций. Такие проекции, как равнопромежуточная цилиндрическая и полярная азимутальная (Постеля), оказались настолько удачными, что применяются и в настоящее время. Средневековая картография достигла наивысшего расцвета в трудах Герарда Меркатора. Он не только составил наиболее точные карты мира, но и разработал несколько картографических проекций, которые сменили компасные карты мореплавателей и помогли овладеть просторами земного океана.

Труден был путь создания географических карт. Это результат огромного напряженного многолетнего труда путешественников, землепроходцев, исследователей, ученых. Развитие картографических проекций происходит постепенно под влиянием экономических запросов и достижений в развитии науки и техники.

Исследованием и построением картографических проекций занимались крупнейшие математики: Тиссо, Ламберт, Лагранж, Эйлер. Атласы XVII в. Сансона представлены картами в равновеликой проекции Бонна. Над изучением равноугольных и равновеликих конических проекций работал крупнейший математик К. Гаусс.

Русская картография имеет самобытную и исключительно богатую историю. Огромный вклад в нее внесли землепроходцы Ерофей Хабаров, Григорий Шелехов, Семен Дежнев и др.

Становление научной картографии в России связано с именем Петра I. В начале царствования Петра I в 1701 г. карты Сибири Ремезова были без градусной сетки. В первом русском «Атласе Всероссийской Империи» Кириллова, изданном в 1734 г., на генеральной (общей) карте России была применена равнопромежуточная коническая проекция.

С 1726 г. картографические работы сосредоточены в Академии наук (1725). Ученые Делиль и Эйлер разработали новые конические проекции на секущем конусе для «Академического атласа» (1745).

В 1757 г. академик М.В. Ломоносов стал руководить работами Географического департамента (1757—1765). Он применил полярную проекцию для карты Ледовитого океана.

Русский картограф Д.А. Аитов в 1832 г. предложил для мировых карт равновеликую проекцию. Она получила широкое применение в других странах раньше, чем в России.

Во второй половине XIX в. исследованием проекций занимались выдающиеся русские математики: академик *П.Л. Чебышев*, *Д.А. Граве* и др.

Профессор Академии Генерального штаба *В.В. Витковский* издал в 1907 г. прекрасный труд по теории картографических проекций, дал новые цилиндрические и конические проекции, значительно улучшившие свойства прежних проекций.

Знаменитый химик *Д.И. Менделеев* предложил в 1903 г. равнопромежуточную коническую проекцию с изображением точки полюса.

Научно-исследовательская деятельность, развивавшаяся главным образом в высшей школе, значительно усиливается в связи с организацией в 1929 г. Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэрофотосъемки и картографии (ЦНИИГАиК), открытием на базе геодезических факультетов межевых институтов МИИГАиК и НИИГАиК (Новосибирск), открытием картографических специальностей в МГУ и ЛГУ.

В ЦНИИГАиК коллективу ученых-специалистов по математической картографии поручаются разработки новых проекций. В результате трудов института составлен ценнейший атлас проекций и разрабатываются новые проекции (особенно проекция для мировой политической карты). Так, *М.Д. Соловьев* разработал проекцию для школьных карт (косая произвольная цилиндрическая проекция).

В.В. Каврайский разработал ряд приемов для графического решения задач на основе картографических сеток. В 1934 г. он закончил свой труд «Математическая картография» и предложил для карт СССР новую коническую проекцию.

Под руководством *Ф.Н. Красовского* была выполнена капитальная работа по вычислению элементов земного эллипсоида.

На основе эллипсоида *Ф.Н. Красовского*, заменившего эллипсоид *Бесселя* (1841), ЦНИИГАиКом разработана новая проекция для мировой политической карты — произвольная псевдоцилиндрическая проекция ЦНИИГАиК, очень удобная для обзорных карт, так как дает изображения океанов и континентов без разрыва изображения.

В 1935 г. *С.Е. Фель* разработал проекцию для радиоавиакарт. На развитие теории картографических проекций оказали благотворное влияние разработки математической основы капитальных географических атласов. Среди теоретических обобщений следует особо отметить труды *Н.А. Урмаева*, предложившего новые методы изыскания проекций с заданным распределением искажений и заданному эскизу картографической сетки. Эти методы открыли пути с целью разработки проекций для карт мира, материков и СССР.

Исследования *Н.А. Урмаева* служат теоретической основой для изыскания новых проекций с применением ЭВМ и создания приборов с целью перевода картографической сетки и всего содержания карт из одной проекции в другую.

● Основные черты современной картографии состоят в интенсивном развитии ее познавательных функций как средства исследования объективного мира, приобретения новых знаний, а также в быстром расширении пространственных пределов ее действия. Появились проекции для обслуживания космических полетов, создаются карты Луны, других планет.

6.2. Математическая основа карты

Картографическое изображение может различаться по своим математическим свойствам, которые возникают в результате трех условий:

1) проектирования физической поверхности Земли на условную поверхность Земного эллипсоида (геодезическая основа);

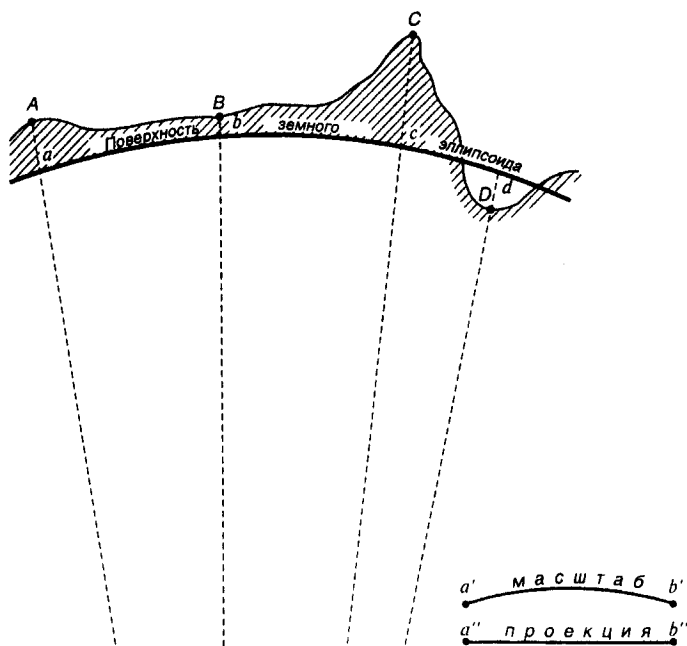
2) уменьшения картографического изображения до необходимых размеров (масштаб);

3) переход от условной сфероидической поверхности Земного эллипсоида к плоскости — карте (картографическая проекция).

Таким образом, совокупность геодезической основы, масштаба карты и картографической проекции является элементами математической основы.

Геодезическая основа карт определяется принятыми размерами эллипсоида, началом координат и высот, а также зависит от методов, которыми определяют плановое и высотное положение геодезических пунктов.

При использовании мелкомасштабных географических карт их



Р и с . 6.1. Математическая основа карт

геодезическая основа, а также масштаб географических карт не влияют существенно на искаженность картографического изображения. Зато картографическая проекция в математической основе карт оказывает наибольшее влияние. От нее зависят и важнейшие особенности масштабов на географических картах.

Для наглядного подтверждения сказанного обратимся к рис. 6.1.

6.3. Масштабы географических карт. Виды искажений на картах

На географических картах изображаются значительные части территории Земли или целиком ее территория. Существует прямая зависимость между размерами изображаемой территории и величинами искажений на картах. Теоретически бесконечно малая часть поверхности эллипсоида не может быть развернута на плоскости. Естественно, на карте мира искажения достигают наибольших значений. Характер искажений зависит от выбора картографической проекции, т. е. от способа изображения поверхности эллипсоида на плоскости. При переходе от поверхности эллипсоида к плоскости неизбежны разрывы или перекрытия. Для их ликвидации необходимы соответствующие растяжения или сжатия. Поэтому географическая карта — разномасштабное изображение. Только на глобусе сохраняется одинаковый масштаб по всем направлениям. Отсюда следует, что в бесконечно малой точке карты существует свой частный масштаб.

Частный масштаб длин — отношение бесконечно малого отрезка в данной точке по данному направлению в проекции к соответствующему бесконечно малому отрезку на поверхности эллипсоида.

Средний масштаб — совокупность частных масштабов отрезков.

Главный масштаб — отношение, показывающее, во сколько раз уменьшены линейные размеры земного эллипсоида, т. е. это масштаб длин в тех местах карты, где нет искажений длин. На географических картах он сохраняется либо на линиях нулевых искажений, либо в точках нулевых искажений. На картах указывается только главный масштаб. Размещение точек и линий нулевых искажений на картах неодинаковое.

На картах искажаются также площади и углы, а следовательно, и форма изображаемой территории.

Масштаб площадей — отношение бесконечно малой площади в данной точке карты к горизонтальной проекции соответствующей поверхности на плоскости.

Искажение угла — разность между углом, образованным двумя линиями на эллипсоиде, и изображением этого угла на карте.

От масштаба географической карты зависит полнота содержания и

подробность изображения. С уменьшением масштаба карты уменьшаются все размеры и отдельные географические объекты становятся настолько малыми, что их нельзя изобразить, сохраняя размеры в масштабе.

Таким образом, предельную точность масштаба (0,1 мм) следует считать предельной точностью измерений по карте.

Искажение изображения, выражающееся в переменности масштаба, присуще всем картографическим проекциям. Для оценки геометрических достоинств проекций используют показатели искажений площадей P и углов γ , определяемые при вычислении проекций.

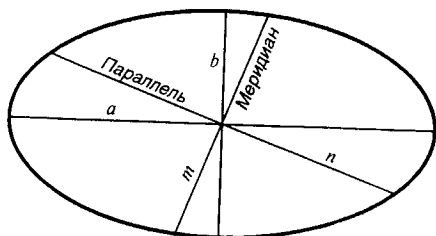
В математической картографии для оценки различных искажений в данной точке карты применяют эллипсы искажений.

Доказано, что бесконечно малая окружность на поверхности земного эллипсоида при перенесении ее на карту всегда изображается бесконечно малым эллипсом (рис. 6.2).

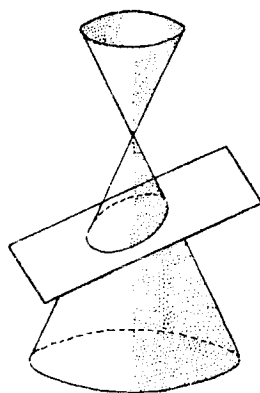
Эллипс — это линия пересечения круглого конуса с наклонной плоскостью. Размеры, а также степень вытянутости такого эллипса по сравнению с исходной окружностью наглядно отражают различные виды искажений в данной точке карты. Направления искажений могут быть самыми различными и не совпадать с параллелями и меридианами (рис. 6.3). Поэтому направления осей эллипса искажений могут быть разными. Но всегда большая a и малая b оси должны быть взаимоперпендикулярными. По степени вытянутости эллипс искажений может иметь два крайних случая:

когда обе оси равны, то эллипс становится окружностью;

когда одна из осей равна 0, то эллипс превращается в прямую линию.



Р и с . 6.3. Главные направления эллипса



Р и с . 6.2. Образование эллипса

По направлению большой оси эллипса будет наибольший масштаб в данной точке, по направлению малой оси — наименьший масштаб. В каждой точке карты всегда есть два направления, которые всегда перпендикулярны и называются *главными направлениями эллипса*.

6.4. Искажения, их распределение в картографических проекциях

Существует множество способов изображения поверхности Земного эллипсоида на плоскости (географической карте), называемых *картографическими проекциями*. Картографическая проекция устанавливает соответствие между географическими координатами точек Земного эллипсоида и прямоугольными координатами тех же точек на плоскости.

Сферическую поверхность эллипсоида нельзя развернуть на плоскость без разрывов и складок, т. е. без искажений длин, площадей, углов.

Проекций, совершенно лишенных искажений длин, не существует; вместе с тем есть проекции, свободные от искажений углов или площадей. Поэтому любая географическая карта в той или иной степени — изображение искаженное.

Существует аналитическая зависимость между величиной картографируемой территории и величиной искажения, его распределением и направленностью. Естественно, чем больше территория, тем больше искаженность картографического изображения.

Применяя различные картографические проекции, можно создать карты с минимальными направленными, распределенными искажениями одних видов искажений за счет других.

В любой проекции имеются отдельные точки или линии (система линий), в которых отсутствуют искажения отдельных или всех видов. Их называют *точками и линиями нулевых искажений*.

Искажения возрастают по мере удаления от точек или линий нулевых искажений.

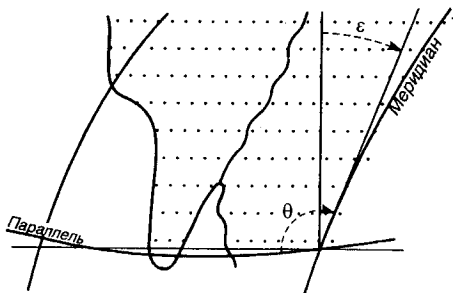
Для наглядной характеристики распределения искажений и учета их величины при пользовании картой наносятся *изоколы* — линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями искажения площадей и углов согласно картографической сетке — сетке меридианов и параллелей. Точки их пересечений называют *узловыми точками*.

Картографическая сетка служит для построения картографического изображения и является средством для широкого географического ориентирования.

Существующие на картах различные величины искажений длин, площадей, углов и форм определяют для того, чтобы знать, какие отклонения в данном месте карты существуют против действительных на эллипсоиде. Для этого надо выяснить, что принимается в качестве показателей каждого из этих видов искажений. В качестве показателей искажений принимаются:

показатель искажений длин μ — это масштаб длин. Главный масштаб длин принимают равным единице, а частные масштабы длин выражают

в долях главного. Масштаб длин принимают как показатель искажений длин в данной точке по данному направлению. Часто вместо μ берут $\mu - 1$, которое называется *относительным искажением*. Когда нужно установить искажение длин объекта в целом, независимо от направления, используют наибольшее a и наименьшее b значение масштаба по главным направлениям;



Р и с . 6.4. Искажение углов на карте

показатель искажений площадей P — масштаб площадей, выраженный в долях главного. Нередко пользуются относительным искажением площадей $P - 1$;

показатель искажений углов ω — наибольшее искажение углов в данной точке. Кроме этого, интересно знать искажение угла ε между меридианами и параллелями (отклонение этого угла от прямого) (рис. 6.4). На карте измеряют угол θ между меридианом и параллелью в точке их пересечения. Тогда искажение угла определится по формуле: $\varepsilon = \theta - 90^\circ$;

показатель искажений форм

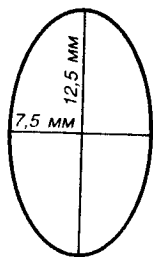
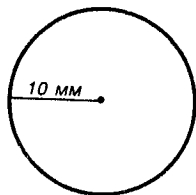
$$K = a/b.$$

Если $a = b$, то $K = 1$. В этом случае бесконечно малая окружность изобразится окружностью. Чем больше K отличается от 1, тем больше вытянут (сжат) эллипс искажений, т. е. тем больше искажение форм. Следует заметить, что показатель K отражает искажение бесконечно малых фигур, а не каких-то крупных объектов: государств, материков и т. д. Для крупных объектов лучше использовать значение показателей искажений в их крайних точках.

Величины искажений на картах можно определить по формулам, с помощью номограмм, по таблицам искажений и способом изокот.

Определение искажений по формулам. По формулам определяются элементы эллипса искажений и по их величинам строится эллипс в какой-либо точке карты. Масштабы по меридианам и параллелям (когда m и n не даны) определяются путем измерения длин дуг меридиана и параллели, проходящих через точку на карте, и вычисляются по табличным данным для эллипсоида. Тогда масштаб по меридиану (m) и параллели (n) соответственно определяется отношениями:

$$m = ds/dS;$$



$$n = dl/dL;$$

частный масштаб

$$\mu = \sqrt{a^2 \cos^2 \alpha + b^2 \sin^2 \alpha},$$

где a , b — масштабы по главным направлениям; α — угол на эллипсоиде, составленный меридианом и главным направлением (рис. 6.5, 6.6).

Масштаб площади

$$P = ab, P = mn \sin \theta;$$

Р и с . 6.5. Графическое построение эллипса искажений

искажение углов

$$\sin \frac{\omega}{2} = \frac{a-b}{a+b}.$$

Если меридианы и параллели на карте совпадают с главным направлением эллипса, т. е. $\theta = 90^\circ$, $\varepsilon = 0^\circ$, $a = m$, $b = n$, то формулы примут вид:

$$\mu = \sqrt{m^2 \cos^2 \alpha + n^2 \sin^2 \alpha}, P = mn, \sin \frac{\omega}{2} = \frac{m-n}{m+n}.$$

Определение искажений при помощи номограмм. При помощи номограмм вычисляют искажения в различных картографических проекциях.

Номограммы дают возможность быстро и просто определять:

масштабы по главным направлениям a и b (рис. 6.7);

главные направления β для эллипсоида и β_1 на карте;

масштаб площади P (рис. 6.8);

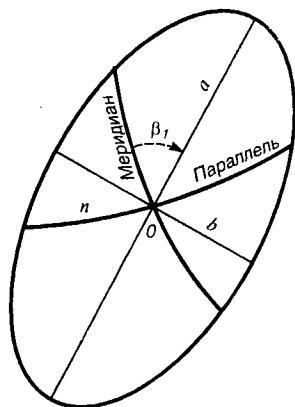
наибольшее искажение углов ω .

Для определения искажений в какой-либо точке карты находят масштабы по меридиану m , по параллели n и отклонение угла ε от 90° :

$$\varepsilon = \theta - 90^\circ.$$

Для пользования номограммами надо определить вспомогательный аргумент K .

Аргумент $K = m/n$ или $K = n/m$ должен быть больше или равен единице.



Р и с . 6.6. Меридианы и параллели не совпадают с главными направлениями эллипса искажений

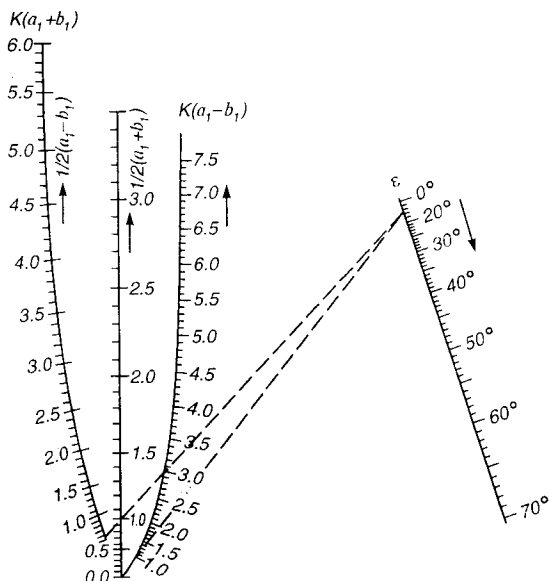


Рис. 6.7. Номограмма для определения масштабов по главным направлениям a и b

При определении главных направлений (угла β_1) всегда принимают

$$a_1 = a/m, \quad b_1 = b/m.$$

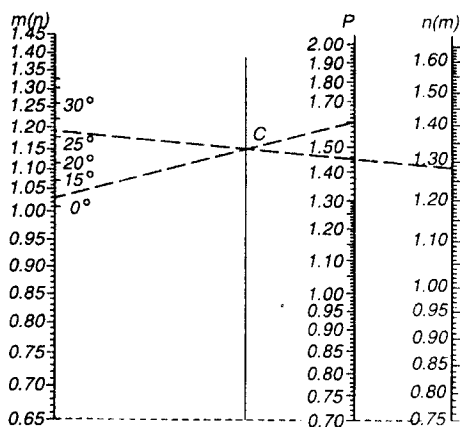
Определение масштабов a и b по главным направлениям (рис. 6.7). Используем формулы:

$$a + b = \sqrt{m^2 + n^2 + 2mn \cos \varepsilon}; \quad a - b = \sqrt{m^2 + n^2 - 2mn \cos \varepsilon}.$$

На правой шкале номограммы откладывают величину ε . Замеченную точку соединяют прямой линией с величиной $K(a_1 - b_1)$ и продолжают линию до пересечения с перпендикулярной шкалой, где отсчитывают

$$\frac{1}{2} (a_1 - b_1).$$

На крайней правой шкале точку с величиной ε соединяют с $K(a_1 + b_1)$ крайней левой шкалы. При пересечении прямой линии с перпендикулярной шкалой получают точку, соответствующую $\frac{1}{2} (a_1 + b_1)$.



Р и с . 6.8. Номограмма для определения масштаба площади P

По этим данным находят a_1 и b_1 :

$a = a_1 n$; $b = b_1 n$ при $m > n$ и $a = a_1 m$; $b = b_1 m$ при $n > m$.

▽ 6.1. Определить масштабы по главным направлениям a и b в точке карты, если $m = 1,31$, $n = 1,42$, $\epsilon = 9^\circ$.

Решение. Вспомогательный аргумент

$$K = m/n = 1,42/1,31 = 1,08.$$

По аргументам ϵ и $K(a_1 - b_1)$ отсчитываем по перпендикулярной шкале

$$\frac{1}{2} (a_1 - b_1) = 0,09.$$

Далее по аргументам ϵ и $K(a_1 + b_1)$ отсчитываем по той же шкале значение

$$\frac{1}{2} (a_1 + b_1) = 1,03 \quad a_1 - b_1 = 0,18; \quad a_1 + b_1 = 2,06.$$

Отсюда $2a_1 = 2,24$; $a_1 = 1,12$; $b_1 = 0,94$.

Тогда масштабы по главным направлениям карты

$$a = a_1 m = 1,12 \cdot 1,31 = 1,47; \quad b = b_1 m = 0,94 \cdot 1,31 = 1,23.$$

Определение главных направлений (на эллипсоиде и на карте). Для определения главных направлений используем формулы

$$\operatorname{tg} \beta = \sqrt{\frac{a^2 - m^2}{m^2 - b^2}}; \quad \operatorname{tg} \beta_1 = \frac{b}{a} \operatorname{tg} \beta.$$

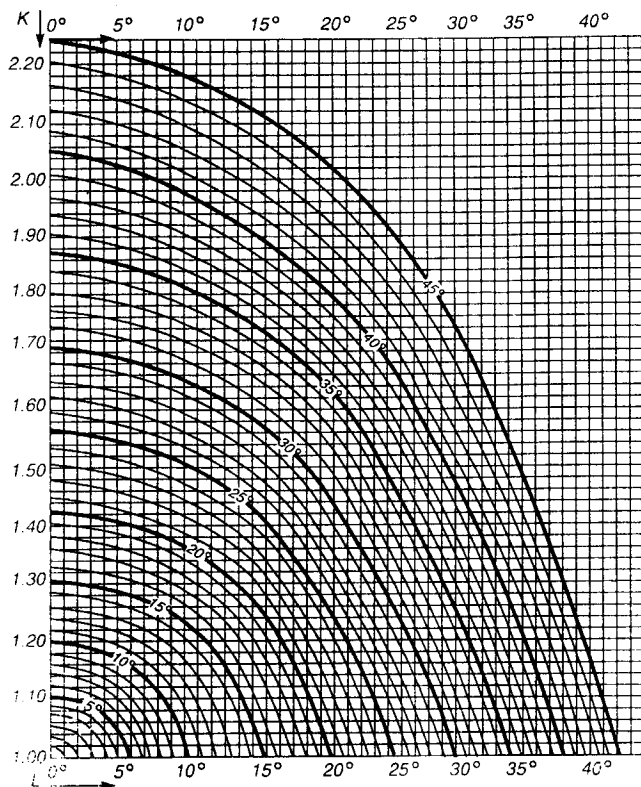
Для определения ориентировочных углов β и β_1 какой-либо точки надо знать m , n , a , b , ϵ . Далее вычисляем

$$a_1 = a/m \text{ и } b_1 = b/n$$

и по номограммам «Сборника номограмм по математической картографии» находим ориентировочные углы главных направлений.

Определение масштаба площади. Для этого используем формулы

$$P = m n \sin \theta \text{ и } P = m n \cos \epsilon \text{ (рис. 6.8).}$$



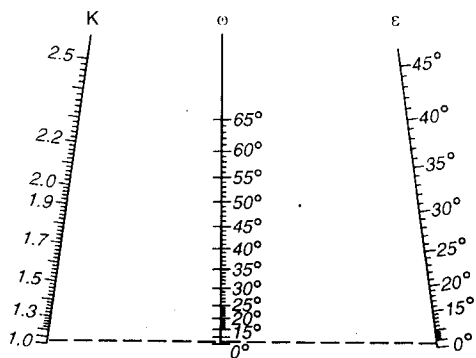
Р и с . 6.9. Сетчатая номограмма для определения максимального искажения углов

▽ 6.2. Для умения пользоваться номограммой площадью рассмотрим следующий пример. Пусть для точки определили $m = 1,19$; $n = 1,28$; $\varepsilon = 8^\circ$. Следует найти P . На крайних левой и правой шкалах номограммы замечаем точки со значениями m и n и соединяем их прямой линией. Эта линия пересечет неоцифрованную шкалу в точке C . На левой шкале замечаем точку со значением ε и соединяем ее с точкой C прямой линией до пересечения со шкалой P . На шкале P снимаем отчет $= 1,60$.

Определение наибольшего искажения угла ω (рис. 6.9, 6.10).

Для определения ω служат сетчатая и шкальная номограммы, а также формула

$$\sin \frac{\omega}{2} = \frac{a-b}{a+b}.$$



Р и с . 6.10. Шкальная номограмма для определения максимального искажения углов

значения K , на нижней горизонтальной линии — значения ε . Значения ω получаем интерполированием.

Определение искажений по картографическим таблицам. Значения искажений расстояний, углов и площадей указываются в таблицах узловых точек картографической сетки по значениям φ и λ . Причем для цилиндрических, конических и азимутальных проекций, где искажения изменяются в зависимости от географической широты, искажения находят только по ней.

▽ 6.4. На карте, составленной в нормальной равнопромежуточной конической проекции *Ф.Н. Красовского*, определить искажения для точки с $\varphi = 60^\circ$.

По таблице определяем $m = 0,997$, $n = 0,987$, $P = 0,984$, $\omega = 0^\circ 34'$.

Т а б л и ц а 6.1. Определение искажений по картографическим таблицам

φ	n	P	ω	m
30	1,083	1,080	$4^\circ 45'$	0,997
40	1,031	1,028	$1^\circ 56'$	"
50	0,998	0,996	$0^\circ 05'$	"
60	0,987	0,984	$0^\circ 34'$	"
70	1,010	1,007	$0^\circ 45'$	"
80	1,136	1,133	$7^\circ 28'$	0,997

Определение искажений при помощи изокон. Наиболее наглядным и удобным способом определения показателей искажений являются макеты карт с изоконками. С помощью таких макетов можно не только находить значение показателя искажений для различных объектов, но и вводить поправку в определяемое по карте значение площадей или

▽ 6.3. Определить ω для точки (г. Владивосток) на карте, составленной в произвольной поликонической проекции с данными $m = 1,05$, $n = 0,98$, $\varepsilon = 4^\circ$. Находим

$$K = \frac{m}{n} = \frac{1,05}{0,98} = 1,066.$$

На шкальной номограмме на левой и правой шкалах соответственно замечаем точки со значениями K и ε . На шкале ω снимаем отчет $= 5^\circ$.

При пользовании сетчатой номограммой отмечаем на левой вертикальной шкале

углов. Обычно это изображения карт в уменьшенном масштабе, где на географическую основу по картографической сетке нанесены линии, соединяющие точки с одинаковой величиной какого-нибудь показателя искажений — изоколы. Изоколы проводят не через равные значения показателя, а с нарастанием значения интервала. Аналогично изображается рельеф на мелкомасштабных картах, где изогипсы также проводятся с увеличенным переменным интервалом, в зависимости от возрастания высоты. Макеты с изоколами искажений могут выражать абсолютные или относительные показатели в процентах или в долях частных масштабов от главного масштаба карты. Например, на карте Мира в поликонической проекции через центр территории Австралии проходит изокола $P = 2,5$, для Гренландии, которую пересекает линия нулевых искажений, значение $P \approx 1$. На глаз можно определить, что Австралия на карте больше Гренландии примерно в 1,3 раза. Следовательно, на самом деле она больше Гренландии примерно в 3,5 раза.

6.5. Определение картографических проекций по картографической сетке

Для решения по географической карте различных картометрических задач надо прежде всего определить проекцию, в которой она построена. Это значит, что надо установить ее название или принадлежность к определенному классу или группе на основе каких-то признаков картографической сетки или карты, т. е. определить:

какой вид имеют на карте меридианы и параллели, под какими углами они встречаются и расходятся;

как изменяется длина дуг меридиальных отрезков и параллелей между меридианами в пределах карты или какое соотношение этих дуг наступает в разных частях карты (вблизи экватора или на краях карты).

Указанные признаки хорошо различаются на картах, охватывающих большие территории. С уменьшением ее размера картографические сетки разных проекций становятся похожими друг на друга и трудно-различимыми. Однако на практике чаще всего приходится выявлять значительные искажения именно на картах, охватывающих большие территории. Поэтому знание класса проекций и присущее им распределение искажений становится необходимым в работе географа. Распознавание классов проекций по картографической сетке нормальных конических, цилиндрических, псевдоцилиндрических и других проекций проводится довольно легко. Так, если меридианы на карте представлены равноотстоящими параллельными прямыми, а параллели — им перпендикулярными прямыми, то карта составлена в нормальной цилиндрической проекции. Если все меридианы на карте прямые, сходящиеся или расходящиеся под углами в одну точку-центр, а параллели — части дуг концентрических окружностей, то это — нор-

мальные конические проекции. Если все меридианы прямые, сходящиеся под углами в одну точку-центр для проведения параллелей — полных концентрических окружностей, то это — нормальные (полярные) азимутальные проекции.

Следует помнить, что картографические сетки поперечных и косых проекций тех же классов имеют совсем другой вид.

По виду клеток картографической сетки можно установить характер искажения проекции. Так, если клетки, образуемые двумя соседними параллелями и пересекающими их меридианами, не равны по площади друг другу, то проекция карты не является равновеликой. Если клетки, образуемые двумя соседними меридианами и пересекающими их параллелями, с увеличением широты по площади не уменьшаются, а остаются такими же, то проекция карты также не будет равновеликой. Если видно, что меридианы и параллели хотя бы в каких-то местах карты пересекаются не под прямыми углами, то карта построена не в равноугольной проекции.

Практически для карт, разных по охвату территории, применяются и разные картографические проекции: для карт Мира — один набор проекций, для карт материков — другой, для карт государств — третий и т. д. (см. 2.1—2.4). Одинаковая проекция для карт, охватывающих разные по размеру территории, почти не используется.

Для распознавания проекций карт составляют таблицы-определители, по которым сравнительно легко по отдельным включенным в них признакам определяются проекции. Однако при этом надо соблюдать следующие правила:

1. Сначала надо правильно установить, какая территория по охвату на ней изображена, и найти соответствующую таблицу;

2. Следует помнить, что в таблицах дается признак, учитывающий изменение длины дуги среднего (прямого) меридиана карты, а на некоторых картах сам средний меридиан не изображается, так как его долгота оказалась не кратной частоте сетки. Однако прямую линию, по которой он должен проходить, найти не трудно. Чаще всего она расположена посередине между двумя меридианами, выпуклыми в противоположные стороны;

3. Расстояние между соседними параллелями при удалении от среднего меридиана следует сравнивать на самом меридиане с расстоянием между теми же параллелями у края карты;

4. Средняя по широте параллель территории обычно точно не изображается. Поэтому для определения длины дуги между соседними меридианами следует брать ту параллель, которая проходит наиболее близко от середины изображаемой территории. Например, на картах СССР следует взять параллель 60° ;

5. Угол между меридианами в нормальных конических проекциях всегда меньше, чем разность их долгот. У разных конических проекций он различен;

6. В конических проекциях на территории СССР меридианы (их продолжение) пересекаются не только за пределами верхней рамки, но часто и за пределами листа карты.

6.6. Картографические сетки в проекциях карт

В зависимости от положения вспомогательной поверхности картографические поверхности называют нормальными, поперечными и косыми. В зависимости от этого в каждом классе проекций и образуются либо сравнительно простые нормальные картографические сетки, либо чрезвычайно сложные поперечные и косые.

На рис. П5 (см. прилож. 1) показано образование нормальной сетки конической проекции на касательном конусе. Здесь так же, как и при построении нормальной цилиндрической проекции, ось конуса совпадает с осью эллипсоида, а меридианы на боковую поверхность конуса переносят продолжением плоскости каждого меридиана за пределы эллипсоида до встречи с этой поверхностью. В развертке (сверху чертежа) боковой поверхности конуса изображена нормальная сетка конической проекции. Углы между меридианами этой сетки меньше разности долгот на эллипсоиде, так как весь угол развертки меньше 360° . Параллель касания — общая линия для поверхности эллипсоида и боковой поверхности конуса, после развертки конуса изобразится дугой окружности с центром в вершине развертки конуса. Такая линия на карте называется *линией нулевых искажений* всех видов. Если взять конус, секущий эллипсоид по каким-то двум параллелям, то в этом случае параллели сечения образуют две линии нулевых искажений. Здесь опять отсутствуют все виды искажений, т. е. сохраняется главный масштаб. Нормальные конические проекции с двумя стандартными параллелями часто применяют для территории СССР и зарубежных государств. Поперечные и косые конические проекции обычно не строят.

Поликонические проекции можно представить как перенесение изображения с поверхности эллипсоида на боковые поверхности нескольких касательных конусов, каждый из которых развертывается на плоскость. В этом случае изображение сетки меридианов и параллелей значительно усложнится. Поэтому практическое применение имеют только нормальные поликонические проекции. Например, для мировых карт применяют произвольные поликонические проекции.

Азимутальные проекции можно представить как случай, когда поверхность земного шара как бы переносится на касательную (секущую) плоскость в точке полюса. Проектирование меридианов и параллелей происходит на плоскость лучами, исходящими из какой-либо точки проектирования (в центре шара, на сфере и т. д.). Получится

нормальная сетка азимутальной проекции (см. рис. П6, прилож. 1). Меридианы изобразятся на касательной плоскости прямыми, исходящими из центральной точки (касания). Углы между ними будут равны натуральным — на эллипсоиде. Все параллели изобразятся концентрическими окружностями. Центральная точка проекций будет точкой нулевых искажений всех видов. Практическое применение имеют азимутальные проекции не только с нормальными сетками, но и с поперечными и косыми (см. рис. П8, а, б, прилож. 1). Поперечная сетка в азимутальных проекциях образуется в случае, когда касательная плоскость касается какой-либо точки, расположенной на экваторе; косая сетка — в случае, когда такой точкой касания является любая точка, расположенная между экватором и полюсами. Эти точки также называются точками нулевых искажений.

Образование сеток псевдоцилиндрических проекций нельзя представить с помощью вспомогательной поверхности. Эти проекции широко используют с нормальными сетками: псевдоцилиндрическую — для карт отдельных океанов; до 1950 г. — для карт мира; псевдоконическую — для некоторых материков.

Условные проекции используют для карт, каждый раз ставя при этом какое-либо условие, например: вид картографической сетки, форму меридианов и параллелей, величины искажений площадей и углов.

Таким образом, каждая картографическая проекция относится к какому-нибудь классу по виду картографической сетки и одновременно к какой-нибудь группе по характеру искажений. Полное название картографической проекции следует определять в следующем порядке: первое — вид сетки, второе — характер искажений, третье — класс проекции, четвертое — фамилия автора. Например: Косая равновеликая азимутальная проекция *Ламберта* или Нормальная равнопромежуточная по меридианам коническая проекция *Ф.Н. Красовского*.

Определим теперь изменения искажений в пределах карты, свойственные некоторым классам картографических проекций. Из рассмотренного выше следует, что линии касания или сечения в цилиндрических и конических проекциях на карте являются линиями нулевых искажений, а точки касания в азимутальных проекциях — точками нулевых искажений. С удалением от этих линий и точек картографическое изображение все больше и больше искажается.

При выборе картографических проекций для географических карт обычно находят соответствие системы распределения искажений внешним очертаниям картографируемой территории, т. е. определяют такую форму изоголов, чтобы они воспроизводили конфигурацию территории и чтобы ее приграничные части искажались примерно одинаково (т. е. стремятся уменьшить величину искажений). Например, для террито-

рий, имеющих округлую форму (Африка), выбирают азимутальную проекцию, в которой изоколы являются окружностями; для территории Урала — цилиндрическую проекцию; для карты СССР — коническую. Подбирая картографическую проекцию для карты, линии или точки нулевых искажений распределяют в средней части изображаемой территории. Например, в азимутальных проекциях точку касания определяют в ее центре.

6.7. Классификация картографических проекций

Все картографические проекции следует различать по четырем основным признакам: 1) по расположению полюса используемых сферических координат; 2) по характеру искажений; 3) по геометрии вспомогательной поверхности; 4) по виду изображения меридианов и параллелей (по виду картографической сетки).

6.7.1. Классификация по расположению полюса сферических координат

При картографировании территорий, содержащих географические полюсы, применяют сферические координаты, в которых полюсы оказываются обычными координатными точками. За координатные линии здесь принимают вертикалы и альмукантараты, аналогичные меридианам и параллелям, но их полюс Z не совпадает с географическим полюсом P (рис. 6.11).

Переход от географических координат φ и λ любой точки сферы к ее сферическим координатам a и Z при заданном положении полюса Z (φ_0, λ_0) осуществляется по формулам сферической тригонометрии.

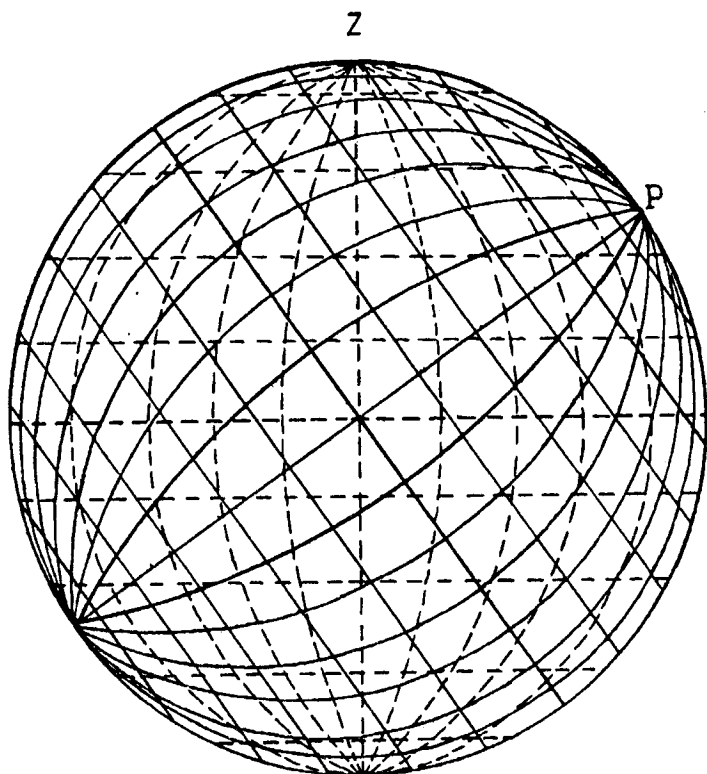
6.7.2. Классификация по характеру искажений

Искажения присущи всем географическим картам, построенным в разных картографических проекциях. Они различны по своему характеру и являются одним из основных признаков классификации.

Все картографические проекции по характеру искажений делятся на равноугольные, равновеликие и произвольные.

Равноугольные картографические проекции. Они сохраняют углы в любой точке карты. Масштаб в них зависит только от положения точки и не зависит от направления. Эллипсы искажений преобразуются в окружности. Например, равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора (рис. 6.12).

Равновеликие картографические проекции. Эти проекции сохраняют пропорциональность площадей на карте к соответствующим площадям



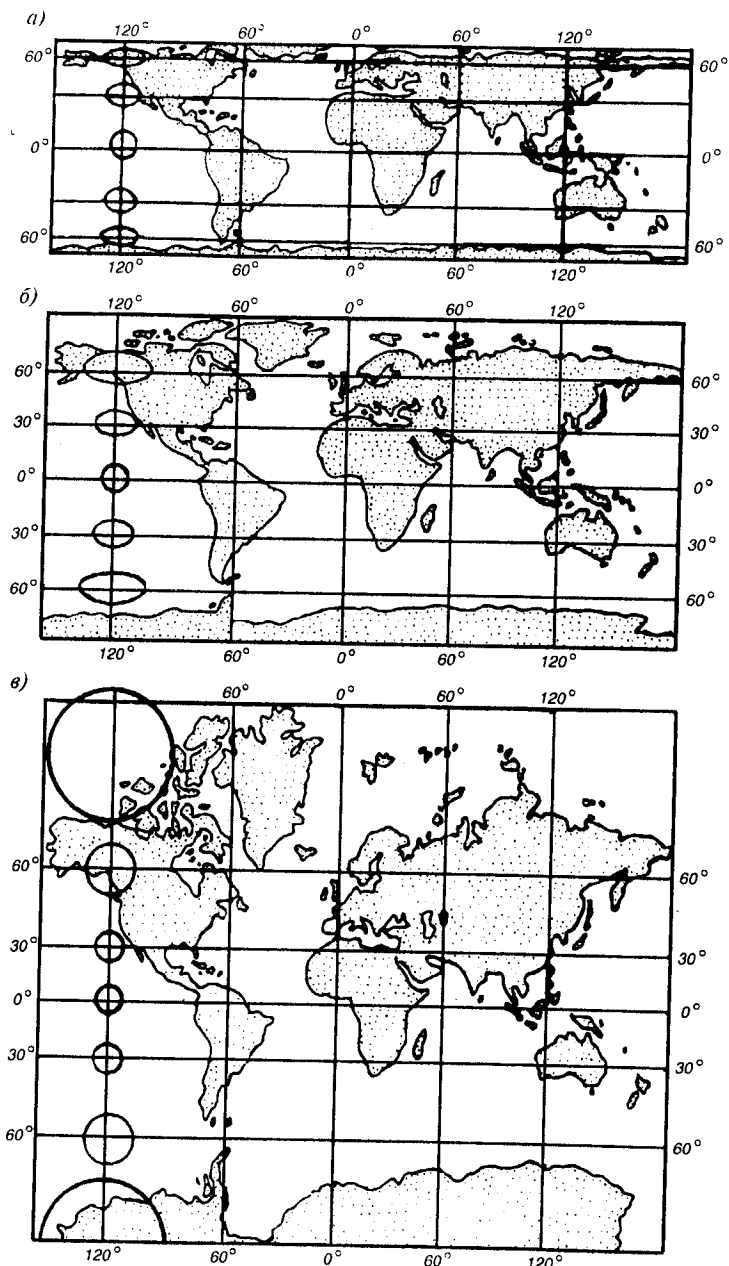
Р и с . 6.11. Сети сферических координатных линий

в натуре. Здесь эллипсы искажений всегда имеют одинаковую площадь, но сильно нарушают подобие фигур, отличаясь только формой и ориентировкой (рис. 6.12).

Произвольные картографические проекции не относятся ни к равноугольным, ни к равновеликим. Из них выделяют равнопромежуточные, в которых один из главных масштабов равен единице, и ортодромические, в которых большие круги шара (ортодромы) изображаются прямыми.

При изображении сферы на плоскости свойства равноугольности, равновеликости и равнопромежуточности и ортодромичности несовместимы.

Существует и такая закономерность в проекциях, что чем больше искажения углов, тем меньше искажения площадей, и наоборот (рис. 6.12). Характер искажений, присущий проекции (равноугольная, равновеликая, равнопромежуточная), всегда входит в название проекции.



Р и с . 6.12. Эллипсы искажений в цилиндрических проекциях:
 а — равновеликих; б — равнопромежуточных; в — равноугольных

6.7.3. Классификация по геометрии вспомогательной поверхности

Названия «цилиндрические», «конические», «поликонические» и «азимутальные» проекции даны по вспомогательным поверхностям, с помощью которых осуществляется переход от шаровой поверхности земного эллипсоида к плоскости.

К *цилиндрическим* относятся такие проекции, когда вспомогательной поверхностью служит боковая поверхность цилиндра, касательной к эллипсоиду или секущего эллипсоида к *коническим*, когда вспомогательной поверхностью является боковая поверхность касательного или секущего конуса, к *азимутальным*, когда вспомогательная поверхность касательная или секущая плоскость; к *поликоническим*, когда изображение переносится с поверхности эллипсоида на боковые вспомогательные поверхности нескольких касательных конусов, каждый из которых потом разворачивается в плоскость (см. рис. П1— П8, прилож. 1).

Геометрическое построение названных проекций отличается большой наглядностью.

Для простоты рассуждений вместо эллипсоида пользуются шаром.

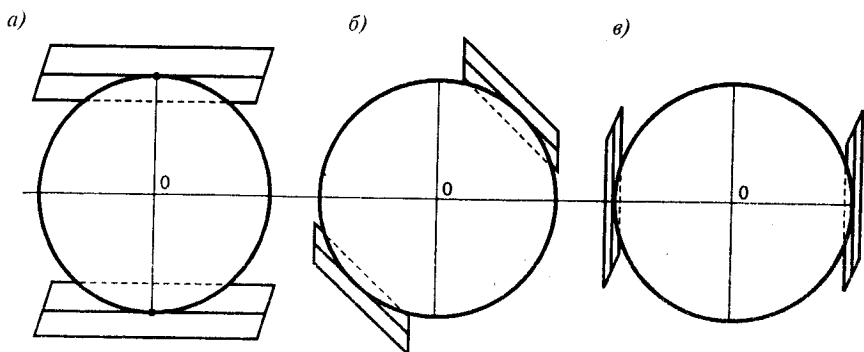
6.7.4. Классификация по виду картографической сетки

Такая классификация является результатом развития теории картографических проекций. В зависимости от видов меридианов и параллелей нормальной сетки картографические проекции делят на следующие классы.

Цилиндрические проекции. Это проекции, в которых меридианы изображаются равностоящими параллельными прямыми, а параллели — прямыми, перпендикулярными к меридианам (в общем случае не равностоящими). Они выгодны для изображения территорий, вытянутых вдоль экватора. Примером является нормальная равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора.

Конические проекции. Это такие проекции, в которых параллели изображаются дугами концентрических окружностей (проведенных из одного центра), а меридианы — радиальные прямые, расходящиеся из общего центра проведения параллелей под углами, пропорциональными разности долгот. В этих проекциях искажения не зависят от долготы. Проекции применяют для территорий, вытянутых вдоль параллелей. Карты всей территории СССР составлены в конических проекциях (например, нормальные равнопромежуточные конические проекции В.В. Каврайского и Ф.Н. Красовского).

Азимутальные проекции. Это проекции, в которых параллели — полные концентрические окружности, меридианы — их радиусы, углы между которыми равны соответствующим разностям долгот (рис. 6.13). Они выгодны для изображения материков, территорий с округлой конфигурацией. Как пример — полярная равнопромежуточная азимутальная проекция Постеля.



Р и с . 6.13. Положение касательных плоскостей в азимутальных проекциях:
а — нормальных; *б* — косых; *в* — поперечных

Поликонические проекции. Это проекции, в которых параллели — части дуг эксцентрических окружностей малой кривизны, выпуклостью к экватору, центры проведения которых расположены на среднем меридиане. Меридианы — кривые малой кривизны, выпуклостью от среднего меридиана. Только экватор и средний меридиан — взаимоперпендикулярные прямые.

Псевдоцилиндрические проекции. Это проекции, в которых параллели — параллельные прямые (промежутки между которыми уменьшаются от экватора к полюсам), меридианы — кривые линии, кроме среднего.

Псевдоконические проекции. Это проекции, в которых параллели — окружности, средний меридиан — прямая, проходящая через их общий центр, остальные меридианы — кривые.

Условные проекции. Это проекции, которые не входят ни в один из перечисленных классов. Параллели и меридианы — кривые самого различного вида.

● В зависимости от ориентировки вспомогательной поверхности (цилиндра, конуса, плоскости, поликонусов) и картографической сетки в название проекции вносятся термины: нормальная, поперечная, косая.

6.8. Выбор картографических проекций

Выбор класса и вида картографической проекции обусловлен не одним, а, как правило, несколькими взаимосвязанными условиями: содержанием, назначением и способом пользования картой; характером искажений, их величиной и распределением в пределах карты;

величиной территории, ее конфигурацией и географическим положением на Земном шаре;

неразрывностью и целостностью изображения взаимосвязанных географических объектов;
форматом и компоновкой карты, ее масштабом;
видом картографической сетки и изображения полюсов;
сферичности земной поверхности и т. д.

По мере уменьшения масштаба значение географических требований к выбору проекций возрастает.

Содержанием, назначением и способом пользования картой обусловлен выбор равноугольной, равновеликой или произвольной по характеру искажений проекции.

Произвольные проекции (лежащие в интервале между равноугольными и равновеликими) можно подразделить на равнопромежуточные; с небольшими искажениями площадей; с небольшими искажениями углов.

6.8.1. Влияние содержания карт на выбор проекций

Равновеликие проекции (близкие произвольные, с небольшими искажениями площадей) используют для составления карт климатических, геофизических, почвенных, геологических, геоботанических, зоогеографических, исторических, экономических, этнографических, административных.

● Отдельные климатические, геофизические и океанологические карты составляют в равноугольных проекциях. Это зависит от их назначения и способа пользования.

Равнопромежуточные (близкие к ним по искажению площадей и углов) проекции применяют для карт общегеографических, физических, гипсометрических, геоморфологических, тектонических, миграционных, политических.

Такие указания по выбору проекций не следует понимать как категоричные.

Величины искажений непосредственно зависят от размеров изображаемой территории.

6.8.2. Выбор проекций в зависимости от величины (охвата) территории

Карты мира. К мировым относятся карты, изображающие всю земную поверхность или большую ее часть. Проекции для мировых карт принадлежат к классам произвольных и равновеликих по характеру искажений.

Редко используется равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора. По виду сетки — это прежде всего поликонические, псевдоцилиндрические и цилиндрические. Цилиндрические проекции, чтобы

уменьшить искажения в высоких широтах, строят на секущем цилиндре. Главные масштабы у них сохраняются по параллелям $\pm 30^\circ$.

Различают карты с линейным размещением материков вдоль прямолинейного экватора, с центральным размещением материков вокруг северного полюса и карты промежуточного типа между линейным и центральным размещением материков.

Наиболее часто применяемые карты с линейным размещением материков составляются в нормальных произвольных поликонических проекциях ЦНИИГАиК (варианты 1939, 1950 гг., БСЭ, ФГАМ).

Для мировых карт с центральным расположением материков применяют косые равнопромежуточные азимутальные проекции, а для физико-географических — псевдоазимутальную проекцию ЦНИИГАиК.

● Псевдоцилиндрические синусоидальные равновеликие проекции Каврайского или Урмаева применяют только тогда, когда нужно сохранять равновеликость площадей.

Равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора для карт мира применялась до недавнего времени, сейчас она предназначается для мореплавания и океанографов.

Карты полушарий. Для карт западного и восточного полушарий применяют поперечную равновеликую азимутальную проекцию Ламберта; для карт северного и южного полушарий — нормальную равнопромежуточную по меридианам азимутальную проекцию Постеля; для карт материкового и океанического полушарий — косую равновеликую азимутальную проекцию Ламберта.

Карты материков (их крупных частей), океанов. Для всех карт материков (кроме Азии и Евразии), расположенных между экватором и полюсами, применяют косую равновеликую азимутальную проекцию Ламберта; для материка Африки (на экваторе) — поперечную равновеликую азимутальную проекцию Ламберта; для карт Арктики и Антарктики — нормальную (прямую) равнопромежуточную по меридианам азимутальную проекцию Постеля; для океанологических карт Арктики и Антарктики — прямую равноугольную (стереографическую) азимутальную проекцию.

● Карты Азии в настоящее время, как правило, составляют в равновеликой проекции, полученной аффинным преобразованием исходной — косой, равновеликой азимутальной проекции Ламберта. Карты Евразии составляют в произвольной проекции ЦНИИГАиК, полученной аппроксимацией эскиза сетки степенными полиномами двух переменных — широты и долготы. Такая же проекция применяется для карт с совместным изображением на одной карте Северной и Южной Америки.

Картографические проекции для карт океанов. В выборе картографических проекций большую роль играет величина искажений. Однако этот признак не всегда является решающим. Приходится учитывать географические требования к целостному изображению взаимосвязан-

ных объектов (Тихий и Индийский океаны), а также конфигурацию объекта и его географическое положение на земном шаре.

Карты Тихого и Индийского океанов составляют в нормальной произвольной псевдоцилиндрической (синусоидальной) проекции Н.А. Урмаева. Она тяготеет больше к равновеликим проекциям, так как здесь небольшие искажения площадей — до 30 %. Изоколы повторяют очертания океана.

Карты Атлантического океана составляют в поперечной произвольной с овальными изоколами проекции ЦНИИГАиК (псевдоазимутальной), совместное изображение Атлантического и Северного Ледовитого океанов — в косой.

Изоколы в проекции также соответствуют схематическому очертанию водного бассейна. Карты Северного Ледовитого океана составляют в нормальной равноугольной азимутальной проекции (стереографической).

Картографические проекции для карт СНГ, его частей и для карт зарубежных государств. Учитывая размеры территории СНГ (протяженность территории по долготе в два раза больше, чем по широте) и ее конфигурацию, карты всей территории СНГ составляют в нормальных конических проекциях с двумя стандартными параллелями, отличающихся простотой сетки, приемлемым и доступным распределением искажений по картографируемой территории. К ним относятся нормальные равнопромежуточные по меридианам конические проекции В.В. Каврайского и Ф.Н. Красовского. Наряду с достоинствами этих проекций в них есть существенные недостатки (северный полюс не изображается в рамках карты, картографическая сетка не передает впечатление шарообразности Земли и т. д.), поэтому для начальных школьных карт СНГ сейчас применяют косую произвольную цилиндрическую проекцию М.Д. Соловьева и произвольную условную проекцию ЦНИИГАиК с симметрической сеткой В.М. Богинского. Карты крупных частей СНГ, республик, краев, областей, так же как карты зарубежных государств и областей аналогичного размера территории, строят в нормальных равноугольных или равнопромежуточных конических проекциях с двумя стандартными параллелями. При этом учитывают конфигурацию территории и расположение ее на Земном шаре. Так, для обзорных и административных карт областей и районов России, зарубежных государств, имеющих протяженность по долготе не более 9° , применяют равноугольную цилиндрическую проекцию К. Гаусса. Если размеры территории по долготе больше, чем по широте, и она расположена не только в средних, но и в высоких и низких широтах, то следует выбирать нормальную равноугольную проекцию. Лишь для территорий, вытянутых вдоль экватора в пределах пояса по широте $\pm 10^\circ$, применяют нормальную равноугольную цилиндрическую

проекцию Меркатора. Когда протяженность территории по широте больше $20\text{--}25^\circ$, а по долготе от $10\text{--}20^\circ$ (Красноярский край), то следует применять равноугольную поперечно-цилиндрическую проекцию Меркатора.

6.9. Картографические проекции для карт мира

6.9.1. Нормальная равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора

Нидерландский ученый — математик и картограф Герард Меркатор (1512—1594) родился в г. Рупельманд недалеко от Антверпена. Учился в университете Лувена, старейшем учебном заведении Европы. Меркатору первому удалось вычислить точные координаты магнитных полюсов Земли, составить карту Фландрии. Его обширный труд по географии позволил издать после его смерти атлас из 107 карт. Меркатор разработал несколько способов построения градусной сетки для географических карт. Здесь рассматривается проекция, носящая его имя и дожившая до наших дней.

В этой проекции создавались мировые карты. Сейчас ее используют для морских навигационных карт, локсодромия здесь изображается прямой линией. В проекции поставлено важное условие $m = n$, т. е. условие равенства масштабов по меридианам и параллелям (условие равноугольности). А чтобы сохранить масштаб по меридианам и параллелям, Меркатор искусственно увеличил отрезки меридианов с увеличением широты, т. е. раздвинул параллели. Поэтому масштаб в любой точке и направлении одинаков. Эллипс искажений во всех местах карты изображается окружностью. Линия нулевых искажений — экватор. С удалением от экватора к полюсам искажения длин и площадей нарастают (на параллели с широтой 60° $m = 2$, $P = 4$). В высоких широтах искажения длин и площадей сильно нарастают. На параллели 80° искажения возрастают в 30 раз. Гренландия больше своей действительной площади в 14 раз. Полюс находится в бесконечности и равен экватору. Никакого подобия не сохраняют полярные страны Арктика и Антарктида (рис. 6.14).

Графический способ построения картографической проекции. Графическое построение проекции разберем на конкретном примере.

▽ 6.4. Построить нормальную равноугольную цилиндрическую проекцию Меркатора для карты Индонезии в масштабе $1 : 10\,000\,000$ с частотой сетки $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^\circ$; $\varphi_0 = 0^\circ$; $\varphi_N = \varphi_S = 25^\circ$; $\lambda_{cp} = 120^\circ$; $\lambda_w = 100^\circ$; $\lambda_0 = 140^\circ$.

Этапы построения:

1. Изготовление макета компоновки карты.

учителей) вычисляют размеры дуг в 5° по меридианам и параллелям. Для дуг параллелей устанавливают через каждые 5° по широте их отклонения от дуги в 5° по экватору (556605,0). Для дуг меридианов в 5° от экватора до крайних параллелей (30°) вводят последовательно поправки за искажение параллелей, т. е., чтобы сделать равноугольное изображение в каждой точке проекции, выполняют условие: на какие величины увеличиваются дуги параллелей в зависимости от широты, на такие же величины увеличиваются отрезки меридианов.

Составление сводной таблицы данных для построения. Вычисление различных данных в картографических проекциях, формирование их по отдельным показателям и сведение вычислений в таблицы — не какое-то формальное дело. Таблицы помогают быстрой и правильности выполнения различных операций, выявлению закономерностей и контролю за построением.

● Размер дуги в 5° по экватору = 556605,0 м, в масштабе карты = 5,57 см.

Построение и вычерчивание картографической сетки на ватмане. После подготовки таблицы исходных данных наносится картографическая сетка в следующей последовательности:

проводятся карандашом (синей тушью) две взаимоперпендикулярные линии: средний меридиан и экватор. По экватору параллельно среднему меридиану через промежутки, равные 5,57 см, наносят равностоящие друг от друга меридианы;

наносятся неравноотстоящие параллели, перпендикулярные среднему меридиану, через промежутки, указанные в табл. 6.2;

вычерчивают рамки, осуществляют оцифровку меридианов и параллелей, оформление.

Таблица 6.2. Таблица данных для построения проекции

Широта, град.	Длина дуги параллели в 1° , м	Искажения по отношению к дуге в 1° на экваторе, м	Искажения по отношению к дуге в 5° на экваторе, м	Широта ф. град.	Размер дуги в 5° по меридиану, м	Размер дуги в 5° по меридиану с учетом искажений (по параллели), м	Размер дуги в 5° по меридиану в масштабе
0	111,321	0,00	0,00	0—5	552,893	554,998	5,55
5	110,901	421	2105	5—10	552,984	561,384	5,61
10	109,641	1680	8400	10—15	553,144	571,989	5,72
15	107,552	3769	18 845	15—20	553,386	586,746	5,87
20	104,649	6672	33 360	20—25	553,699	605,544	6,06
25	100,952	10 369	51 845	25—30	554,091	628,256	6,28
30	96,488	14 833	74 165				

Монтаж и составление карты. Обычно географическая карта составляется по картам более крупных масштабов, которые путем фотографирования уменьшаются до масштаба составляемой карты. Изготавливаются уменьшенные синие светокопии на ватмане, которые после соответствующей подготовки по идентичным точкам картографируемой основы и синих светокопий монтируются. После приемки качества монтажа составляют по синему следу светокопии всех элементов содержания карты в соответствии с инструкциями по составлению карт разных масштабов.

Выше была рассмотрена проекция Меркатора на касательном цилиндре, где параллель касания была выбрана на экваторе посередине изображаемой территории в наименьшем масштабе, равном единице.

Часто проекция Меркатора применяется на секущем цилиндре. Здесь одна из параллелей выбирается в одном случае посередине территории, расположенной по одну сторону экватора (при этом наименьший масштаб на экваторе $n < 1$), в другом случае задаются крайние широты территории и ставится условие $n_2 = n_1 = 1$.

● Морские навигационные карты составляются в крупных масштабах, на них указывается линейный масштаб. Его роль выполняет западная или восточная рамки карты (меридианы), разбитые на минуты по широте. Каждая минута равна морской миле (1852 м). Искомое расстояние определяется циркулем между двумя точками по прямой (локсодромии) в минутах рамки.

Математический способ вычисления узловых точек картографической сетки цилиндрических проекций. Узловые точки сетки для касательного и секущего цилиндра вычисляют по формулам, представленным в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Таблица вычислений узловых точек сетки для касательного и секущего цилиндра

Для касательного цилиндра			Для секущего цилиндра		
Характер искажений	X	Y	Характер искажений	X	Y
равно-промежуточные	$x = 2\pi R \frac{\Delta\varphi^\circ}{360^\circ}$	$y = 2\pi R \frac{\Delta\lambda^\circ}{360^\circ}$	равно-промежуточные	$x = 2\pi R \frac{\Delta\varphi^\circ}{360^\circ}$	$y = 2\pi R \frac{\Delta\lambda^\circ}{360^\circ} \cos\varphi_0$
равно-великие	$x = R \sin \varphi$	$y = 2\pi R \frac{\Delta\lambda^\circ}{360^\circ}$	равно-великие		$y = 2\pi R \frac{\Delta\lambda^\circ}{360^\circ} \cos\varphi_0$
равно-угольные	$x = R \ln \operatorname{tg} (45^\circ + \frac{\varphi}{2})$	$y = 2\pi R \frac{\Delta\lambda^\circ}{360^\circ}$	равно-угольные	$x = R \ln \operatorname{tg} (45^\circ + \frac{\varphi}{2})$	$y = 2\pi R \frac{\Delta\lambda^\circ}{360^\circ} \cos\varphi_0$

Для перехода от натуральных к десятичным логарифмам должен быть введен модуль перехода $\operatorname{mod} = 0,43429448$. Тогда

$$K = \frac{\ln \operatorname{tg} (45^\circ + \frac{\varphi}{2})}{\operatorname{mod}}.$$

Координаты узловых точек вычисляют по формуле

$$x = RK; y = 2\pi R \frac{\Delta\lambda^\circ}{360^\circ}.$$

Вычисляем таблицу значений K в зависимости от φ (табл. 6.4).

Таблица 6.4. Таблица вычислений K и φ

φ°	K	φ°	K	φ°	K	φ°	K	φ°	K	φ°	K
0°	0,000	20°	0,265	35°	0,549	50°	0,881	65°	1,317	80°	2,028
10°	0,087	25°	0,356	40°	0,693	55°	1,011	70°	1,506	85°	2,436
15°	0,175	30°	0,451	45°	0,763	60°	1,154	75°	1,735	90°	3,131

6.9.2. Произвольные поликонические проекции ЦНИИГАиК

Основной недостаток конических проекций на касательном или секущем конусе тот, что главный масштаб у них сохраняется по одной или двум параллелям. Чтобы сохранить масштаб на всех параллелях территории, нужно картографическую сетку Земного шара перенести на несколько конусов. Поэтому такие проекции называют *поликоническими* (*многоконусными*). Среди множества поликонических проекций, разрабатываемых ЦНИИГАиК, наиболее широкое распространение получили следующие их варианты:

поликоническая проекция ЦНИИГАиК, вариант 1939 г.;

поликоническая проекция ЦНИИГАиК, вариант 1950 г.;

поликоническая проекция ЦНИИГАиК, вариант БСЭ;

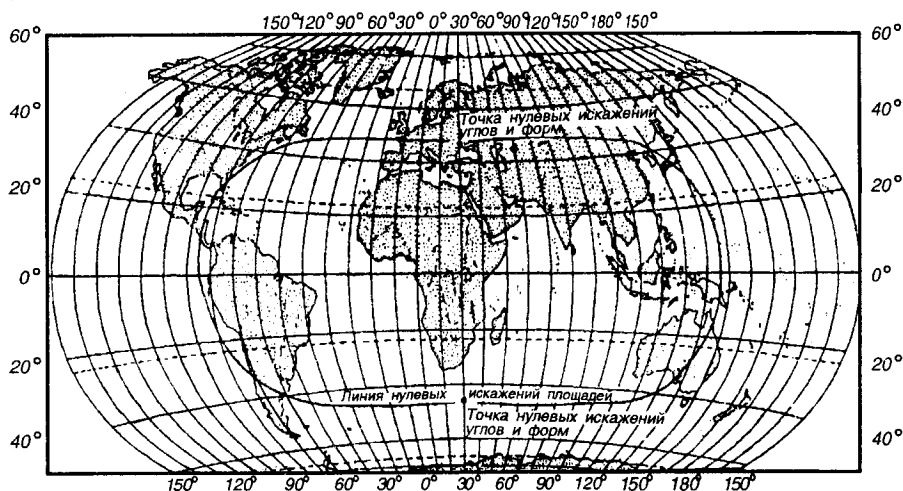
поликоническая проекция ЦНИИГАиК, вариант ФГАМ.

Все они произвольные по характеру искажений. Рассмотрим и сравним поликонические проекции ЦНИИГАиК вариантов 1950 г. и БСЭ.

Поликоническая проекция ЦНИИГАиК, вариант 1950 г. (рис. 6.15). Проекция разработана проф. Г.А. Гинзбургом. В этой проекции издаются: политическая карта мира в географическом атласе учителей средней школы, мировые карты в атласе зарубежных стран, контурные мировые карты.

Большая часть территорий мира в проекции располагается между равнопромежуточным и равновеликим изображениями. Причем соотношение искажений углов и площадей изменяется, то приближая изображение к равновеликому, то — к равнопромежуточному.

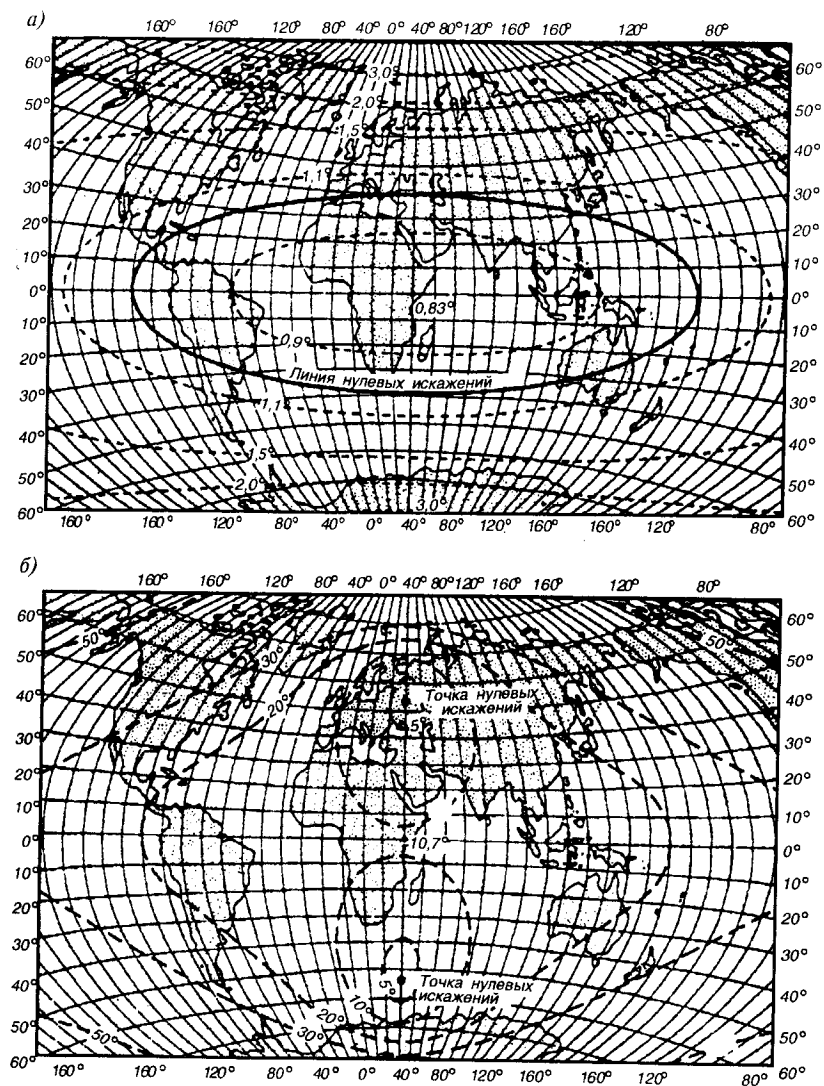
Экватор и средний меридиан 30° — взаимоперпендикулярные прямые. Остальные меридианы — выпуклые кривые от среднего. Параллели — дуги эксцентрических окружностей малой кривизны, центры для проведения которых расположены на среднем меридиане или на его продолжении. Параллели делят средний меридиан на равные части.



Р и с . 6.15. Мировая карта в произвольной поликонической проекции ЦНИИГАиК, вариант 1950 г.

Все параллели, включая экватор, также делятся на равные части. Масштаб длин сохраняется постоянным на каждой параллели. Только на параллелях с широтой $\pm 48^\circ$ главный масштаб длин равен единице. В меньших широтах масштаб длин меньше главного (до 0,82), в больших широтах — он больше главного и возрастает к полюсу до ∞ . Сам полюс в рамку карты не включается и изображается дугой. Средний меридиан, в отличие от других вариантов, всегда равен 30° . Такой выбор позволяет изображать Евразию без отделения Чукотского полуострова. По среднему меридиану масштаб длин равен единице, на остальных меридианах масштаб длин больше единицы. Проекция выгодно изображает территорию СНГ с меньшими искажениями, чем другие территории. Точки нулевых искажений расположены на среднем меридиане, на широте $\leq 48^\circ$. Очертания и площади материков заметно нарушаются. Максимум искажений очертаний и углов приходится на приполярные страны: Северную Америку, Гренландию, Антарктиду (с широтой более 70°). Наименьшее искажение площадей в центре Африки, в то время как вся площадь Африки наиболее искажена (значительно уменьшена). Линия нулевых искажений площадей пересекает средний меридиан на широтах $\leq 48^\circ$, представляет собой почти правильный эллипс (рис. 6.15).

Поликоническая проекция ЦНИИГАиК, вариант БСЭ (рис. 6.16). В данной проекции издаются карты в учебном атласе Мира, мировые карты в Большой советской энциклопедии (БСЭ), стенные политические карты, мировые климатические, природных зон.



Р и с . 6.16. Мировая карта в произвольной поликонической проекции ЦНИИГАиК, вариант БСЭ, с изоколами масштаба площадей P (а) и наибольшего искажения углов ω (б)

Проекция занимает среднее место между равноугольной и равно-великой, т. е. является произвольной. Экватор и средний меридиан — взаимоперпендикулярные прямые. Остальные меридианы — выпуклые кривые от среднего. Параллели — дуги эксцентрических окружностей

малой кривизны выпуклостью к экватору. Центры для проведения параллелей расположены на среднем меридиане или на его продолжении. Меридианы делят все параллели, включая экватор, на равные части. Параллели делят средний меридиан на неравные части, они возрастают от экватора к полюсам. Картографическая сетка очень похожа на вариант 1950 г. Две точки нулевых искажений расположены на среднем меридиане с широтой $\pm 53^\circ$. Главный масштаб длин сохраняется по параллелям с широтой 45° . Масштаб длин по экватору меньше на 20 % главного. Полюса изображаются дугой и в рамку карты не включаются. Искажения очертаний и углов значительно меньше, чем в варианте 1950 г. Наибольшие искажения очертаний и углов приходится также на приполярные территории и в углах рамки. Линия нулевых искажений тоже эллипс, но более вытянутый по большей оси, пересекает средний меридиан на широтах $\pm 40^\circ$, а экватор на долготах $\pm 140^\circ$ от среднего меридиана. В проекции сильно искажены: южная часть Южной Америки, Чукотка, Аляска, Гренландия, Северная Америка. Искажение углов до 50° . Материки, расположенные вблизи от экватора (Африка, Южная Америка, Австралия), значительно сжаты по долготе и растянуты по широте. Однако очертания Африки искажены меньше, чем Южная Америка и Австралия. Проекция плохо сохраняет площади материков. Например, площадь Гренландии превышает действительную в три раза.

Основные различия рассмотренных проекций следующие:

средний меридиан в варианте 1950 г. — 30° , в БСЭ — 40° ;

средний меридиан в варианте 1950 г. делится параллелями на равные промежутки. В варианте БСЭ меридианные промежутки возрастают к полюсам;

точки нулевых искажений расположены на среднем меридиане, но на разных широтах. Эллипсы искажений имеют различную форму;

отсюда разная величина и распределение искажений. Вариант БСЭ лучше сохраняет очертания, но хуже — площади.

Графический способ построения картографической сетки в поликонической проекции. Существует несколько способов построения поликонических проекций (как и других классов). Остановимся на графическом способе построения картографических сеток, как наиболее простом и понятном.

▽ 6.5. Построить графическим способом картографическую сетку в произвольной поликонической проекции ЦНИИГАиК, вариант 1950 г., на фрагмент карты Мира в масштабе 1 : 50 000 000, с частотой сетки $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 10^\circ$, ограниченной меридианами 50 и 110° , южная параллель равна 40° (рис. 6.17).

● Последовательность приемов построения для всех последующих рассматриваемых проекций будет примерно та же, как и при построении проекции Меркатора, но с некоторыми дополнительными особенностями. Например, при построении картографических сеток для карт, охватывающих сравнительно большую территорию в мелких

масштабах, в конических, азимутальных, поликонических и других проекциях используется «вспомогательная окружность», представляющая на чертеже шар, равновеликий с поверхностью земного эллипсоида. Эта вспомогательная окружность предназначена для предварительных расчетов и построений. Шар с поверхностью, равновеликой земному эллипсоиду, применяется для простоты построения проекций. Кроме того, на мелкомасштабных картах картометрические работы ограничены самим их масштабом.

Радиус шара, равновеликого с земным эллипсоидом, рассчитывают по формуле

$$R = a(1 - \frac{e^2}{b}) = 6371117,7 \text{ м},$$

где $a = 6378245,0$; $b = 6356863,0$; $e^2 = 0,006693$ — первый эксцентриситет.

Вычертив на чертеже вычисленным радиусом окружность (как правило, в увеличенном масштабе), для точности получим изображение шара на плоскости.

1. На вспомогательном чертеже в масштабе, укрупненном в четыре раза (1 : 25 000 000), проводим окружность радиусом

$$R = \frac{637111700}{25000000} = 25,74 \text{ см}.$$

2. Внутри окружности построим горизонтальный и вертикальный диаметры.

3. Левую и правую четверти окружности разбиваем на число меридиальных промежутков (т. е. в данном случае на девять).

4. В точки деления четвертей окружностей проводим радиусы.

5. К каждому радиусу проводим касательные до пересечения с продолжением вертикального диаметра окружности.

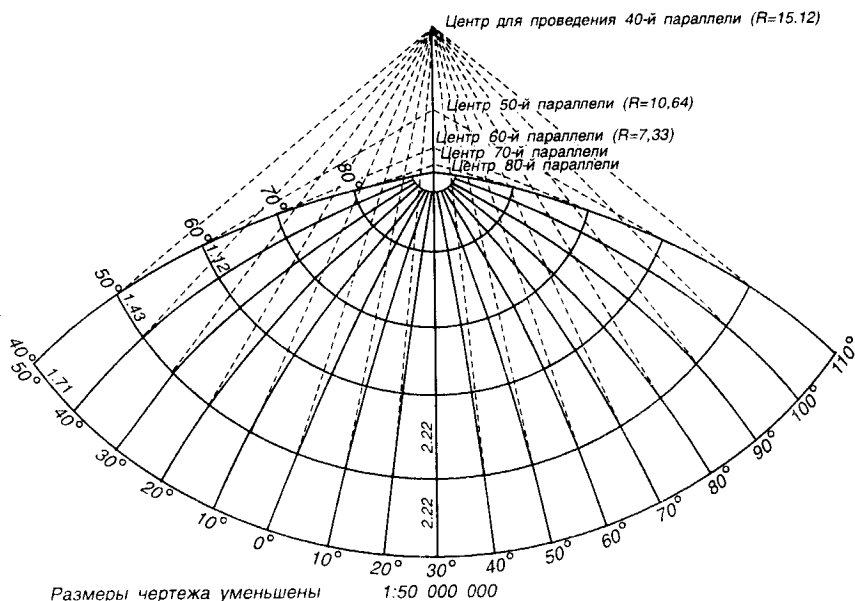
6. Пользуясь тем, что на вспомогательном чертеже для всех параллелей определены графическим построением все радиусы, приступаем к построению картографической сетки на окончательном чертеже. Для этого построим два взаимоперпендикулярных диаметра, которые принимаем за меридиан, равный 30° , и экватор (рис. 6.17).

7. Вычисляем в заданном масштабе 10-градусные промежутки по всем параллелям и меридианам (в заданной проекции промежутки по меридианам равны между собой), а также измеряем по вспомогательному чертежу радиусы параллелей.

Составляем таблицу вычислений.

8. Вертикальный диаметр разбиваем от экватора до полюсов на девять частей, это будут точки пересечения меридиана параллелями. Откладываем по меридиану соответствующие каждой параллели радиусы. Таким образом определяются центры проведения параллелей. Вычерчиваем параллели, каждую из своего центра.

9. На каждой параллели откладываем 10-градусные промежутки, включая экватор. Точки пересечения параллелей меридианами соединяем прямыми с их центрами.



Р и с . 6.17. Графический способ построения картографической сетки в поликонической проекции

10. Отрезками меридианов соединяем каждые две точки (с равной долготой) на двух соседних параллелях, начиная от экватора к полюсам. Меридианы в этом случае изображаются ломаными линиями.

Таблица 6.5. Таблица вычисления градусных промежутков по параллелям и меридианам

Величины	Широты									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
10-градусные промежутки по параллелям, мм	2,23	2,19	2,09	1,83	1,71	1,43	1,12	0,76	0,60	0,00
10-градусные промежутки по меридианам, мм	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
Радиусы параллелей, мм	—	72,05	34,85	21,95	15,12	10,64	7,33	4,62	2,24	0,00

11. Проводим плавные прямые — меридианы лекалом по следу ломаных линий.

12. Вычерчиваем рамки карты, оцифровываем меридианы и параллели. Полюса в рамку не включаются. Δ

∇ 6.6. Для проведения сравнительной оценки трудоемкости и точности работы рассмотрим еще один способ построения проекции — математический, т. е. путем вычисления координат узловых точек по приведенным ниже формулам:

$$\rho_{\varphi} = R \operatorname{ctg} \varphi \frac{1}{M}; \delta = \lambda \sin \varphi; x = \rho \cos \delta; y = \rho \sin \delta$$

Исходные данные для точек по параллели 40°

$$\rho_{40} = \frac{637111700}{5000000} \cdot 1,1918 = 15,19 \text{ см}; \delta = 10^{\circ} \cdot 0,6428 = 6^{\circ}26'$$

$$\begin{aligned}x_1 &= \rho \cos 6^{\circ}26' = 15,19 \cdot 0,9936 = 15,09 \\x_2 &= \rho \cos 12^{\circ}52' = 15,19 \cdot 0,9749 = 14,81 \\x_3 &= \rho \cos 19^{\circ}18' = 15,19 \cdot 0,9438 = 14,34 \\x_4 &= \rho \cos 25^{\circ}44' = 15,19 \cdot 0,9008 = 13,68 \\x_5 &= \rho \cos 32^{\circ}10' = 15,19 \cdot 0,8464 = 12,86 \\x_6 &= \rho \cos 38^{\circ}36' = 15,19 \cdot 0,7815 = 11,87 \\x_7 &= \rho \cos 45^{\circ}02' = 15,19 \cdot 0,7064 = 10,73 \\x_8 &= \rho \cos 51^{\circ}28' = 15,19 \cdot 0,4797 = 9,46\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_1 &= \rho \sin 6^{\circ}26' = 15,19 \cdot 0,1120 = 1,70 \\y_2 &= \rho \sin 12^{\circ}52' = 15,19 \cdot 0,2227 = 3,38 \\y_3 &= \rho \sin 19^{\circ}18' = 15,19 \cdot 0,3305 = 5,02 \\y_4 &= \rho \sin 25^{\circ}44' = 15,19 \cdot 0,4342 = 6,60 \\y_5 &= \rho \sin 32^{\circ}10' = 15,19 \cdot 0,5323 = 8,09 \\y_6 &= \rho \sin 38^{\circ}36' = 15,19 \cdot 0,6239 = 9,48 \\y_7 &= \rho \sin 45^{\circ}02' = 15,19 \cdot 0,7075 = 10,75 \\y_8 &= \rho \sin 61^{\circ}20' = 15,19 \cdot 0,7822 = 11,88\end{aligned}$$

Исходные данные для точек по параллели 50°

$$\rho_{50} = \frac{637111700}{5000000} \cdot 0,8391 = 10,69 \text{ см}; \delta = 10^{\circ} \cdot 0,7660 = 7^{\circ}40'$$

$$\begin{aligned}x_1 &= \rho \cos 7^{\circ}40' = 10,69 \cdot 0,9921 = 10,61 \\x_2 &= \rho \cos 15^{\circ}20' = 10,69 \cdot 0,9644 = 10,31 \\x_3 &= \rho \cos 23^{\circ}00' = 10,69 \cdot 0,9205 = 9,84 \\x_4 &= \rho \cos 30^{\circ}40' = 10,69 \cdot 0,8601 = 9,19 \\x_5 &= \rho \cos 38^{\circ}20' = 10,69 \cdot 0,7844 = 8,39 \\x_6 &= \rho \cos 46^{\circ}00' = 10,69 \cdot 0,6947 = 7,43 \\x_7 &= \rho \cos 53^{\circ}40' = 10,69 \cdot 0,5925 = 6,33 \\x_8 &= \rho \cos 61^{\circ}20' = 10,69 \cdot 0,4797 = 5,13\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_1 &= \rho \sin 7^{\circ}40' = 10,69 \cdot 0,1948 = 1,33 \\y_2 &= \rho \sin 15^{\circ}20' = 10,69 \cdot 0,2644 = 2,83 \\y_3 &= \rho \sin 23^{\circ}00' = 10,69 \cdot 0,3907 = 4,18 \\y_4 &= \rho \sin 30^{\circ}40' = 10,69 \cdot 0,5100 = 5,45 \\y_5 &= \rho \sin 38^{\circ}20' = 10,69 \cdot 0,6202 = 6,63 \\y_6 &= \rho \sin 46^{\circ}00' = 10,69 \cdot 0,7193 = 7,69 \\y_7 &= \rho \sin 53^{\circ}40' = 10,69 \cdot 0,8059 = 8,81 \\y_8 &= \rho \sin 61^{\circ}20' = 10,69 \cdot 0,8744 = 9,40\end{aligned}$$

Исходные данные для точек по параллели 60°

$$\rho_{60} = \frac{637111700}{5000000} \cdot 0,5774 = 7,36 \text{ см}; \delta = 10^{\circ} \cdot 0,8660 = 8^{\circ}40'$$

$$\begin{aligned}x_1 &= \rho \cos 8^{\circ}40' = 7,36 \cdot 0,9886 = 7,28 \\x_2 &= \rho \cos 17^{\circ}20' = 7,36 \cdot 0,95461 = 7,03 \\x_3 &= \rho \cos 26^{\circ}00' = 7,36 \cdot 0,89886 = 6,22 \\x_4 &= \rho \cos 34^{\circ}40' = 7,36 \cdot 0,8225 = 6,05 \\x_5 &= \rho \cos 43^{\circ}20' = 7,36 \cdot 0,7274 = 5,35 \\x_6 &= \rho \cos 52^{\circ}00' = 7,36 \cdot 0,6157 = 4,68 \\x_7 &= \rho \cos 60^{\circ}40' = 7,36 \cdot 0,4899 = 3,61 \\x_8 &= \rho \cos 69^{\circ}20' = 7,36 \cdot 0,3515 = 2,59\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_1 &= \rho \sin 8^{\circ}40' = 7,36 \cdot 0,1440 = 1,06 \\y_2 &= \rho \sin 17^{\circ}20' = 7,36 \cdot 0,2979 = 2,19 \\y_3 &= \rho \sin 26^{\circ}00' = 7,36 \cdot 0,4384 = 3,23 \\y_4 &= \rho \sin 34^{\circ}40' = 7,36 \cdot 0,5688 = 4,19 \\y_5 &= \rho \sin 43^{\circ}20' = 7,36 \cdot 0,6862 = 5,05 \\y_6 &= \rho \sin 52^{\circ}00' = 7,36 \cdot 0,7880 = 5,80 \\y_7 &= \rho \sin 60^{\circ}40' = 7,36 \cdot 0,8719 = 6,42 \\y_8 &= \rho \sin 69^{\circ}20' = 7,36 \cdot 0,9356 = 6,89\end{aligned}$$

Исходные данные для точек по параллели 70°

$$\rho_{70} = \frac{637111700}{50000000} \cdot 0,3640 = 4,64 \text{ см}; \delta = 10^\circ \cdot 0,9397 = 9^\circ 24'$$

$$\begin{aligned}x_1 &= \rho \cos 9^\circ 24' = 4,64 \cdot 0,9865 = 4,58 \\x_2 &= \rho \cos 18^\circ 48' = 4,64 \cdot 0,9466 = 4,39 \\x_3 &= \rho \cos 28^\circ 12' = 4,64 \cdot 0,8812 = 4,09 \\x_4 &= \rho \cos 37^\circ 36' = 4,64 \cdot 0,7922 = 3,68 \\x_5 &= \rho \cos 47^\circ 00' = 4,64 \cdot 0,6820 = 3,16 \\x_6 &= \rho \cos 56^\circ 24' = 4,64 \cdot 0,5534 = 2,57 \\x_7 &= \rho \cos 65^\circ 48' = 4,64 \cdot 0,4099 = 1,90 \\x_8 &= \rho \cos 75^\circ 12' = 4,64 \cdot 0,2554 = 1,19\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_1 &= \rho \sin 9^\circ 24' = 4,64 \cdot 0,1628 = 0,75 \\y_2 &= \rho \sin 18^\circ 48' = 4,64 \cdot 0,3223 = 1,50 \\y_3 &= \rho \sin 28^\circ 12' = 4,64 \cdot 0,4726 = 2,19 \\y_4 &= \rho \sin 37^\circ 36' = 4,64 \cdot 0,6101 = 2,83 \\y_5 &= \rho \sin 47^\circ 00' = 4,64 \cdot 0,7314 = 3,39 \\y_6 &= \rho \sin 56^\circ 24' = 4,64 \cdot 0,8329 = 3,86 \\y_7 &= \rho \sin 65^\circ 48' = 4,64 \cdot 0,9121 = 4,23 \\y_8 &= \rho \sin 75^\circ 12' = 4,64 \cdot 0,9668 = 4,49\end{aligned}$$

Исходные данные для точек по параллели 80°

$$\rho_{80} = \frac{637111700}{50000000} \cdot 0,1763 = 2,25 \text{ см}; \delta = 10^\circ \cdot 0,9848 = 9^\circ 51'$$

$$\begin{aligned}x_1 &= \rho \cos 9^\circ 51' = 2,22 \cdot 0,9825 = 2,22 \\x_2 &= \rho \cos 19^\circ 42' = 2,25 \cdot 0,9414 = 2,12 \\x_3 &= \rho \cos 29^\circ 33' = 2,25 \cdot 0,6899 = 1,96 \\x_4 &= \rho \cos 39^\circ 24' = 2,25 \cdot 0,7727 = 1,74 \\x_5 &= \rho \cos 49^\circ 15' = 2,25 \cdot 0,6528 = 1,47 \\x_6 &= \rho \cos 59^\circ 06' = 2,25 \cdot 0,5135 = 1,16 \\x_7 &= \rho \cos 68^\circ 57' = 2,25 \cdot 0,3592 = 0,81 \\x_8 &= \rho \cos 78^\circ 48' = 2,25 \cdot 0,1942 = 0,44\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_1 &= \rho \sin 9^\circ 51' = 2,25 \cdot 0,1710 = 0,38 \\y_2 &= \rho \sin 19^\circ 42' = 2,25 \cdot 0,3371 = 0,76 \\y_3 &= \rho \sin 29^\circ 33' = 2,25 \cdot 0,4932 = 1,11 \\y_4 &= \rho \sin 39^\circ 24' = 2,25 \cdot 0,6347 = 1,43 \\y_5 &= \rho \sin 49^\circ 15' = 2,25 \cdot 0,7575 = 1,70 \\y_6 &= \rho \sin 59^\circ 06' = 2,25 \cdot 0,8581 = 1,93 \\y_7 &= \rho \sin 68^\circ 57' = 2,25 \cdot 0,9333 = 2,10 \\y_8 &= \rho \sin 78^\circ 48' = 2,25 \cdot 0,9809 = 2,21\end{aligned}$$

Из рассмотренных выше двух способов (графического и математического) построения картографической сетки следует сделать следующие выводы:

математический способ применяют при построении сложных картографических косых, видоизмененных сеток географических карт. Узловые точки наносят по координатам точно и быстро, работы хорошо контролируются и не требуют применения увеличенных размеров инструментов и форматов бумаги;

графический способ используют при построении простейших проекций с нормальными и поперечными сетками для школьных карт-схем.

Сравнение двух способов показало, что, соблюдая в точности все графические правила построения (довольно простой картографической сетки), невозможно добиться точности построения, нет выигрыша во времени, не говоря о том, что пришлось столкнуться с трудновыполнимыми графическими операциями.

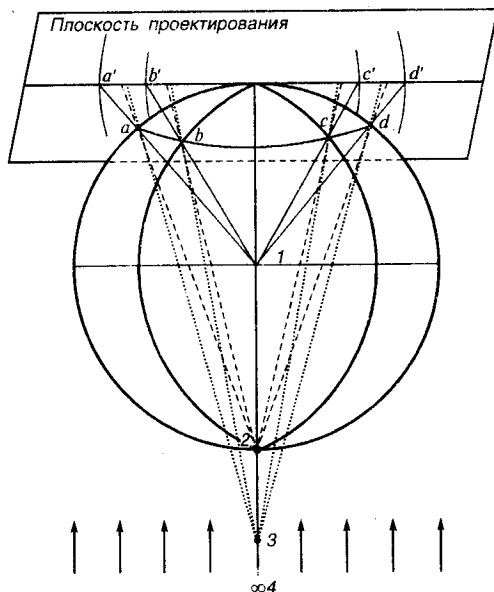
6.10. Азимутальные проекции для карт полушарий, материков

Построение азимутальных проекций происходит в результате проектирования узловых точек картографической сетки земного эллипсоида на плоскость проектирования (картинную плоскость) лучами, исходящими из какой-либо точки проектирования (точки зрения). В азимутальных проекциях изображаются значительные территории земной поверхности (полушария, материки, страны) в мелком масштабе, поэтому при построении карт Земля принимается за шар с радиусом, вычисленным по формуле

$$R = a(1 - e^2/b).$$

В этом случае погрешности построения не превышают графической точности на картах, на которых не предусматриваются картометрические измерения. Все азимутальные проекции по способам построения картографической сетки подразделяют на перспективные и неперспективные. Перспективные проекции строят при помощи плоскости проектирования и точки проектирования, неперспективные — на плоскости проектирования (иначе нельзя), касательной к точке земного шара, но не методом проектирования, а по особым правилам построения сетки, т. е. применяя какие-то определенные математические условия (формулы).

Основой классификации азимутальных проекций картографии являются различные расположения плоскости проектирования и точки проектирования. Плоскости проектирования редко бывают секущими. По расположению касательной плоскости проектирования азимутальные проекции подразделяют на нормальные, поперечные и косые. В зависимости от расположения точки проектирования азимутальные проекции под-



Р и с. 6.18. Азимутальные проекции:

1 — центральные; 2 — стереографические; 3 — внешние; 4 — ортографические

разделяют на центральные, стереографические, внешние и ортогональные (рис. 6.18).

Нормальные азимутальные проекции образуются тогда, когда касательная плоскость касается точек полюсов; поперечные — касательная плоскость касается любой точки на экваторе; косые — касательная плоскость касается любой точки, расположенной между экватором и полюсами земного шара.

Центральные азимутальные проекции образуются тогда, когда узловые точки картографической сетки на земном шаре проектируются на касательную плоскость из точки, расположенной в точке шара; стереографические, когда точка проектирования расположена на сфере; внешние, когда точка проектирования расположена на каком-то конечном расстоянии между сферой и бесконечностью; ортогональные, когда точка проектирования расположена в бесконечности (лучи, исходящие из нее, — пучок параллельных прямых).

6.10.1. Нормальная равнопромежуточная по меридианам азимутальная проекция Постеля

Разработана французским математиком Постелем (1510—1581) для составления географических карт северного и южного полушарий, приполярных стран в нормальном или косом построении картографических сеток. Проекцию применяют для тематических и специальных карт. Например, для сейсмических (вулканических) карт с кратером вулкана в центральной точке; аэронавигационных карт с аэропортом в центральной точке; некоторых климатических карт. Ценными свойствами проекции является сохранение при центральной точке азимутов направлений, а также расстояний от центральной точки до любой другой.

Графический способ построения картографической сетки. Рассмотрим графический способ построения картографической сетки в проекции Постеля.

∇ 6.7. Построить графическим способом картографическую сетку в нормальной равнопромежуточной по меридианам азимутальной проекции Постеля карту Северного полушария в масштабе 1 : 50 000 000 с частотой сетки $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 10^\circ$ (рис. 6.19, 6.20).

1. На вспомогательном чертеже проводим окружность радиусом

$$R = a(1 - e^2/b).$$

Это радиус для шара, равновеликого с земным эллипсоидом, в заданном (лучше увеличенном) масштабе:

$$R = \frac{637111700}{50000000} = 12,74 \text{ см.}$$

2. Внутри окружности точно проводим вертикальный и горизонтальный диаметры.

3. Левую верхнюю часть окружности делим на число градусных (меридиальных) промежутков, т. е. на девять частей.

4. Проводим касательную прямую к вертикальному диаметру окружности.

5. Измеряем циркулем промежуток дуги в 10° от точки касания и откладываем его по прямой касательной девять раз. Расстояния от нанесенных точек до точки касания и будут последовательно радиусами для проведения параллелей.

6. На окончательном чертеже проводим карандашом два взаимоперпендикулярных диаметра. Из точки их пересечения (центральной точки) последовательно радиусами, снятыми с вспомогательного чертежа, проводим окружности (параллели), начиная с большого круга.

7. Для проведения меридианов разбиваем каждую четверть большого круга на девять частей. Проводим через противоположные точки в четвертях окружности прямые (меридианы) так, чтобы они точно проходили через центр окружности.

8. Вычерчиваем рамку карты, оцифровываем меридианы, параллели и оформляем чертеж.

● Построение вспомогательного чертежа в данном случае можно не делать. Взамен его следует на окончательном чертеже провести окружность экватора радиусом, равным выпрямленной дуге четверти окружности, т. е.

$$\rho_0 = \frac{2\pi R}{4} \cdot \frac{1}{M} = \frac{3,141592 \cdot 637111700}{2 \cdot 50000000} = 20,01 \text{ см.}$$

Для проведения других параллелей каждый полу диаметр разбивается на девять частей и через точки деления проводятся окружности (параллели).

Математический способ построения проекции. По формуле $\rho = 2\pi R \frac{90^\circ - \varphi}{360^\circ \cdot M}$ вычисляем радиус и данные вычисления заносим в табл. 6.6.

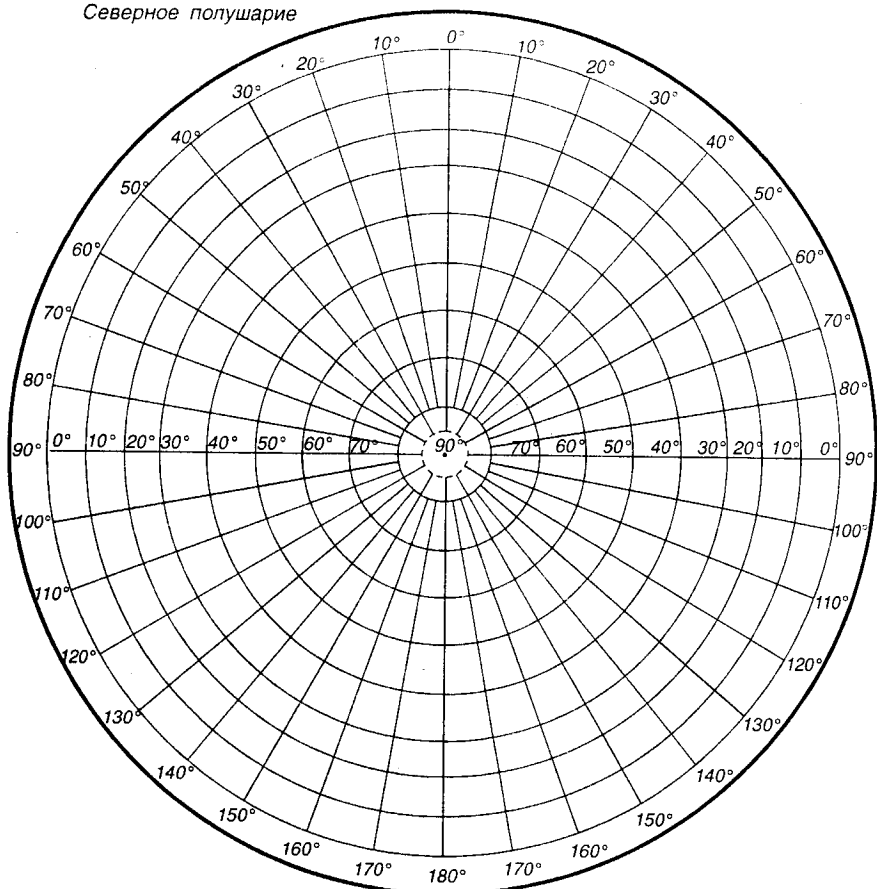


Рис. 6.19. Вспомогательный чертеж для построения картографической сетки в проекции Постеля (чертеж уменьшен)

Таблица 6.6. Таблица для вычисления R в проекции Постеля

φ°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$90^\circ - \varphi$	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°
$\frac{90^\circ - \varphi}{360^\circ}$	0,250	0,222	0,194	0,167	0,139	0,111	0,083	0,055	0,027	0,000
ρ , см	20,01	17,78	15,23	13,31	11,12	8,81	6,67	4,44	2,22	0,00

Северное полушарие



1:50000000

Р и с . 6.20. Картографическая сетка в нормальной равнопромежуточной азимутальной проекции (чертеж уменьшен в 8 раз)

6.10.2. Равновеликие азимутальные проекции Ламберта

Разработаны немецким ученым, французом по происхождению, Иоганном Генрихом Ламбертом (1728—1777). Ему принадлежат крупнейшие научные открытия в самых различных областях: математики, астрономии, картографии, физики, философии, языкознании и др.

Например, в математике он доказал иррациональность числа π , в астрономии провел исследования кометных орбит, в физике дал теорию отражения света матовыми поверхностями и рефракции света, первый предложил идею универсального языка знаков (семиотики), в картографии разработал теорию изображения крупных сферических поверхностей на плоскости. Его картографические равновеликие азимутальные проекции таких значительных территорий, как материка, стали основными среди других для карт полушарий. Так, поперечная равновеликая азимутальная проекция Ламберта стала основной для карт западного и восточного полушарий, материка Африки. Косая равновеликая азимутальная проекция Ламберта применяется для карт на все другие материка, расположенные на земном шаре в положении между экватором и полюсами. С 1938 г. все физические, политические, административные и другие карты на указанные выше территории (пусть это будут карты атласов либо настенные, либо книжные) строятся именно в данной проекции. Такими картами (в равновеликой проекции сохраняется соотношение площадей объектов) исключительно удобно пользоваться в школьном курсе изучения географии.

Поперечная равновеликая азимутальная проекция Ламберта. В этой проекции параллели — кривые, направленные выпуклостью к экватору, меридианы — кривые, направленные выпуклостью от среднего меридиана. Только средний меридиан и экватор — взаимоперпендикулярные прямые. Расстояния между соседними параллелями по среднему меридиану и между соседними меридианами по экватору медленно уменьшаются от центральной точки к краям карты. Точка нулевых искажений углов, площадей и длин в проекции расположена в центральной точке полушария, материка, в пересечении среднего меридиана территории с экватором. Изоколы в проекции являются окружностями, искажения возрастают по радиусам одинаково. В направлении от центра к краям карты масштаб длин по экватору убывает в 0,7 раза, а по меридиану возрастает до 1,4 раза. Это означает, что проекция правильно сохраняет во всех точках карты соотношение площадей географических объектов, но значительно искажает их очертания и углы. Наибольшее искажение зависит от величины объекта (материка). Например, на карте Австралии угловые искажения в пределах материка равны 2—3°, искажения очертаний и длин тоже незначительные; для Чукотского полуострова (Евразия) угловые искажения около 20°, искажения очертаний и длин заметны на глаз.

Косая равновеликая азимутальная проекция Ламберта (см. рис. П8,

прилож. 1) только средний меридиан центральной точки — прямой. Остальные меридианы — кривые, обращенные выпуклостью от среднего меридиана. Параллели также кривые.

Расстояния между соседними параллелями по среднему меридиану незначительно уменьшаются от центральной точки материка к северу и югу. При удалении от среднего меридиана к западу и востоку расстояния между меридианами постепенно на каждой параллели увеличиваются.

Изоколы в проекции — также концентрические окружности, проведенные переменными радиусами из центральной точки. Распределение искажений примерно такое же, как в поперечной проекции.

Недостатками проекции являются значительное искажение материка Евразии по северной рамке, а также ощутимые искажения длин и углов Чукотского и Пиренейского полуостровов.

Произвольная условная проекция ЦНИИГАиК применяется специально для стенных искаженных карт Евразии. Она разработана на основе азимутальных проекций и заранее заданного вида картографической сетки. Основными условиями при ее разработке являлись: построение более пологих параллелей (уменьшение изгиба материка), а также изображение Европы в увеличенном масштабе площадей. Меридианы и параллели в проекции — кривые малой кривизны, выпуклостью от среднего меридиана, и параллели, выпуклостью от северного полюса. Только средний меридиан (80°) — прямолинейный. Особенность картографической сетки — ее несимметричность относительно среднего меридиана. В западной части карты расстояние между меридианами больше, чем в восточной. Линия нулевых искажений площадей P — кривая сложной формы.

Внутри линии масштаб площадей P составляет 0,95, за линией в пределах материка достигает 1,1, а за его пределами искажения P нарастают быстро. Таким образом, на территории Евразии в проекции искажения площадей зрительно не ощущаются. Искажения углов минимальны (до 3°) к югу от параллели 40° , наибольшее искажение углов (до 30°) распределено по северному побережью материка. В проекции выделяются три точки, где искажение углов не превышает $2,5^\circ$ (в центре Индостана и севере Африки искажения составляют $0,5^\circ$, в точке пересечения среднего меридиана с параллелью 60° они равны $2,5^\circ$).

6.10.3. Равновеликость в азимутальных проекциях

Условие равновеликости площадей на карте и земном шаре Ламберт сформулировал так: *боковая поверхность шарового сегмента на Земном шаре, ограниченная параллелью с широтой φ , должна быть равна площади круга на плоскости (на карте), образованного этой же параллелью*

лелью. Это и есть условие эквивалентности площадей на карте и на шаре.

Условие равновеликости площадей на карте и Земном шаре доказывают приведенные ниже формулы (рис. 6.21):

$$S_{ш.с} PAB = 2\pi RH; S_{крута} = \pi \rho^2,$$

где $S_{ш.с}$, $S_{крута}$ — площади шарового сегмента и круга;

$$2\pi R H = \pi \rho^2; 2R H = \rho^2; \rho^2 = 2R H;$$

$$H = R - OC; OC = R \cos(90^\circ - \varphi).$$

Тогда

$$H = R - R \cos(90^\circ - \varphi) = R[1 -$$

$$- \cos(90^\circ - \varphi)] = 2R \sin^2 \frac{90^\circ - \varphi}{2};$$

$$\rho^2 = 2R \cdot 2R \sin^2 \frac{90^\circ - \varphi}{2}; \rho = 2R \sin \frac{90^\circ - \varphi}{2}.$$

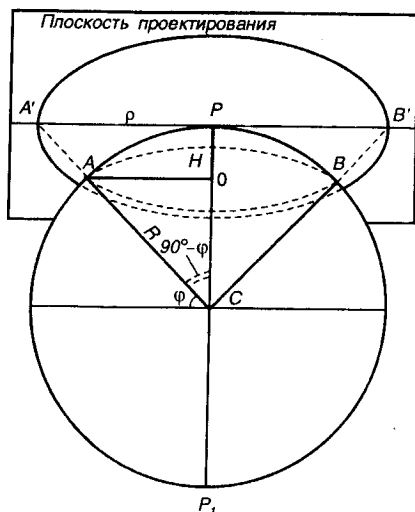


Рис. 6.21. Равновеликость в азимутальных проекциях

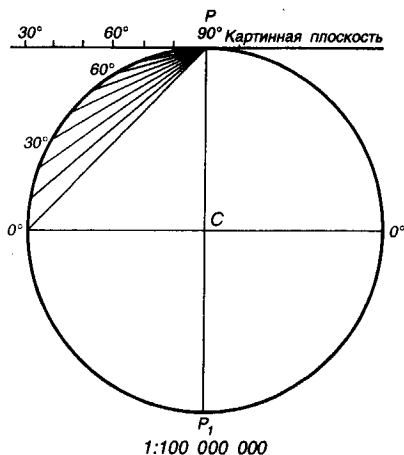


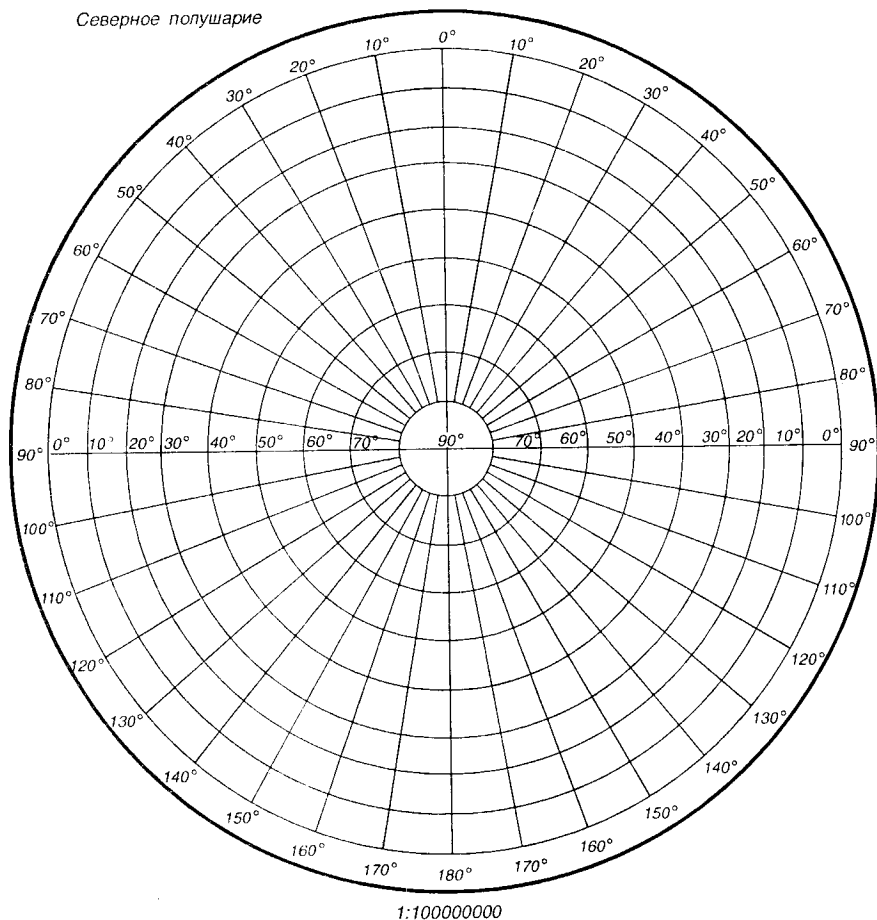
Рис. 6.22. Вспомогательный чертеж для построения проекции Ламберта (чертеж уменьшен)

Из последней формулы следует вывод, что достаточно провести на плоскости окружность радиусом $\rho = 2R \sin \frac{90^\circ - \varphi}{2}$, ее площадь будет эквивалентной площади на Земном шаре, ограниченной параллелью с широтой φ .

Графический способ построения картографической сетки. Равновеликая азимутальная проекция Ламберта с нормальной сеткой встречается редко, но именно на этой проекции можно показать наглядно графический способ построения сетки.

У 6.8. Построить картографическую сетку в нормальной равновеликой азимутальной проекции

Северное полушарие



Р и с . 6.23. Картографическая сетка в нормальной равновеликой азимутальной проекции Ламберта (чертеж уменьшен)

Ламберта для карты северного полушария в масштабе 1 : 100 000 000 с частотой сетки $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 10^\circ$ (рис. 6.22, 6.23).

1. На вспомогательном чертеже проводим окружность радиусом для шара, равновеликого с земным эллипсоидом, т. е.

$$R = a(1 - \frac{e^2}{b}) \frac{1}{M} = \frac{637111700}{5000000} = 6,37 \text{ см.}$$

2. Внутри окружности чертим (возможно точно) два взаимоперпендикулярных диаметра.

3. Дугу левой верхней четверти окружности разбиваем на число меридиальных промежутков, т. е. на девять частей.

4. Точки деления четверти окружности соединяем прямыми с точкой полюса (центральной точкой).

5. На окончательном чертеже проводим также два взаимоперпендикулярных диаметра и из точки их пересечения радиусами, снятыми с чертежа, проводим окружности (параллели), начиная с самой большой.

6. Для проведения меридианов каждую четверть окружности делим на девять частей (по большому кругу). Противоположные точки деления в четвертях окружности соединяем прямыми, точно секущими центральную точку проекции.

7. Вычерчиваем рамку карты, оцифровываем меридианы и параллели, оформляем чертеж.

Математический способ построения проекции. По формуле

$$\rho = 2R \sin \frac{90^\circ - \varphi}{2}$$

вычисляем радиус каждой параллели.

Данные вычисления радиуса заносим в табл. 6.7.

Таблица 6.7. Вычисление радиусов параллелей

φ°	$\sin \frac{90^\circ - \varphi}{2}$	\sin	$2R$ (в масштабе)	ρ , см	Меридиальные отрезки	Величины изменений
0	45	0,7071	12,7422	9,01	—	—
10	40	0,6428	"	8,18	0,83	—
20	35	0,5736	"	7,31	0,87	0,04
30	30	0,5000	"	6,37	0,92	0,05
40	25	0,4226	"	5,18	0,97	0,05
50	20	0,3420	"	4,36	1,02	0,05
60	15	0,2588	"	3,30	1,06	0,04
70	10	0,1736	"	2,21	1,09	0,03
80	5	0,0872	"	1,11	1,11	0,02
90	0	0,0000	12,7422	0,00	—	

6.11. Картографические проекции для карт океанов

Морские навигационные или справочные океанологические карты, предназначенные для мореплавания, составляются в стандартных равноугольных цилиндрических проекциях Меркатора. Для карт Север-

ного Ледовитого океана, где проекция Меркатора не может применяться, используют нормальную равноугольную азимутальную (стереографическую) проекцию, для карт Тихого и Индийского океанов — проекцию Чебышева, Индийского океана — косую стереографическую. Такие карты океанов, как рельефы морского дна, гидрологические, гидробиологические, геоморфологические, грунтов морского дна и другие, на которых требуется правильно передать формы и размеры географических объектов, составляются в равновеликих проекциях или в проекциях с небольшими искажениями площадей. Кроме этого, учитываются такие условия, как конфигурация изображаемых океанов, а также в каком сочетании должны изображаться океаны на картах.

Например, для карт Тихого океана применяется произвольная проекция ЦНИИГАиК с приспособленными изоколами. В этой проекции аппроксимирование сеток видоизменяется или от изображения географических полюсов (точками, прямыми, кривыми), или от условий симметрии сетки относительно среднего меридиана и экватора, или от вида изображения среднего меридиана и экватора (прямыми или кривыми линиями) для карт Тихого океана и Антарктики, Индийского океана (косая азимутальная проекция); для совместного изображения Тихого и Индийского океанов — произвольная псевдоцилиндрическая (синусоидная) проекция Н.А. Урмаева; для карт Атлантического океана — косая поперечная произвольная с овальными изоколами проекция ЦНИИГАиК; для совместного изображения Атлантического и Северного Ледовитого океанов — косая псевдоазимутальная проекция ЦНИИГАиК.

● Аппроксимация (лат.) — приближение, замена одних математических объектов другими, близкими к исходным. В данном случае происходит аппроксимация поперечной псевдоазимутальной проекции.

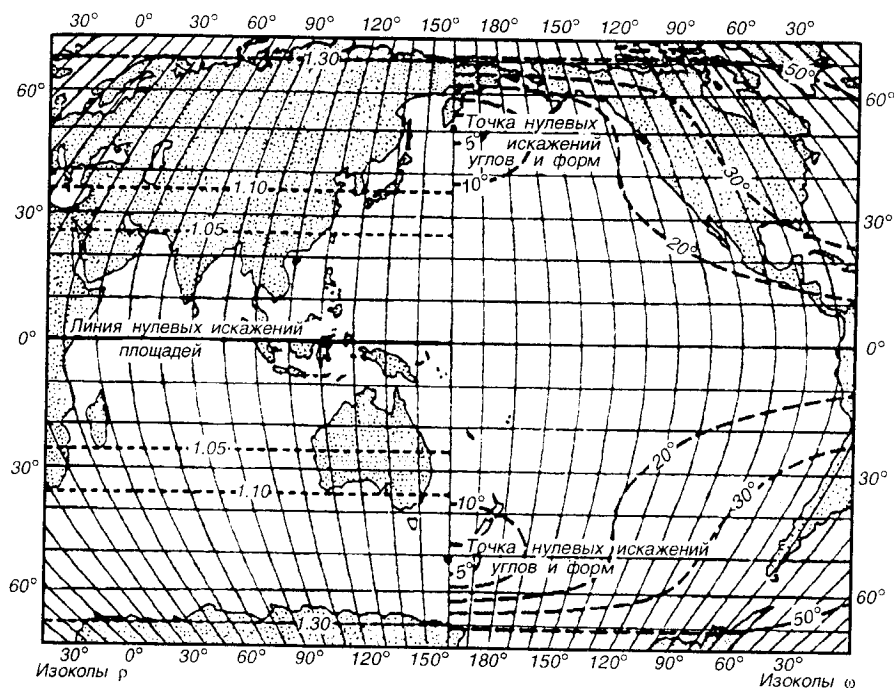
6.11.1. Произвольная псевдоцилиндрическая синусоидальная проекция Н.А. Урмаева

Из множества псевдоцилиндрических проекций в СССР наибольшее применение для карт мира (океанов) получила произвольная псевдоцилиндрическая проекция Н.А. Урмаева (рис. 6.24). Для карт Тихого и Индийского океанов эта проекция стала основной. Достоинством проекции является выполнение условий:

достигается более благоприятное распределение искажений углов за счет допущения искажений площадей;

улучшается изображение форм материков.

Проекция занимает промежуточное положение между равновеликой и равноугольной проекциями, но тяготеет к равновеликой. Соот-



Р и с . 6.24. Карта Тихого океана в псевдоцилиндрической проекции Урмаева с небольшими искажениями площадей, с изоколами масштаба площадей ρ и наибольшего искажения углов ω

ношение площадей и углов в проекции заметно изменяется. Картографическая сетка симметрична относительно среднего прямолинейного меридиана и экватора. Параллели — равноразделенные, изображаются прямыми, параллельными экватору. Расстояние между ними (меридиальные отрезки) уменьшаются от экватора к полюсам. В качестве среднего меридиана выбирается меридиан с долготой 160° . Две точки нулевых искажений углов лежат на среднем меридиане на широте $\pm 51^\circ$.

Наибольшее искажение углов $\omega = 15^\circ$ на экваторе внутри акватории Тихого океана.

Изоколы площадей имеют вид прямых, параллельных экватору, и совпадают с параллелями. Сам экватор является линией нулевых искажений площадей. Линии нулевых искажений длин идут по параллели $\pm 42^\circ$. Форма изокол искажений углов хорошо соответствует очертаниям береговой линии Тихого океана, особенно в его северной половине.

6.11.2. Равновеликая синусоидальная псевдоцилиндрическая проекция Сансона

Великие географические открытия конца XV и начала XVI вв. повлекли за собой освоение новых земель и порабощение древнейших культур. Назрела потребность в улучшении мировых карт для учета колониальных владений и дальнейшего захвата все новых и новых стран. Французский картограф Сансон предложил в 1650 г. равновеликую проекцию с сохранением главного масштаба по параллелям. Это было удобно для мореплавателей, основные пути которых пересекали Атлантический океан именно по параллелям. Картографическая сетка представляет собой: параллели — параллельные прямые (включая экватор), равноразделенные меридианами, меридианы, кроме среднего — кривые (синусоиды). Проекция обладает равновеликими свойствами, так как основания и высоты образуемых в проекции трапеций равны по длине соответствующим дугам меридианов и параллелей. Следовательно, сферические трапеции Земного шара равновелики трапециям сетки. Главный масштаб сохраняется по среднему меридиану, экватору и по всем параллелям. На остальных меридианах частный масштаб будет больше главного. Линиями нулевых искажений являются средний меридиан и экватор. Искажения форм очертаний географических объектов не происходят вдоль экватора и среднего меридиана, по этим направлениям проекция обладает конформными свойствами. Искажение форм объектов увеличивается с удалением от экватора и среднего меридиана. Проекцию Сансона выгодно применять для школьных карт Африки, Южной Америки, Австралии и для карт территорий, вытянутых по широте и мало вытянутых по долготе.

Графический способ картографического построения сетки. При этом способе осуществляют следующие действия:

1. Проводят две взаимоперпендикулярные прямые, которые принимают за средний меридиан и экватор. Пользуясь таблицами длин дуг меридианов и параллелей, на среднем меридиане откладывают к северу и югу от экватора меридиальные отрезки заданной частоты картографической сетки (5° , 10° , 15°) в масштабе построения. Через точки деления на среднем меридиане параллельно экватору проводят параллели.
2. На параллелях откладывают отрезки между меридианами (по числу меридианов карты).
3. Через соответствующие точки деления экватора и параллелей с помощью лекал проводят меридианы.
4. Далее вычерчивают внешнюю рамку карты и оцифровывают меридианы и параллели.

Математический способ построения сетки. Математический способ вычисления координат узловых точек картографической сетки выполняется при помощи формул

$$x = \rho\varphi; y = \rho\lambda \cos \varphi,$$

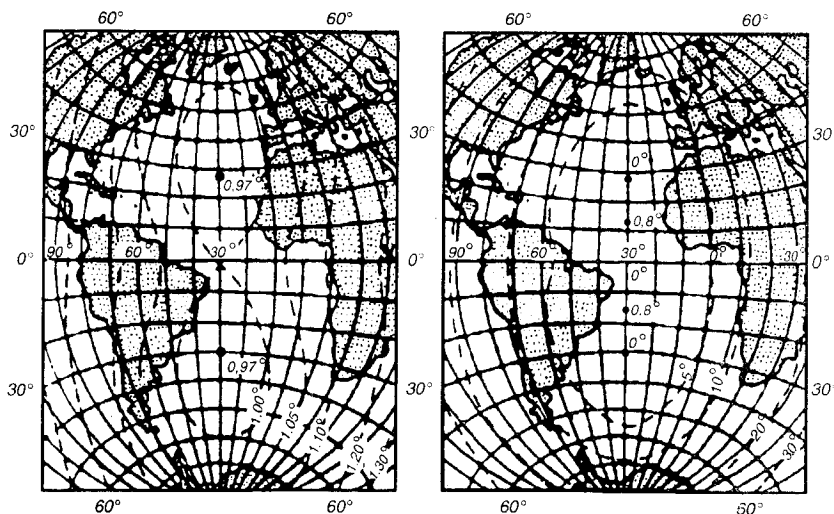
где x — расстояние от экватора до каждой параллели; R — радиус Земного шара; φ — широта параллели; λ — долгота меридиана.

Построив экватор и перпендикулярно к нему средний меридиан, за ось y принимается экватор, за ось x — средний меридиан.

Для ускорения работы пользуются таблицами длин дуг меридианов и параллелей, в зависимости от широты.

6.11.3. Условная косая с овальными изоколами проекция ЦНИИГАиК (псевдоазимутальная) Т.Д. Салмановой

Данная проекция разработана для карт Атлантического океана или карт Атлантического и Северного Ледовитого океанов, для территорий, имеющих обобщенный контур на основе псевдоазимутальной, близкой к овалу, проекции. Картографическая сетка имеет вид: параллели и экватор изображаются эксцентрическими окружностями, меридианы — кривыми, симметричными относительно среднего прямолинейного меридиана с долготой 30° . Эта проекция занимает промежуточное положение по виду сетки между азимутальными и псевдоконическими проекциями. По характеру искажений проекция произвольная. Занимает промежуточное положение между равновеликой и равнопромежуточной проекциями, но тяготеет больше к равновеликой. Линия нулевых искажений площадей имеет форму восьмерки и пересекает средний меридиан на широтах 34° , 25° и 84° (рис. 6.25). Имеет три точки



Р и с . 6.25. Условная косая с овальными изоколами проекции ЦНИИГАиК

нулевых искажений углов, расположенных на среднем меридиане на широтах 5, 25 и 55°. Изоколы углов и площадей имеют форму овала. В пределах акватории океанов значение $\omega = 15^\circ$, масштаб площадей $P = 1,15$.

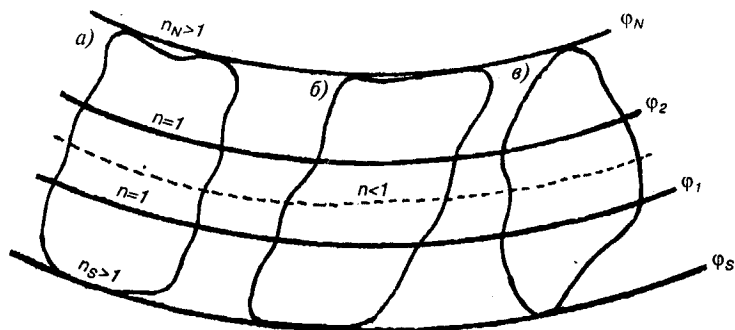
6.12. Конические проекции для карт СНГ и зарубежных стран

Наилучшими проекциями для карт СНГ являются нормальные конические проекции с двумя стандартными параллелями (на секущем конусе). Выбор конических проекций, прежде всего, объясняется размером территории, особенностью конфигурации, географическим положением на Земном шаре, распределением искажений на всей территории. Над улучшением свойств конических проекций много работали русские ученые В.В. Витковский, А.А. Михайлов, В.В. Каврайский, М.Д. Соловьев, В.М. Богинский. Исследованием проекций занимались известные русские математики П.Л. Чебышев, И.П. Граве, Н.А. Урмаев и др.

Выбор стандартных параллелей для карт в конических проекциях имеет исключительно важное значение, от их выбора зависит рациональное распределение искажений на картографируемой территории. Рассмотрим предложенные В.В. Каврайским три основных правила выбора стандартных параллелей в конических проекциях (рис. 6.26).

1. На заданной стандартной (параллели касания) параллели долготу $\lambda_{\text{ср}}$ выбирают посередине территории, ограниченной параллелями φ_S и φ_N , $n = 1$.

2. На двух заданных стандартных параллелях φ_1 и φ_2 имеет место



Р и с . 6.26. Правила выбора стандартных параллелей:

а — изоколы масштаба площадей P и длин по параллелям; б — изоколы наибольших искажений углов ω

равенство $n_1 = n_2 = 1$. Стандартные параллели выбирают по формулам, предложенным В.В. Каврайским:

$$\varphi_1 = \varphi_S + \frac{1}{n}(\varphi_N - \varphi_S), \quad \varphi_2 = \varphi_N - \frac{1}{n}(\varphi_N - \varphi_S),$$

где n зависит от размеров конфигурации изображаемой территории:
 если территория незначительна по широте ($7-10^\circ$), то $n = 7$;
 если территория имеет форму прямоугольника (параллелограмма) с основаниями, лежащими на крайних параллелях, то $n = 5$;
 если территория приближается к форме круга, эллипса, криволинейной фигуры, то $n = 4$;
 если территория имеет форму, близкую к ромбу (четырёхугольнику) с вершинами на крайних параллелях, то $n = 3$. Например, для карты, ограниченной параллелями $\varphi_S = 42^\circ$ и $\varphi_N = 52^\circ$ и имеющей криволинейную форму, стандартные параллели будут $\varphi_1 = 44^\circ$, $\varphi_2 = 50^\circ$:

$$\varphi_1 = 42^\circ + \frac{1}{4}(52^\circ - 42^\circ) = 44^\circ, 5; \quad \varphi_2 = 52^\circ - \frac{1}{4}(52^\circ - 42^\circ) = 49^\circ, 5.$$

3. Ставятся условия, чтобы на заданных параллелях φ_S и φ_N имели место два равенства: 1) $n_S = n_N$; 2) $n_S : 1 = 1 : n_N$, т. е. масштабы на крайних параллелях должны быть возможно равными, а масштабы на крайних параллелях были на столько больше главного, на сколько главный масштаб больше наименьшего масштаба.

6.12.1. Нормальная равнопромежуточная по меридианам коническая проекция В.В. Каврайского

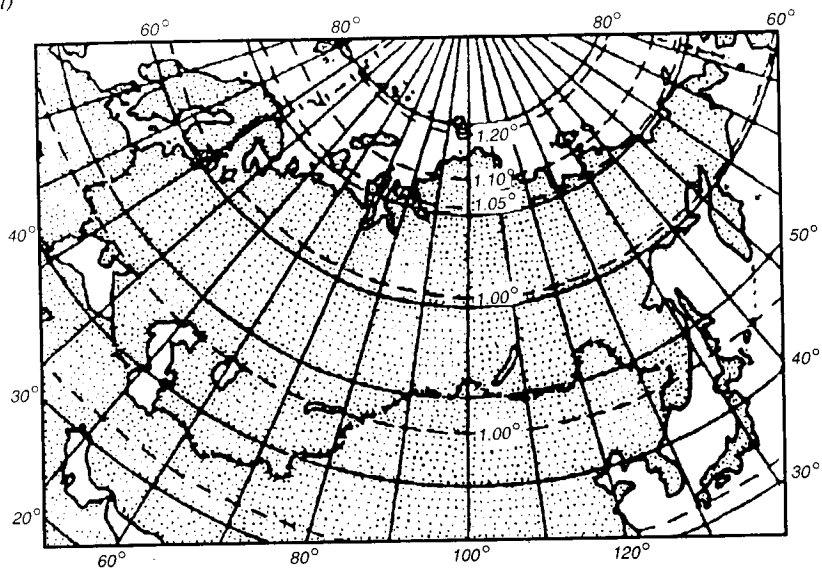
Профессор В.В. Каврайский (1884—1954), чл.-корр. Академии наук СССР, предложил в 1934 г. для страны новую равнопромежуточную коническую проекцию на секущем конусе (рис. 6.27). В основу этой проекции были поставлены следующие условия:

1. *Наибольшие масштабы (n_1 и n_2) крайних параллелей должны быть во столько раз больше главного ($n = 1$), во сколько раз главный масштаб больше наименьшего масштаба n_0 , т. е. $n_1 : 1 = 1 : n_0$.*

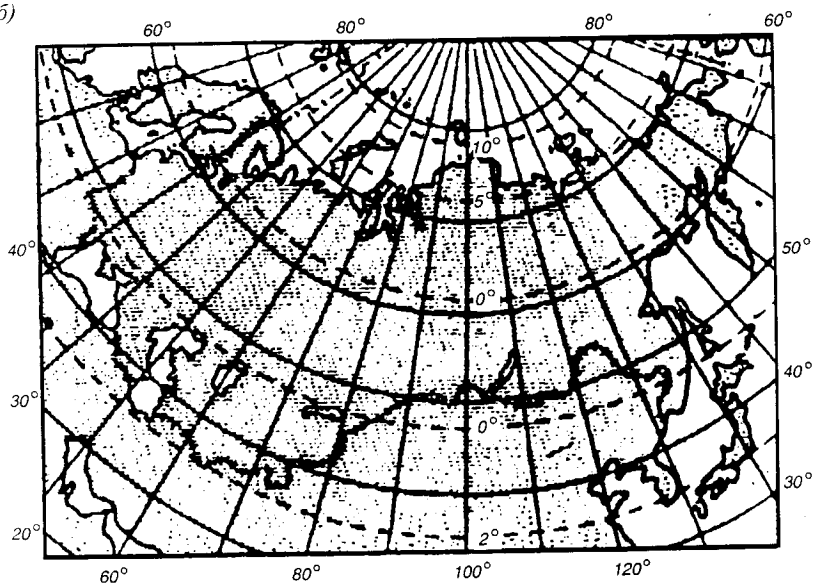
2. *Наибольшие масштабы на крайних параллелях страны должны быть равны между собой, т. е. $n_1 = n_2$.*

Территория севернее полярного круга в расчет не принималась, а для территории южнее полярного круга должны быть сохранены наименьшие искажения по меридианам и параллелям. Средний меридиан для карты СССР принимается 100° . Этими условиями и определен выбор стандартных параллелей 47 и 62° . Эти параллели являются линиями нулевых искажений всех видов. Посредине между этими параллелями ($54^\circ, 5$), по линии отрицательных масштабов, наименьшее искажение углов $\omega = 0^\circ, 5$; $P = 0,99$. По южной границе СССР искажения не превышают $\omega = 2^\circ$; $P = 0,99 = 1,04$. На северной границе мате-

а)



б)



Р и с . 6.27. Прямая равнопромежуточная по меридианам проекция В.В. Каврайского:
 а — изоколы масштаба площадей P и длин по параллелям; б — изоколы наибольших искажений углов ω

рика (м. Челюскин) $\omega = 16^\circ$; $P = 0,99 = 1,15$, на севере архипелага Северная Земля $\omega = 16^\circ$; $P = 0,99 = 1,16$.

Масштаб длин по всем меридианам $m = 1$, масштаб длин по параллелям везде равен масштабу площадей $n = P$. Эллипсы искажений у северной и южной рамок карты вытянуты по параллелям, на средней параллели $54^\circ,5$ эллипс вытянут по меридиану и только на стандартных параллелях эллипсы превращаются в окружности.

Графический способ построения картографической сетки. Рассмотрим графический способ построения сетки на конкретном примере.

▽ 6.8. Построить картографическую сетку в нормальной равнопромежуточной по меридианам конической проекции для фрагмента карты СССР в масштабе 1 : 1 000 000 с частотой картографической сетки $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 10^\circ$.

Этапы построения:

1. Построим макет сетки в произвольном масштабе.
2. На вспомогательном чертеже (масштаб для точности можно увеличить) проведем окружность радиусом

$$R = a(1 - \frac{e^2}{b})$$

для шара, равновеликого с земным эллипсоидом $\rho = 6,37$ см (рис. 6.28).

3. Внутри окружности точно проводим вертикальный и горизонтальный диаметры.

4. Верхние четверти окружности разбиваем на девять частей. Находим в них точки с широтами 47° , 62° и проводим к их радиусам касательные (до встречи с вертикальным диаметром). Касательные и будут радиусами для проведения на окончательном чертеже стандартных параллелей 47° и 62° . Так же поступают с определением радиуса самой низкой параллели территории.

5. На окончательном чертеже проводим вертикальную прямую (средний меридиан), из выбранной точки (единого центра) радиусами, снятыми с чертежа, вычерчиваем все параллели, начиная с низкой. На

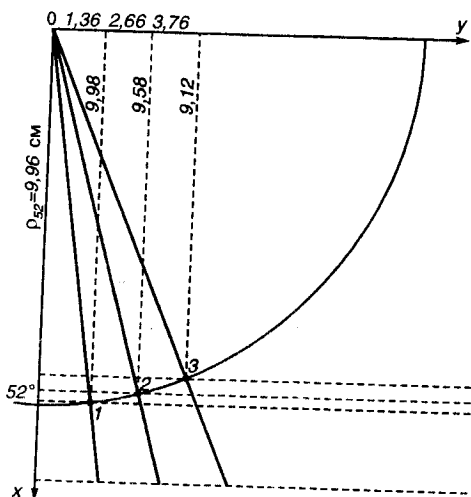


Рис. 6.28. Построение конической проекции по координатам

среднем меридиане параллельно (поскольку проекция равнопромежуточная) откладываем равные меридиальные отрезки.

6. На параллели с наименьшей широтой откладываем 10-градусные отрезки между соседними меридианами. Длины дуг параллелей выбираем в таблице (Атлас для учителей средней школы).

7. Центр проведения концентрических окружностей последовательно соединяем прямыми с точками меридианов на параллели с наименьшей широтой. Эти прямые и будут меридианами.

8. Проводим рамки карты, оцифровку сетки и оформляем чертеж.

Математический способ вычисления узловых точек картографической сетки и ее построения по координатам. Способ заключается в применении следующих формул (рис. 6.28):

$$x = \rho \cos \delta; y = \rho \sin \delta; \delta = \lambda \sin \varphi_0; \rho_0 = R \operatorname{ctg} \varphi.$$

Для примера вычислим три точки на параллели 52° :

$$\delta = 10^\circ \cdot 0,7880 = 7^\circ 53'; \quad \rho_{52} = \frac{367111700}{50000000} \cdot 0,7813 = 9,96 \text{ см.}$$

$$x_1 = 9,96 \cdot \cos 7^\circ 53' = 9,96 \cdot 0,9922 = 9,88 \text{ см; } y_1 = 9,96 \cdot \sin 7^\circ 53' = 9,96 \cdot 0,1372 = 1,36 \text{ см;}$$

$$x_2 = 9,96 \cdot \cos 15^\circ 46' = 9,96 \cdot 0,9624 = 9,58 \text{ см; } y_2 = 9,96 \cdot \sin 15^\circ 46' = 9,96 \cdot 0,2665 = 2,66 \text{ см;}$$

$$x_3 = 9,96 \cdot \cos 23^\circ 39' = 9,96 \cdot 0,9160 = 9,12 \text{ см; } y_3 = 9,96 \cdot \sin 23^\circ 39' = 9,96 \cdot 0,3969 = 3,76 \text{ см.}$$

При построении сеток конических проекций (особенно для стенных карт) пришлось бы применять большой штангенциркуль, что технически трудно выполнимо. Поэтому конические сетки на картах большого формата строятся по точкам пересечения меридианов и параллелей (узловым точкам), для которых вычисляются координаты.

Средний меридиан карты принимается за ось абсцисс OX ; начало координат O лежит в вершине развернутого конуса; ось ординат OY проходит перпендикулярно к оси абсцисс через вершину конуса. Если вычислен угол сближения меридианов δ и радиус параллели ρ , то по приведенным выше формулам вычисляются координаты точек 1, 2, 3... и наносятся сами точки. Вычислять и наносить узловые точки можно не все. Так как сетка симметрична относительно среднего меридиана, то координаты вычисляются или для правой, или для левой половины карты. Даже если только на крайних параллелях территории вычислить и нанести узловые точки, то все другие узловые точки на других параллелях можно получить в результате проведения меридианов. На меридианах откладывают расстояния между параллелями и строят параллели по точкам, пользуясь лекалами.

6.12.2. Нормальная равнопромежуточная по меридианам проекция Ф.Н. Красовского

Феодосий Николаевич Красовский (1878—1948) — крупнейший советский геодезист, астроном, картограф, первый директор МИИГАиК, разработал теорию построения астрономо-геодезических сетей СССР, провел исследования земного эллипсоида, наметил пути совместного решения научных проблем геодезии и гравиметрии с проблемами геофизики и геологии.

В картографии он разработал несколько картографических проекций. Дадим краткую характеристику вышеназванной проекции (рис. 6.29). В ее основу были поставлены следующие условия (в основном схожие с проекцией В.В. Каврайского):

искажения масштабов длин по параллелям должны быть наименьшими;

широтный пояс между параллелями $39^{\circ},5$ и $73^{\circ},5$ должен сохранять соотношение площадей на карте и на эллипсоиде;

должно быть сохранено равенство масштабов длин по крайним параллелям заданного пояса.

Данная проекция, как и проекция В.В. Каврайского, применяется для карт всей территории СНГ в географических атласах, настенных школьных картах. Необходимость ее разработки заключалась в том, чтобы значительно снизить значения искажений на северном побережье России. Это было существенным недостатком проекции В.В. Каврайского. Поэтому стандартные параллели были выбраны со смещением к северу, т. е. $49,4$ и $67^{\circ},8$ (линии нулевых искажений длин). В этой проекции масштаб длин по всем меридианам сохраняется постоянным, но меньше главного: $m = 0,997$. Линиями нулевых искажений углов являются параллели $50,6$ и $66^{\circ},8$, линиями нулевых искажений площадей — параллели $48,2$ и $68^{\circ},4$. На линиях отрицательных масштабов длин и площадей, расположенных между линиями нулевых искажений $n = 0,987$, $\rho = 0,984$ и $\omega = 0^{\circ},6$. Наибольшие искажения составляют $n = 1,204$, $\rho = 1,200$ и $\omega = 10^{\circ}$ на севере архипелага Северная Земля.

6.12.3. Отличия и недостатки проекций

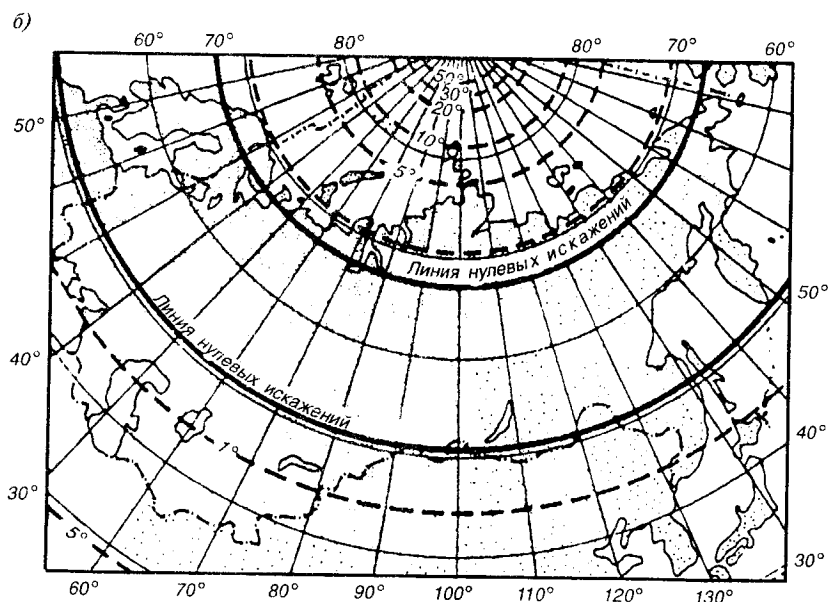
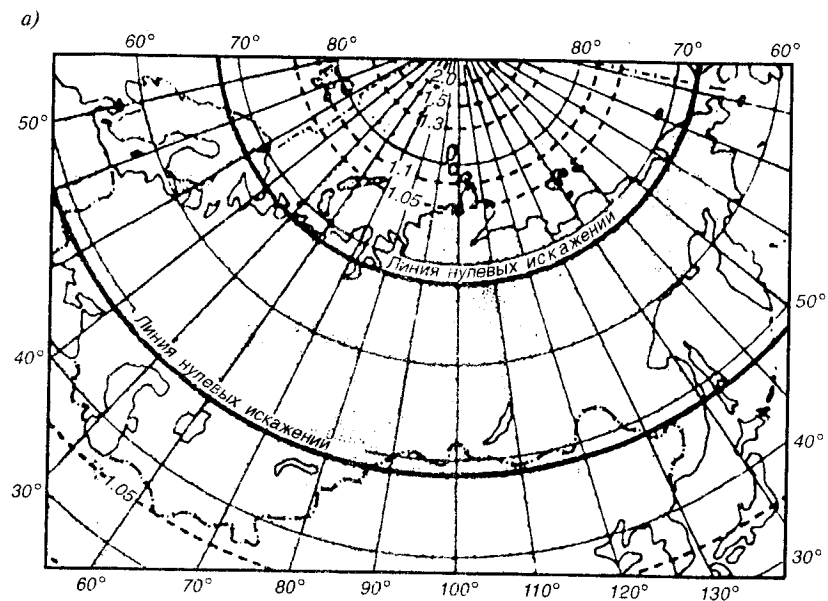
Рассмотренные проекции близки между собой. Внешне проекция Красовского отличается от проекции Каврайского большей кривизной параллелей и большими углами между меридианами.

Существенными недостатками обеих проекций являются:

северный полюс в рамку не входит;

вид меридианов и параллелей не передает впечатления шарообразности Земли;

восточные и западные части СНГ, такие, как Чукотский и Кольский



Р и с . 6.29. Нормальная равнопромежуточная коническая проекция
Ф.Н. Красовского:

а — изоколы p ; б — изоколы ω

полуострова, зрительно сильно смещены к северной рамке по отношению средней части карты в результате значительной кривизны параллелей. Это создает неправильное представление разноширотности объектов, расположенных на одной широте. Например, учащиеся начальных школ часто принимают за самую северную материковую точку СНГ мыс Дежнева, а не мыс Челюскина. Перечисленные недостатки конических проекций обусловили разработку и применение проекций, которые были бы свободны от них и обладали свойствами, необходимыми при преподавании географии в начальной школе. Карты в конических проекциях следует применять на уроках географии средних школ, для старших классов.

6.12.4. Косая произвольная перспективно-цилиндрическая проекция М.Д. Соловьева (1937)

Все географические карты СНГ для начальной школы строятся в проекции М.Д. Соловьева (рис. 6.30). Проекция обладает рядом преимуществ по сравнению с коническими проекциями, хотя и дает на карте СНГ большие искажения. В этой проекции, благодаря малой кривизне параллелей, впечатление разноширотности восточной и западной частей не создается и на глаз незаметно. Северный полюс изображается точкой и находится в рамке карты. Картографическая сетка и весь вид карты создают впечатление шарообразности Земли. Проекция хотя и произвольная, но тяготеет больше к равноугольной. Проекцию строят на секущем цилиндре. Причем ось цилиндра не совпадает с земной осью, а составляет с ней угол, равный 15° . Земная поверхность рассекается цилиндром по двум малым кругам — линиям нулевых искажений (6.31, а, б). Северная линия нулевых искажений проходит посередине материковой части СНГ. Средний меридиан карты имеет долготу, равную 100° . Параллель 60° только в точке пересечения среднего меридиана касается линии нулевых искажений всех видов, которая изображается прямой линией. Картографическая сетка представляет собой: средний меридиан 100° и линия сечения — взаимоперпендикулярные прямые, остальные меридианы — кривые выпуклостью от среднего, а параллели — кривые выпуклостью к экватору.

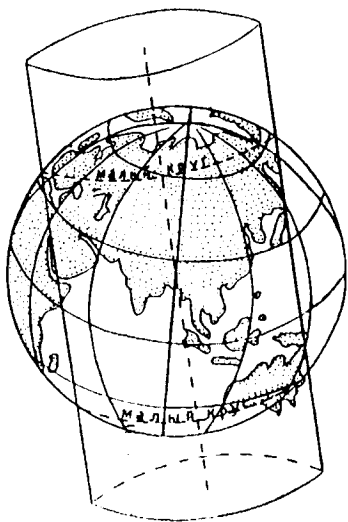
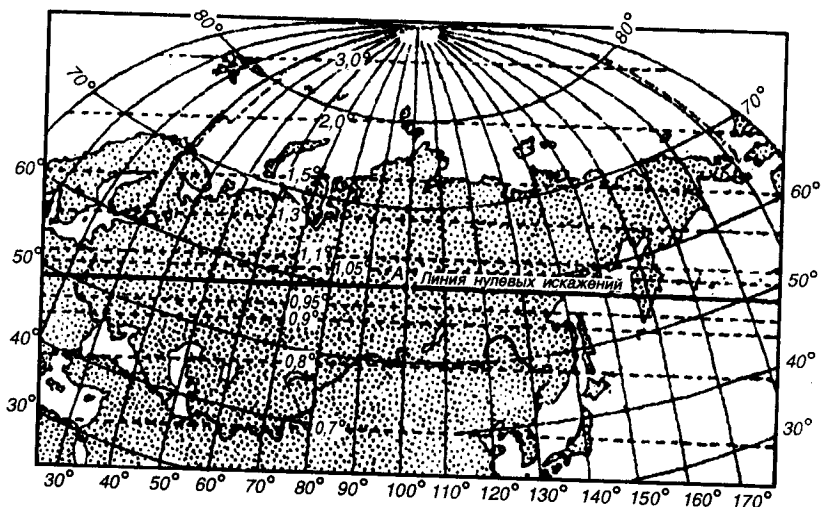
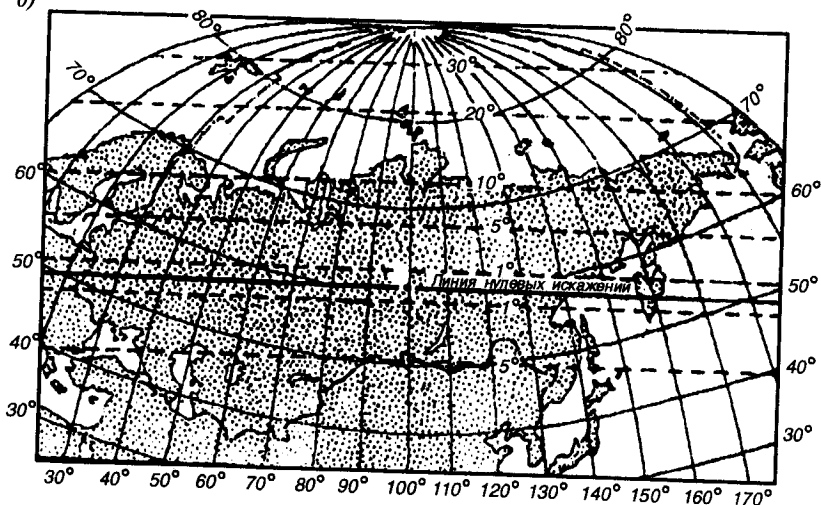


Рис. 6.30. Косая произвольная перспективно-цилиндрическая проекция М.Д. Соловьева

а)

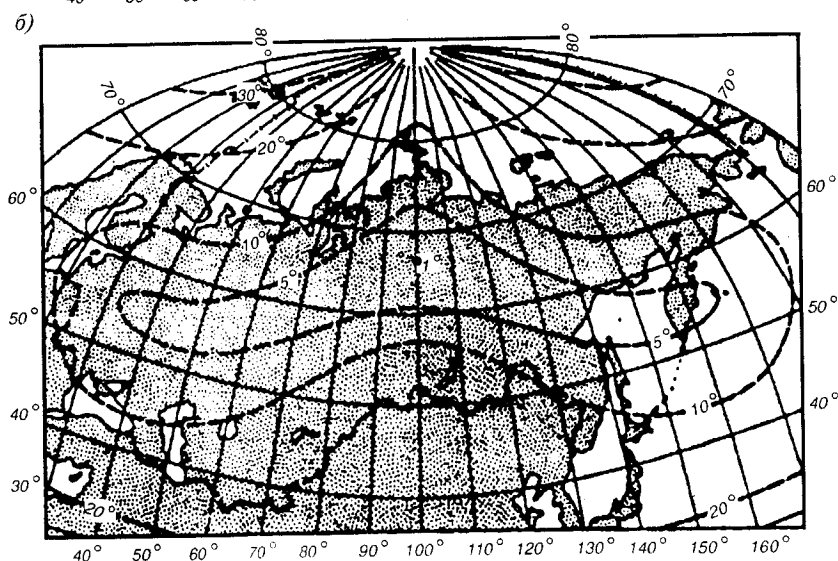
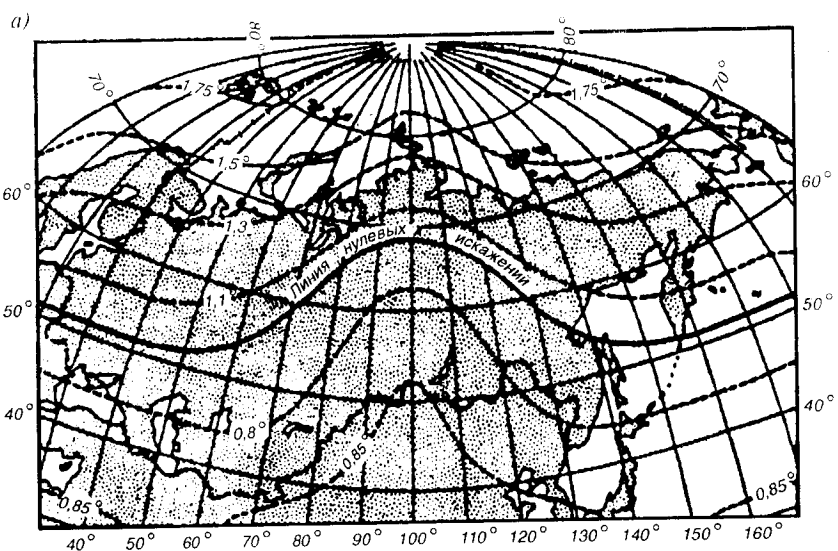


б)



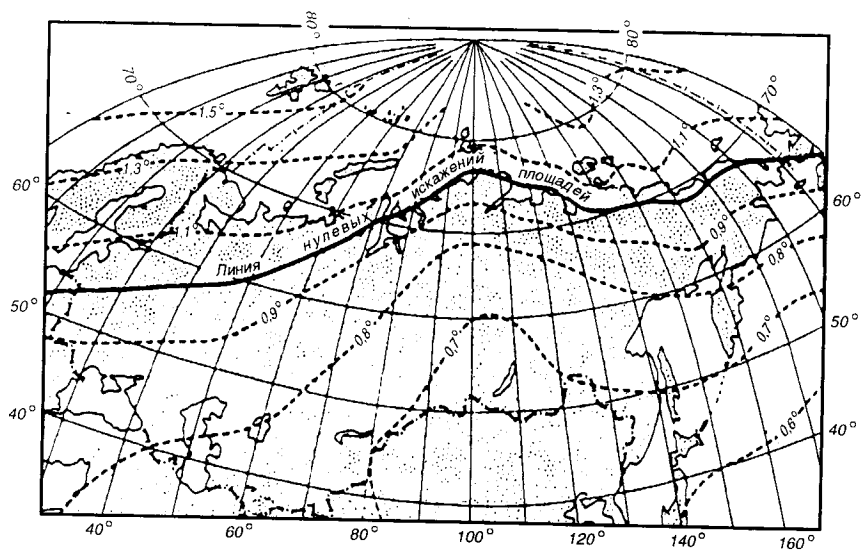
Р и с . 6.31. Изоколы масштабов площадей P (а) и наибольших искажений углов ω (б)

Закономерность искажений прослеживается следующим образом: область растяжений географических объектов расположена севернее от линии сечения, область сравнительно небольших сжатий — к югу от линии сечения. В области растяжений географические объекты вытянуты параллельно линии сечения, их искажения быстро нарастают при

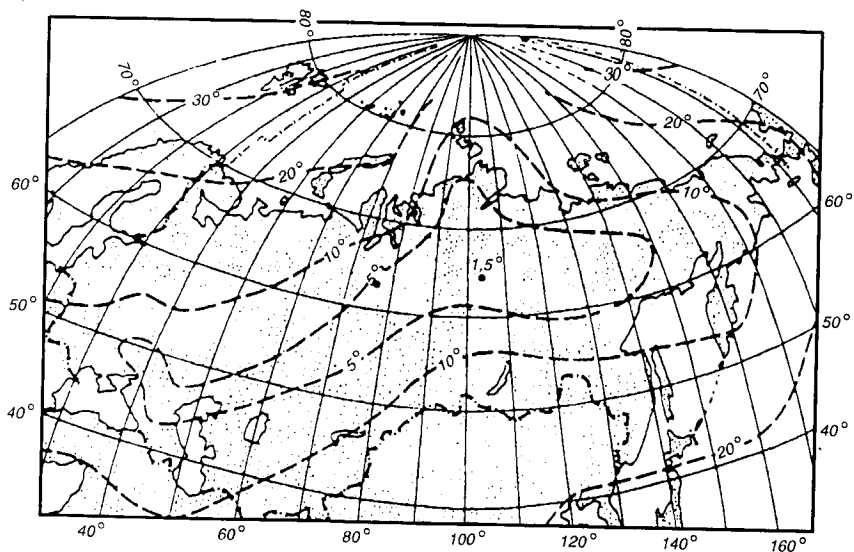


Р и с . 6.32. Карта СССР в условной проекции ЦНИИГАиК для карт СССР
с симметричной сеткой, с изоколами масштаба площадей P (а) и наибольшего
искажения углов ω (б)

а)



б)



Р и с . 6.33. Карта СССР в условной проекции ЦНИИГАиК для карт СССР с несимметричной сеткой, с изоколами масштаба площадей P (а) и наибольшего искажения углов ω (б)

удалении от нее. Так, для мыса Челюскина искажение углов составляет 16° , искажение площадей — 1,8, на Северной Земле они уже 22° и 2,2. В области небольших сжатий в районе государственной границы СНГ искажение углов не превышает 8° , искажение площадей не ниже 0,72.

В этой проекции построены стенные карты СССР для начальной школы, начиная с 1970 г.

Рассматривая предыдущие проекции карт СССР, можно заметить, что на них все же сохраняются значительные искажения, особенно площадей. Стремясь уменьшить искажения на картах СССР для начальной школы и по возможности сохранить достоинство проекции М.Д. Соловьева, В.М. Богинский на основе эскиза картографической сетки с применением ЭВМ разработал условную проекцию ЦНИИГАиК с симметричной и несимметричной сетками (рис. 6.32, 6.33).

Проекция относится к группе произвольных и занимает промежуточное положение между равноугольной и равновеликой, причем соотношение искажений ω , P в пределах карты изменяется. В северной и большей части карты СНГ изображение ближе к равноугольному, в южной и меньшей части — ближе к равновеликому. Средний меридиан территории выбирается с долготой 96 или 100° и изображается прямой линией, остальные меридианы увеличивают кривизну от среднего. Параллели тоже кривые; кривизна их увеличивается с увеличением широты.

Расстояния между меридианами по параллелям не равны, но изменяются мало. Вместо точки нулевых искажений на среднем меридиане, на широте 66° имеется точка минимального искажения углов $\omega = 1^\circ$. Искажения углов, с удалением от точки минимального искажения углов на запад и восток, нарастают медленнее, чем на север и юг, что особенно выгодно для особенной конфигурации территории СНГ. Искажения ω для Колыского и Чукотского полуостровов не больше 18° , для севера Земли Франца-Иосифа $\omega = 24^\circ$. Линия нулевых искажений площадей — сложная кривая. Экватория Ледовитого океана сильно искажена против материковой части, в 1,6 раза.

В целом, по величине искажений, особенно площадей, проекция В.М. Богинского значительно выигрывает, чем проекция М.Д. Соловьева, а по виду картографической сетки имеет явное преимущество перед коническими проекциями.

6.12.5. Проекции для карт частей СНГ и зарубежных стран

Карты крупных частей СНГ, союзных республик, краев, областей, карты зарубежных стран, их частей аналогичного размера строят в нормальных конических проекциях с двумя стандартными параллелями — равноугольных или равнопромежуточных по меридианам. Чаше применяют именно нормальные равноугольные конические проекции Гаусса.

7. КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ. ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

7.1. Картографическая генерализация. Надписи на географических картах

Картографическая генерализация. Несопоставимость размеров площадей географической карты и территории участка Земли, изображенного на ней, заставляют прибегать к сильному уменьшению ее площади. Но и уменьшение масштаба изображения не решает проблему полного показа действительности, и в этом нет абсолютной необходимости. Можно только мысленно представить, что получилось бы на мелко-масштабной карте, если бы на ней были изображены все населенные пункты, да еще с их названиями? Такая же нереальная картина получилась бы и с другими элементами содержания карты. В то же время всегда преследуется цель — сделать карту не только точной, но и наглядной, удобочитаемой, обзорной. Для этого проводят научно обоснованный отбор и обобщение географических объектов и явлений для отображения их на карте, называемый *картографической генерализацией*.

Любая географическая карта, даже крупного масштаба, проходит процесс генерализации, и чем мельче ее масштаб, тем более увеличивается процесс генерализации. Обобщенность картографического изображения — процесс вынужденный, но это и ценная, обогащающая особенность географической карты, несомненное ее достоинство. Генерализация выражается в обобщении количественной и качественной характеристик явлений в соответствии с масштабом и назначением карты, что делает карту освобожденной от второстепенных явлений с учетом географических особенностей территории.

Количественный отбор распространяется:

на природные и социально-географические явления, характерные для картографируемой территории, которые определяют содержание карты, но при этом одни природные компоненты изображаются, другие же — нет;

объекты, относящиеся к определенному элементу содержания карты из общего числа объектов (озер, населенных пунктов, дорог и т. д.), отбирают для карты крупные, важные, значимые, типичные. При этом на них показывают и второстепенные объекты, характерные для определенной территории в большом масштабе (озера Финляндии). Из массы объектов трудно отдать предпочтение каким-либо, поэтому исходя из масштаба и назначения карты, устанавливают минимальные размеры (ценз) объектов и нормативный способ (норму отбора), т. е.

показа числа изображенных объектов на единицу площади карты для различных районов территорий.

Качественный отбор заключается в сообщении качественной характеристики явления и состоит:

в уменьшении числа типов, характеризующих явление или объект;
в уменьшении числа свойств, определяющих явление. При уменьшении числа типов объектов (явлений), изображаемых одним условным знаком, происходит замена частных понятий собирательными более широкими понятиями. Например, вместо ручьи, реки — просто река; вместо непроходимые, труднопроходимые и проходимые болота — просто болота. Обобщение качественной характеристики явления путем сокращения свойств следует пояснить следующим примером. Каждый массив леса имеет участки, которые обладают своими характерными особенностями; форму и размер, свой тип и определенный древостой, возраст, высоту, толщину стволов, запас древесины, различную принадлежность и т. д. Картографическая генерализация определяет, какие из перечисленных качеств следует отобразить на карте, а какие сократить как второстепенные. Например, на топографической карте отображают почти все качества (свойства) леса, а на общегеографических картах — только размер и форму леса.

Для правильной оценки географической карты необходимо учитывать особенности генерализованности любого картографического изображения.

Надписи на географических картах. Надписи на географических картах представляют собой неотъемлемый информативный и обогащающий элемент содержания. Это прежде всего собственные названия объектов, пояснительные, качественные и количественные характеристики их свойств.

На мелкомасштабных картах надписи собственные названий объектов и пояснительные имеют первостепенное значение по отношению к надписям-характеристикам и требуют самого серьезного внимания, так как карта с искаженными или неправильными названиями представляет собой справочник с ошибочными данными. К тому же надписей-характеристик на картах обычно мало.

На мелкомасштабных географических картах пояснительные надписи даются в виде отметок высот и глубин. На тематических картах надписями обозначают качественные особенности отдельных территорий. Числовыми надписями обозначают абсолютные или относительные показатели.

Всестороннее изучение географических названий (происхождение, смысл, изменчивость, написание, произношение) составляет предмет топонимики (греч. топос — место, онима — имя).

Надписи на картах различаются характером шрифта, размером и наклоном букв, цветом. Объекты, относящиеся к разным элементам содержания карты, подписывают картографическими шрифтами, ко-

торые различаются рисунком букв и цифр, толщиной и наклоном букв. Так, по форме и размерам шрифта можно определить по топографической карте, что это — город, поселок городского или сельского типа, судоходная или сплавная река и т. д. Цвет надписи определяет принадлежность объекта к определенному элементу содержания карты и способствует ее наглядности и чтению.

Надписи значительно обогащают содержание карты, перегрузка ими карты затрудняет их чтение и не способствует выделению главного.

Надписи географических объектов должны отвечать следующим основным требованиям:

- размещаться на свободных местах карты и точно указывать местоположение объекта;

- не должны закрывать или пересекать другие условные знаки;

- должны соответствовать величине и значению объекта;

- надписи названий населенных пунктов должны размещаться параллельно южной рамке;

надписи крупных географических объектов, государств, островов, болот, хребтов и т. д., занимающих значительные площади, размещают внутри их контуров по направлению большей протяженности. При обзоре карты надписи прежде всего привлекают внимание и создают первоначальное мнение о ней. Поэтому выбору картографических шрифтов, их хорошей читаемости, изяществу придается особое значение. При составлении оригиналов карт большое внимание уделяется правильной передаче географических названий, т. е. их транскрипции. В картографических учреждениях существуют отделы транскрипции, высококвалифицированные специалисты занимаются транскрибированием иноязычных названий. Наиболее употребительны три формы передачи иноязычных названий: фонетическая, традиционная и переводная.

Фонетическая форма применяется для воспроизведения возможно точного и близкого местного звучания названия буквами алфавита другого языка. В СНГ фонетическая форма является основной при передаче иноязычных названий.

Традиционная форма представляет собой передачу названия в форме, каким оно по традиции вошло в литературный язык страны, в язык другого народа. Например: Пари (фр.), Париж (рус.).

Переводная форма использует перевод названия по смыслу, например: острова Зеленого Мыса, Огненная Земля и т. д.

7.2. Классификация географических карт

Огромное число самых разнообразных географических карт вызывает естественную необходимость их разделения (классификации) на группы (виды) по определенным основным признакам: масштабу, величине (охвату) картографируемой территории, содержанию, назна-

чению, способу пользования, степени обобщенности и т. д. Классификация позволяет изучать и устанавливать свойства и закономерности видов карт, необходима для их систематизации, учета и хранения, для обработки и поиска картографической информации. Внедрение автоматизации в информационно-картографические отделы учреждений страны поставило их на самый высокий уровень организации. В первой части пособия подробно указывается, что географические карты по их масштабам делятся на группы крупномасштабных, среднемасштабных и мелкомасштабных карт. Из перечисленных пяти групп деления географических карт по охвату картографируемой территории первые четыре группы относятся к мелкомасштабным картам, только группа отдельных государств и их частей относится к мелкомасштабным или среднемасштабным картам. Каждая группа включает большое число карт, различных по содержанию. В зависимости от содержания все карты подразделяют на общегеографические и тематические.

Общегеографические карты — это карты с изображением общего облика территории путем отображения и природных социально-географических объектов. Природные условия местности отображаются показом гидрографических объектов, рельефа и почвенно-растительного покрова. К социально-географическим элементам карты относятся населенные пункты, пути сообщения, политико-административное деление и другие хозяйственные и культурные объекты. При этом все элементы особо не выделяются на карте.

Тематические карты — это географические карты, на которых один, два, редко несколько природных или социально-географических элементов показаны с наибольшей глубиной и подробностью, определяющих тему карты.

Мелкомасштабные (обзорные) общегеографические карты. Особенности основных элементов содержания. В первой части пособия подробно охарактеризованы крупномасштабные общегеографические карты. Здесь рассмотрим особенности мелкомасштабных (обзорных) общегеографических карт и элементы их содержания.

Прежде всего эти карты отличаются от топографических большей целенаправленной степенью генерализации изображения земной поверхности и элементов их содержания.

Мелкий масштаб обзорных карт вынуждает сокращать на них элементы основного содержания. Например, не может быть полного показа почвенно-растительного покрова, хозяйства. Таким образом, в содержание обзорных карт обязательно входят главные элементы: гидрографические объекты и рельеф, социально-географические — населенные пункты, пути сообщения, политико-административное деление территории. Набор показываемых элементов на картах может несколько изменяться (например, при показе растительности фоновой окраской), в то же время существует определенная стабильность их содержания.

Обзорные общегеографические карты представляют собой незаменимое справочное пособие и содержат широкую информационную способность в общем изучении территории, соотношении площадей морей и суши, геологическом строении земной поверхности, расчлененности рельефа, о взаимосвязях гидрографии и рельефа и т. д.

Например, о климатических особенностях территории можно косвенно судить по наличию на ней гидрографических объектов, степени заболоченности, ее географическому размещению.

Они используются в качестве географической основы для создания тематических карт, в географических атласах. По способу пользования общегеографические карты подразделяют на стенные, настольные справочные и справочные обзорные. Особое внимание привлекают настольные справочные общегеографические карты (складные карты) материков, отдельных стран, морей и океанов. Справочные обзорные общегеографические карты значительно отличаются от учебных. Учебные карты сильно генерализованы, печатаются яркими красками, наглядны, упрощенно читаемы и просты по оформлению.

Изображение гидрографических объектов. Гидрографические объекты: моря, озера, водохранилища, пруды, реки, каналы и т. д. рассматриваются в народном хозяйстве как естественные рубежи, преграды, источники водоснабжения, пути сообщения, ориентиры. Кроме их графического изображения, важным элементом содержания являются их характеристики: ширина и глубина, направление и скорость течения, грунт дна, характер берегов, качество воды, судоходность и др. На общегеографических картах характеристика вод Мирового океана сводится к обобщенным показателям береговой линии, рельефа дна морей и озер, наименованию отдельных частей. На многих картах показывают морские пути, течения, области распространения плавучих и постоянных льдов.

Рельеф морского дна отображают гипсометрическим способом, т. е. послышной окраской ступеней глубин участков дна при помощи изобат (изолиний).

Изобаты строят на основании промеров глубин, аналогично построению горизонталей, но только с переменным интервалом шкалы глубин. Так, материковую отмель ограничивает изобата 200 м, промежуточные изобаты проводят через 50, 100, 200 м. Однако общепринятой шкалы глубин (высот суши) не существует. Материковая отмель имеет исключительно важное значение для народного хозяйства: здесь сосредоточены морские промыслы (нефти, газа, рыбы и т. д.). Это — самая сложная и опасная для плавания морских судов часть моря; морские берега служат зоной отдыха населения и естественными границами государств; наконец, она является сложной зоной взаимодействия суши и моря. Изобата 2000 м отделяет материковый склон от ложа моря, а изобата 6000 м оконтуривает самый глубокий желоб морского дна. Здесь интервалы глубин шкалы укрупняются и изобаты

имеют сечение 1000, 2000 м. Ступени шкалы глубин окрашивают в синий цвет, по принципу: чем глубже, тем синее.

Характеристику морского дна при гипсометрическом способе дополняют на карте отметки глубин. Как правило, это наибольшие из известных глубин, т. е. максимальные глубины частей Мирового океана, а также глубины, расположенные на акваториях и в характерных частях моря. Нередко по фарватеру выделяют и наименьшие глубины на банках и мелководных участках моря.

На обзорных общегеографических картах, согласно научно разработанной классификации типов морских берегов, стремятся передать возможно точно особенности строения берега каждого типа, начертание береговой линии, наличие мысов и заливов, надводных и подводных скал, банок и т. д.

Изображения рек, озер, каналов. Мелкомасштабные общегеографические карты дают определенные представления об особенностях речной системы: ясно проглядывается ее конфигурация, симметричность или асимметричность, особенности течений главной реки, о всем бассейне системы (размере, форме, характере водоразделов, особенностях питания, режиме и т. д.). Вследствие генерализации и масштаба протяженность русла рек всегда меньше действительной и бывает искаженной значительно. По картам разных масштабов можно сравнить густоту речной сети, степень проведенной генерализации в разных бассейнах. Толщина условного знака реки не отображает действительной ее ширины, она внесмасштабна, особенно при выделении преувеличенной толщиной русла главной реки.

Особенности русла реки выявляются наличием в нем порогов, водопадов, участков судоходности, строением дельты. Названия для значительной части реки размещают обычно в истоке, в устье и в середине реки с укрупненным размером шрифта от начала до устья реки. Особое внимание уделяется отображению характера и местоположения истока главной реки в определенной речной системе.

Озера на обзорных картах отображают в зависимости от величины, если они являются истоками рек, от целебности озера, а также в зависимости от особенностей происхождения и особенности территории. В пустынных районах озера показывают подробно, невзирая на их величину. Изображение крупных озер аналогично изображению морей типа Каспийского, озера Байкал, т. е. применяются те же методы отображения рельефа и строения берегов озерной котловины. У озер дается характеристика абсолютной высоты зеркала воды (отметка уреза), отметка максимальной глубины. У небольших озер они могут не показываться, и часто сами озера не изображаются. Обозначение солености воды в озерах отображают для пресных — синей, для соленых — фиолетовой окраской; берега пересыхающих озер — прерывистой линией. Все притоки, соединяющие озера, должны быть сохранены. Нельзя объединять несколько малых озер в одно большое

озеро. При отображении каналов надо учитывать их начертание и густоту расположения. В первую очередь отбираются судоходные и магистральные, мелиоративные каналы с их сооружениями. Выделение наиболее важных каналов достигается путем изображения их в две линии или в одну утолщенную линию с соблюдением прямолинейных участков и углов поворота.

Изображение рельефа, почвенно-растительного покрова и грунтов.

Рельеф (совокупность неровностей земной поверхности) является важным элементом содержания географических карт. Имеет большое народно-хозяйственное значение для специализации земледелия и животноводства, при проектировании и строительстве дорог, водохранилищ, каналов и различных сооружений. Все это обуславливает высокие требования к изображению рельефа на картах.

Изображение рельефа на картах — одна из самых трудных задач в составлении географических карт. Все известные способы изображения рельефа горизонталями, качественного и количественного фона, перспективного или штриховки, ареалов несут в себе существенные недостатки, так как не создают наглядного представления объемности форм рельефа и его расчлененности при изображении на плоскости, например на крупномасштабных картах. При изображении рельефа горизонталями не решаются задачи отображения резких форм рельефа (скалистых гребней, обрывов, тектонических трещин) или передачи его микроформ, не отражаются динамика подвижных элементов рельефа (оползней, песков) или быстро растущие формы (овраги). При чтении рельефа в горизонталях возникает определенная трудность и не достигается зрительный эффект его объемности. Современными методами для изображения рельефа на общегеографических и тематических картах являются: отметки высот, гипсометрический способ и способ отмывки.

Гипсометрический способ. Это способ послойной окраски промежутков — интервалов между соседними изогипсами по определенной цветовой шкале.

Наглядность изображения рельефа повышается в результате окраски интервалов высотных зон рельефа, изогипсы выявляют только крупные формы и их типы.

Основные требования к гипсометрической шкале: цвета (оттенки) интервалов шкалы должны ясно различаться между собой, не иметь резких контрастов в соседних интервалах; для цельности восприятия рельефа расцветка должна быть гармоничной; послойная окраска должна создавать эффект выпуклости и пластичности рельефа.

На обзорных общегеографических картах применяют в основном многоцветную гипсометрическую шкалу. Для придания ей пластичности в верхних ступенях шкалы введены теплые тона оранжевого и коричневого цветов возрастающей насыщенности. Переходом к ним от зеленых тонов низменностей служит обычно желтый цвет. Число

цветовых ступеней многоцветной шкалы обычно колеблется в пределах 10—15, одноцветной 5—6.

Изогипса 200 м отделяет низменные равнины от возвышенных, изогипса 500 м — возвышенную равнину от нагорной, изогипса 1000 м составляет верхний предел низких гор, изогипса 2000 м — верхний предел средневысотных гор, далее которого — высокие горы. Выбор изогипс на карте зависит прежде всего от особенностей рельефа территории. Обычно это — изогипсы со ступенями, взятыми через 50 м (от 0 до 300 м), через 100 м (от 300 до 600 м), через 200 м (от 600 до 1000 м), через 500 м (от 1000 до 3000 м) и выше через 1000 или 2000 м. Шкала высот обычно включает не только рельеф суши, но и рельеф морского дна с окраской нижних ступеней в синий цвет. Низменности с высотой до 200 м окрашивают в зеленый цвет. Высотный интервал включает 2—3 ступени. Например, ниже 0 м, от 0 до 100 м, от 100 до 200 м.

Способ отмывки. Это пластический способ изображения рельефа, который создает эффект выпуклости и высоты рельефа путем наложения теней на его крупные формы.

Тени накладывают серой краской на юго-восточные склоны положительных форм рельефа, предполагая при этом, что источник освещения находится на северо-западе.

Эффект высотности рельефа и его расчлененности достигается наложением более сильных теней на более высокие и крутые склоны (глубокие ложины) и слабых теней на водораздельные линии рельефа, на пологие склоны.

Эффект расчлененности достигается применением слагающих элементов отмывки «сплошки» и «удара», участвующих одновременно при изображении рельефа. Сплошка накладывается для представления общей объемности рельефа, удар — для показа его глубины.

Каждый из способов изображения рельефа несет достоинства и в то же время определенные недостатки. Например, гипсометрический способ плохо передает формы рельефа, отмывка не передает высотную характеристику. Поэтому на обзорных картах применяют два способа, дополняющих друг друга.

Изображение растительного покрова и грунтов. Значение растительного покрова и грунтов определяется их влиянием на условия проходимости местности, маскировочными свойствами, возможностью хозяйственного использования. На мелкомасштабных географических картах (обзорных картах), как правило, отсутствует сплошное изображение грунтов и растительного покрова. Обычно заменяют их площадные обозначения на локальные условные знаки (поясняющие надписи) с целью показать только наличие растительного покрова на местности, но не его распространение. Если это замена, то она обусловлена мелким масштабом карты или невозможностью на карте совместить наложение

двух фоновых окрасок ступеней гипсометрической шкалы рельефа и почвенно-растительного покрова.

Это основная причина отсутствия на обзорных мелкомасштабных картах сплошного изображения почвенно-растительного покрова или его замены.

Почвенно-растительный покров значительных площадей сопровождается на картах обычно в легендах краткими пояснениями: болота, солончаки, пески и др. и обозначается контуром и условным знаком внутри. Такое изображение объектов на карте позволяет определить только местоположение, размер занимаемой площади и общую конфигурацию участка, занятого песками, болотами или солончаками. На последних изданных обзорных общегеографических картах стали отображать отдельные зональные типы растительности (тундры) или растительного покрова в целом.

Изображение населенных пунктов. Населенные пункты являются важнейшим элементом содержания географической карты и имеют огромное народнохозяйственное значение. Число, характер и размеры населенных пунктов определяют обжитость территории, степень экономического и культурного развития.

На топографических картах изображение характеристики населенных пунктов дается в полной мере. Это обуславливается прежде всего их крупными масштабами, возможностью отобразить на них не только политико-административное, экономическое и культурное значение населенных пунктов, но и их тип, число жителей, передать характер планировки, плотности и качества застройки, показать внешние контуры, выделить главные проезды.

На мелкомасштабных географических картах такая возможность значительно сокращается. На обзорных картах нет уже возможности отобразить планировку или структуру населенных пунктов, поэтому на них принято изображение населенных пунктов производить посредством *пунсонов* (кружков), размеры которых не выражают ни площади, ни размеров и формы территории, занятой населенным пунктом. Пунсоны отличаются между собой размером и рисунком, окраской определенного цвета. По положению пунсона на карте передаются особенности расположения населенного пункта. Например, находится ли населенный пункт на правом или левом берегу реки, или он раскинулся на обоих берегах, или отстоит от берега. Размер и рисунок пунсонов обозначает число жителей или тип населенного пункта, или его административное значение. Пунсоны меньшего размера предназначены для отображения сельских населенных пунктов, а крупные — для городов. Причем каждая группа населенных пунктов различается рисунком пунсонов, определяющих число жителей.

Надписи названий населенных пунктов имеют также важное значение. Они не только указывают географическое название населенного пункта, но и дают информацию о числе жителей и типе поселения.

Достигается это применением разных размеров надписей и разных типов шрифтов для них. Политико-административное значение населенных пунктов показывается определенным написанием надписи или подчеркиванием надписи сплошной штриховой линией.

При использовании карт следует учитывать, что на мелкомасштабных картах в результате генерализации ряд населенных пунктов совсем не показывается. Как правило, это менее значительные, а затем и некоторые важные.

Населенные пункты на картах отбирают по нескольким определенным признакам: политико-административному значению, числу (людности) жителей, экономическому значению и т. д. Населенные пункты, в зависимости от числа жителей и рода занятости населения, подразделяют на различные типы: города и поселки городского типа, населенные пункты сельского типа. При картографировании населенных пунктов на обзорных мелкомасштабных картах важна характеристика заселенности территории. Поэтому на картах показывают относительную густоту их размещения по территории и различия густоты в разных ее частях. Естественно, что норма отбора и принципы отбора для территорий, развитых в промышленном отношении, будут гораздо большими, чем для малозаселенных территорий, и зависят не только от масштаба карты, но и от числа населенных пунктов на единицу площади территории, а также от типов поселений, преобладающих в различных частях территории.

Изображение путей сообщения. Пути сообщения — неотъемлемая часть картографического содержания географических карт.

Основная задача показа путей сообщения на картах — правильно передать и наглядно отобразить местоположение, обеспеченность и структуру транспортной сети: густоту, класс, состояние, ее конфигурацию и другие качественные характеристики.

Характер путей сообщения неразрывно связан и обусловлен особенностями рельефа и гидрографии, а также с дорогами высших классов, с населенными пунктами, станциями, аэродромами, переправами и т. д. На обзорных общегеографических картах предпочтение отдается показу сухопутных, морских и речных путей сообщения, в строгой последовательности от высших классов к низшим.

Железнодорожный транспорт на обзорных картах показывается полностью, тогда как автомобильные дороги отображают с большим отбором. Даже в высокоразвитых районах железные дороги в процессе генерализации отбирают с большой осторожностью, а из автодорог — лишь автострады, усовершенствованные и важнейшие шоссейные дороги. Наличие других видов сухопутных дорог подразумевается и на карте может быть представлено редкой сетью. В районах экономически слабо развитых, с редкой железнодорожной сетью автомобильные дороги показываются наиболее полно, так как они являются основным

видом транспорта. Низшие классы дорог — проселочные, полевые и лесные — на обзорных картах показываются как исключение.

Обычно на мелкомасштабных географических картах пути сообщения классифицируют на крупные группы с определением каждой. Например: железные дороги магистральные, железные дороги прочие, автомобильные главные и т. д.

Речное и морское судоходство на обзорных картах отображается скупо. Например, на картах выделяют только судоходные участки рек, крупных водоемов для постоянного движения грузопассажирских судов. Сведения о времени прекращения движения не указываются, иногда о судоходности можно судить только косвенно.

Данные морского транспорта представлены на обзорной карте изображением значительного морского порта, указанием морского рейса в виде линии между определенными портами.

Изображение политического и политико-административного деления территории. Точное установление и отображение государственной принадлежности территории на местности и на всех географических картах — задача сложная и ответственная.

Процесс договорного установления положения границ и соглашений называется *делimitацией*, установление положения границ непосредственно на местности — *демаркацией*. Границы государств наносятся по точным и новейшим картографическим материалам: по данным специальной топографической съемки границ (масштаб 1 : 25 000), материалам демаркации и договорным картам. При нанесении внутренних границ государства используются дежурные карты. Государственные границы подразделяют на сухопутные, морские и воздушные.

Изображение границ производится в порядке их значимости. Сначала показываются на картах государственные границы, а затем последовательно — до изображения районных границ. Требования особой точности нанесения государственных границ постепенно снижаются по мере уменьшения масштаба карт.

Так, на обзорной карте линейный условный знак границы уже становится сильно обобщенным.

Основными правилами изображения государственных границ являются:

границу, проходящую по середине реки, изображают прерывно, участками по три-четыре звена поочередно на каждом берегу; границу по реке с островами — прерывно, участками звеньев по три-четыре звена, четко разделяющих принадлежность островов;

принадлежность островов, удаленных от территории государства, обозначают надписью государства (кому они принадлежат) ниже или справа от названия;

границы государств вдоль морских берегов не обозначают, так как береговая линия является естественной границей. На обзорных картах

отображают и политико-административное деление государств, показывая сначала единицы более высокого порядка, переходя к низшим. Единицы деления обозначают надписями их названий.

Кроме того, на всех общегеографических картах выделяют столицы государств и центры политико-административного деления.

7.3. Серии карт. Тематическое картографирование

Географические карты могут издаваться как отдельными листами, так и сериями.

Серия (от лат. — ряд, группа) в картографии определяется как группа однородных географических карт или обладающих какими-то общими, объединяющими признаками. Это прежде всего — содержание карт одинаковое или разное, территория одна или разная. В зависимости от признаков серии географических карт разделяются на три вида: 1) по однотипному содержанию разных территорий; 2) с различным содержанием по одной территории; 3) по однотипному содержанию по одной территории.

Серии географических карт по однотипному содержанию разных территорий. При издании карт этого вида ставится условие, что каждая карта данной серии будет использована отдельно, независимо от других. Совместное их использование не предусматривается, но в то же время не исключается. В свою очередь такие карты, изданные в одинаковом масштабе, могут в совокупности представлять непрерывное изображение значительной территории (сплошное картографическое изображение) по типу с многolistными обзорно-топографическими картами. Их географической основой служит подробная гидрографическая сеть. Примером карт со сплошным картографическим изображением являются серии справочных политико-административных карт, на которых отображают административное деление областей, детально — населенные пункты и пути сообщения. Другие карты этой серии в совокупности не дают сплошного изображения территории. Они издаются отдельными листами в одинаковом масштабе, но не связаны друг с другом. Это прежде всего туристические карты областей, на которых подробно изображаются населенные пункты, дороги, леса и т. д. Особо выделены культурно-исторические и природные объекты для туристов, туристские базы, маршруты.

Серии географических карт с различным содержанием по одной территории. К ним относятся карты, на которых дается различное содержание на одной определенной территории. По сути это разновидности тематических карт или отдельных общегеографических. Карты данной серии характерны подробной разносторонней глубокой и полной информативностью, которую невозможно передать на одной

карте. Такие карты в сопоставлении с другими картами серии при изучении особенностей территории незаменимы, так как связывают их в единое целое и дают гармоничное представление о природе, хозяйственной деятельности и населении.

Серии географических карт по однотипному содержанию по одной территории. Серии карт этого вида объединяют признаки первого и второго вида, т. е. единообразие содержания и единство территории. На таких картах одинаковая нагрузка содержания, способы картографирования, генерализованность объектов и условные знаки. Примером служат учебные карты материков. В серию входят карты политические, физические, климатические, растительности природных зон, народов и экономические, построенные в единой равновеликой азимутальной проекции Ламберта. Характеристика территории на картах перечисленных серий может быть узкой и более широкой. Наши серии стенных карт — отраслей промышленности и сельского хозяйства для средней школы по тематике значительно расширены по сравнению с узкой тематикой серии карт грунтовых вод европейской части страны. Еще шире тематика у серии справочных карт природы страны. Серия включает набор физической, геологической, тектонической, почвенной, растительности, лесов и зоогеографической карт. Карты серий карт с единой территорией строятся в одной картографической проекции, одном масштабе, имеют одинаковую географическую основу, рамки и компоновку.

Анализ карты завершается выводом, оценкой возможности ее использования в отдельности или в составе серии. Глубина анализа карты достигается привлечением дополнительных крупномасштабных карт, описаний, справочников, материалов переписей и т. д. Более усложняется анализ серий карт и особенно анализ и оценка географического атласа, где изучаются не только серии и группы карт, но и вся система карт атласа, тематическая полнота, единство и согласованность.

Тематическое картографирование. Изучение основных географических законов размещения, свойств и взаимосвязей явлений природы и общества неразрывно связано с развитием тематического картографирования. Его роль и место в народном хозяйстве страны велико и неопределимо, так как решение многочисленных задач развития требует самых различных тематических карт.

Тематические карты среди общегеографических наиболее многочисленны и эффективны, их тематика разнообразна и безгранична. Прежде всего они предназначены для изучения, учета, оценки географических условий, рационального размещения предприятий и отраслей народного хозяйства, установления их закономерностей и взаимосвязей, организации планирования, в учебных процессах и т. д.

Знание вопросов составления, анализа, оценки и использования тематических карт имеет исключительно важное значение для студен-

тов и учителей географии. Они должны свободно владеть способами картографического изображения явлений природы и общества, правильно применять их при составлении тематических карт и атласов, развивать умение эстетично оформлять информативные картографические данные, свободно ориентироваться в сущности и многообразии тематических карт, в принципах их классификации по различным признакам. Тематическое картографирование основано на результатах или полевых съемок, или камеральных обработок данных наблюдений, обследований, материалов переписей и статистики, нанесения этих данных на существующие оригиналы карт или аэроснимки.

Тематическое картографирование, основанное на полевых съемках, наиболее распространено и разнообразно. В то же время только отдельные его виды охватывают всю территорию страны и имеют ведомственную направленность.

Географам необходимо знать назначение и основные виды тематического картографирования.

Геологическое картографирование. Предназначено для показа строения и развития земной коры, процессов, происходящих в ней, закономерностей залегания горных пород, возраста, обеспечения минеральным сырьем народного хозяйства. Геологические карты служат основой при проектировании поисковых и разведочных работ, проведении инженерно-геологических изысканий. Основные геологические карты издаются в двух масштабах — 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000. Геологическая карта масштаба 1 : 2 500 000 и тектоническая карта масштаба 1 : 5 000 000, обобщающие знания о строении и развитии земной коры, отмечены Ленинскими премиями.

В зависимости от содержания и назначения различают собственно геологические карты, тектонические, карты четвертичных отложений, литологические, карты полезных ископаемых и др.

Геологическая карта. Элементами специального содержания являются:

- 1) площади геологических образований, их возраст;
- 2) площади распространения интрузивных и эффузивных пород, их состав;
- 3) геологические границы и тектонические контакты;
- 4) геологические разрезы, стратиграфические колонки.

Для показа геологических образований, интрузивных и эффузивных пород используют способ качественного фона и индексы, согласно единой возрастной классификации и цветовой расцветки шкалы.

Геологические образования показываются с разделением их на системы, отделы и ярусы. Отделы и ярусы систем отличаются тонами более светлыми, чем цвет систем, с нарастанием интенсивности расцветки от верхних и молодых образований к нижним и старым.

Возраст геологических образований показывается индексами. Ин-

трузивные породы, в зависимости от размеров площадей распространения, подразделяются по вещественному составу и на группы.

По вещественному составу показываются: граниты, габбро, гипер-базиты, базальты. Выделяются группы: кислые, щелочные, основные и ультраосновные.

Когда интрузивные породы занимают малые размеры площадей, то они показываются без разделения на группы и состав, обозначаются одним красным цветом и индексом «J».

Эффузивные породы, независимо от размеров площадей, показываются без разделения на группы и состав, обозначаются темно-зеленым цветом и индексом «β». Возраст интрузивных и эффузивных пород не указывается.

Тектоническая карта. Карта дает общее представление о строении и тектонических процессах, сформировавших черты современного рельефа картографируемой территории.

На карте должны быть выделены элементы тектоники, но показ их не следует усложнять:

- 1) основные геоструктурные области, их возраст;
- 2) тектонические нарушения;
- 3) локальные структуры;
- 4) глубина залегания поверхности фундамента платформ;
- 5) элементы спецнагрузки (вулканы, направления складчатости, эпицентры землетрясений).

На тектонической карте способом качественного фона согласно установленной цветовой шкале показываются самые крупные структурные области в общей тектонической структуре; кристаллические основания древних платформ (щиты, массивы), плиты, краевые прогибы и впадины. Второстепенные структуры, небольшие по площади, а также структуры, выражающие в современном рельефе (антиклизы и синеклизы), разрывные нарушения показываются значками.

Тектонические нарушения (глубинные разломы) показываются только основные и изображаются линейными знаками.

Для дополнительной характеристики тектоники территории показывают глубину залегания поверхности кристаллического фундамента способом изолиний (изогипс) — гипсометрической окраской ступеней через 500, 1000 и более 2000 м.

Карта четвертичных отложений. Содержание карты должно дать общее представление о происхождении и распространении четвертичных отложений и возрасте генетических типов.

Основными элементами содержания карты являются:

- 1) площади генетических типов четвертичных отложений, их возраст;
- 2) границы оледенений, вечной мерзлоты;
- 3) формы рельефа, образованные четвертичными отложениями;
- 4) образования ископаемой флоры и фауны.

Показ четвертичных отложений осуществляется способом качественного фона, согласно установленной классификационной цветовой шкале, и не должен быть детализованным. Все зависит от особенностей территории и масштаба карты. Выделяются основные подразделения четвертичных отложений по возрасту (нижне-, средне-, верхнечетвертичные и современные).

Границы оледенений показываются линейными знаками, места находок (пыльца, споры, моллюски и т. д.) даются в легенде локальными знаками. Отдельные формы рельефа: моренные гряды, озы, камы, друмлины, вулканы изображаются внемасштабными условными знаками.

Литологические карты. Литологический состав четвертичных отложений дается в тексте легенды площадными значками различного рисунка.

Карты месторождений полезных ископаемых. На картах показаны общие закономерности в размещении и приуроченности месторождений полезных ископаемых к главным структурам земной коры. Различают металлические руды, неметаллические и полиметаллические руды. Соответственно обозначают двумя размерами и знаками двух видов. Металлические руды — химическими символами периодической системы Менделеева. Неметаллические и полиметаллические — геометрическими условными знаками на фоне тектонических областей.

Почвенное картографирование. Почвенное картографирование используется для ведения, планирования сельского хозяйства, учета земельных фондов, оценки продуктивности почв, создания агрономических и агрохимических карт. Выполняется картографирование сельскохозяйственными организациями в масштабах 1 : 5000 — 1 : 50 000 (рис. 7.1).

На почвенных картах дается общее представление о размещении основных типов почв по генетическому принципу и гранулометрическому составу. Элементами содержания являются:

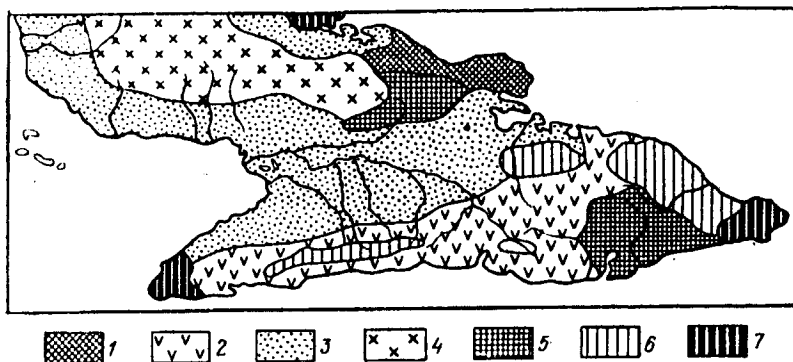
- 1) площади распространения типов почв;
- 2) механический состав почв;
- 3) разрезы основных типов почв.

Типы почв на картах показываются способом качественного фона по единой классификационной цветовой шкале, разработанной Почвенным институтом им. В.Б. Докучаева.

На картах также выделяются подтипы, виды и комплексы почв в зависимости от характера распространения почв на картографируемой территории.

Внемасштабные условные знаки применяются для отображения особенностей почвенного покрова (кислотность, засоленность и т. д.).

При составлении почвенных карт большое значение для согласования имеет Государственная почвенная карта масштаба 1 : 1 000 000. Эта карта учитывает типы почв и позволяет в государственном масштабе



Р и с . 7.1. Образец карты почвенного районирования для целей сельского хозяйства и легенда:

1 — плодородные почвы волнистых равнин, пригодные под плодовые и овощные культуры, сахарный тростник, местами под пастбища; 2 — плодородные, частично эродированные почвы слабохолмистых районов, пригодные под сахарный тростник, кукурузу, овощи и пастбища; 3 — плодородные слабоэродированные почвы, пригодные под сахарный тростник, рис и пастбища; 4 — среднеплодородные, преимущественно песчаные эродированные почвы, пригодные под плодовые, местами под табак и пастбища; 5 — среднеплодородные почвы холмистых эродированных районов, пригодные под пастбища или покрытые лесом; 6 — среднеплодородные горные почвы, покрытые лесами, пригодные под кофе, какао, пастбища; 7 — плодородные каменистые почвы, покрытые лесами, пригодные под пастбища

табе планировать мероприятия по их использованию. В основу карты положена общая программа, единая классификационная цветовая система почв, систематизированный перечень почв и единая система условных знаков. В цветовой шкале качественного фона каждому генетическому типу почв присвоен свой цвет, подтипу — оттенок, виду — интенсивность оттенка.

Мелкомасштабные почвенные карты отражают передачу закономерностей, широтную и высотную зональность, геологические условия почвообразования, тогда как крупномасштабные карты передают местные, локальные особенности размещения и формирования почв, в зависимости от рельефа.

Как правило, почвенные карты значительно обобщены.

Лесное картографирование. На картах растительности показывают современное размещение естественного растительного покрова по природным зонам, интразональную и горную растительность. Выделяют болота, земли с восстановленной растительностью.

Элементами содержания карт являются:

- 1) площади распространения основных типов растительности;
- 2) леса;
- 3) рисунки растений;
- 4) диаграммы.

Типы растительности отображают способом качественного фона в

единой классификационной цветовой шкале, разработанной Ботаническим институтом им. В.Л. Комарова, по зонам, в которых выделяются характерные типологические единицы. Лесное картографирование необходимо для эксплуатации, планирования лесного хозяйства и промышленности в областном и общегосударственном масштабах. Если учесть, что только таежная зона занимает третью часть территории равнин и плоскогорий страны, то легко можно понять значение и объем этих работ. Карты лесов создаются на основе лесных съемок. На картах отмечают подразделения лесных массивов по ряду признаков, отражающих породность, строение и ценность леса. Это состав насаждений (перечень древесных пород и их доли), возраст, продуктивность, полнота, запас древесины и ее класс товарности.

Лесные съемки колеблются в пределах масштабов $1 : 5000$ — $1 : 50\,000$, производятся изолированно, по лесничествам отдельно. Планы лесничеств объединяются в планы лесонасаждений. На планах лесонасаждений выделяемые участки леса окрашивают по преобладающим породам и возрасту леса. Кроме того, внутри каждого участка помещают символы, указывающие площадь участка, классы возраста, бонитета и добротности.

Региональные (областные) карты лесов в масштабе $1 : 300\,000$ — $1 : 1\,000\,000$ используются при планировании. В целом лесонасаждения страны показаны на карте лесов масштаба $1 : 2\,500\,000$.

Сельскохозяйственное картографирование. Сельскохозяйственное картографирование предназначено для характеристики сельскохозяйственного производства: земельного фонда, растениеводства, животноводства, отраслей сельского хозяйства, его состояния и перспектив развития на картографируемой территории.

Карты земельного фонда издаются в масштабах $1 : 10\,000$ — $1 : 25\,000$, на которых показываются внешние границы землепользования, границы производственных участков и фактическое размещение сельскохозяйственных угодий, а также населенные пункты, дорожная сеть и объекты экономического и культурного значения. На приложениях к картам отображаются работы по внутрихозяйственному землеустройству совхозов и колхозов: улучшение угодий, проведение мелиоративных, противоэрозионных и других работ.

Сельскохозяйственные угодья и их структура в процентах от общей земельной площади административных районов, областей составляются способом картограммы по единой классификационной цветовой системе.

Карты сельскохозяйственного населения, поголовья скота также составляются способом картограммы. Размещение основных сельскохозяйственных культур показывается точечным способом.

Сельскохозяйственные карты административных районов в масштабах $1 : 25\,000$ — $1 : 200\,000$ готовятся для руководства и планирования

всевозможных сельскохозяйственных проектов. Составляются сводные областные, краевые, республиканские карты землепользований в масштабах 1 : 200 000—1 : 500 000 и мельче.

Большое значение имеет разработка прогнозных карт использования и улучшения земель. Общие сельскохозяйственные карты (республик, краев, областей) обзорного типа и широкого назначения пока немногочисленны. Среди сводных работ наибольшее значение имеют комплексные атласы сельского хозяйства страны и ряда регионов.

Климатическое картографирование. Климатические карты характеризуют климат и закономерности его формирования, а также содержат метеорологические данные. Многообразие и динамичность элементов климата обуславливают многочисленность климатических карт, большинство из которых показывают распределение основных элементов климата, сочетаний климата, выражаемых средними многолетними величинами и экстремальными значениями.

Климатические карты составляются по климатическим и агроклиматическим справочникам, обобщающим результаты регулярных метеорологических наблюдений государственной сети станций и постов.

В климатической картографии страны обзорные государственные карты характеризуют макроклиматические особенности территории и обобщают колоссальные материалы метеорологических наблюдений. Например, двухтомный Климатический атлас содержит: карты температур воздуха, почвы, атмосферных осадков, испарения и испаряемости, снежного покрова (том 1); карты давления воздуха, относительной влажности, средней суточной абсолютной влажности, состояния неба, солнечного сияния и другие данные (том 2).

Картографирование растительности. Включает карты (помимо лесных) растительного покрова в целом или по отдельным его компонентам. Значение этих карт определяется ценностью растительности как естественного ресурса и оздоровительного фактора. Общие карты растительности (геоботанические) показывают размещение растительных сообществ разного ранга и их связь со средой.

Уделяется большое внимание отображению динамики растительного покрова и его изменениям в результате деятельности человека. Нередко указывается былая коренная растительность, что позволяет судить о природных особенностях территории. Наиболее подробная карта растительности вышла в масштабе 1 : 4 000 000. Карты более крупных масштабов по отдельным республикам, краям и областям помещаются в региональных комплексных атласах. Капитальный Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений (1976) содержит карты распространения каждого из этих растений с указанием объема заготовок сырья.

Тематические карты населения. На картах дается обобщенная характеристика населения: географическое размещение городского и сельского населения, людность городских поселений,

плотность населения, возрастной, половой, национальный состав, изменения числа населения и его миграции. Численность населения в населенных пунктах изображается размером и рисунком пунсона, величиной и рисунком шрифта, размещение населения отображается способом качественного фона по единой классификационной системе, занятость населения — картодиаграммой, плотность населения дается способом картограммы.

Основные карты, характеризующие население:
размещения населения и расселения;
состава населения по возрасту и полу;
миграции населения;
социальные карты (занятости, социального и профессионального состава);
этнографические и антропологические.

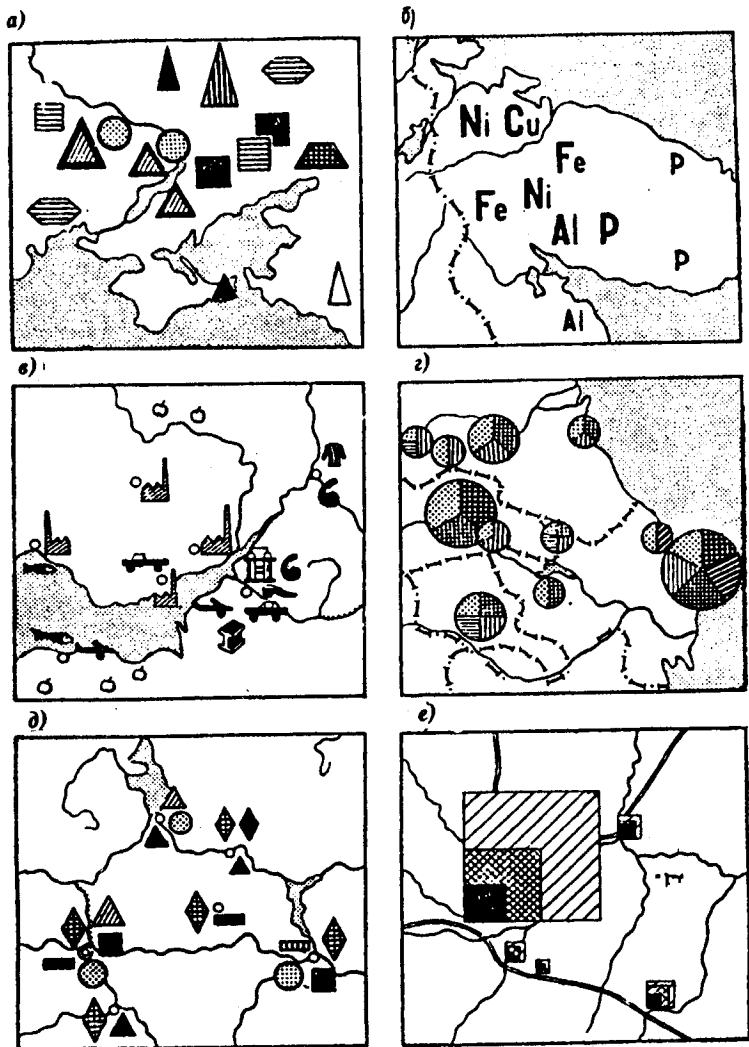
● Обращаясь к общим проблемам отраслевого тематического картографирования, нельзя не отметить карты размещения населения (экономические, административные, исторические, технические и т. д.), необходимые для исследования трудовых ресурсов и обслуживания населения. Ценность этих карт помимо непосредственного удовлетворения конкретных научных и практических запросов состоит в обобщении разнородных материалов для создания государственных карт.

Комплексное картографирование. Это метод научного обобщения результатов глубокой, разносторонней информации о природных условиях, естественных ресурсах, населении и целостного отображения действительности картографическими средствами. Без него невозможно разработать меры по сохранению и улучшению географической среды, решить многие задачи народного хозяйства, науки и культуры.

Комплексное картографирование основано на глубоком, многостороннем и взаимосвязанном территориальном изучении природных и социальных явлений, является незаменимым и ценнейшим средством научного обобщения, комплексов новых выводов и знаний.

В комплексном картографировании заложено много важных достоинств. Это, прежде всего, диапазон охвата изучаемого комплекса явлений — от небольшого и ограниченного числа явлений до синтезированного целого блока научных знаний по географическим наукам, а по величине картографируемой территории — от карт топографических до обзорных.

Сюжеты комплексного картографирования беспредельны. Это серии различных тематических карт государственных ведомств, объединенных в комплексы научных и методических исследований. Таким образом, главная задача комплексного картографирования — изготовление комплексов взаимосвязанных, скоординированных карт на основе комплексных географических исследований.



Р и с . 7.2. Виды значков:

а — геометрические; *б* — буквенные; *в* — наглядные; *г* — структурные; *д* — раздельные; *е* — нарастающие

Особенно больших успехов комплексное картографирование достигло в разработке и создании географических атласов. Это, прежде всего атлас Мира (БСАМ), Морской Атлас, ФГАМ, атлас океанов, региональные атласы справочные и школьные.

Способы картографического изображения явлений на тематических картах. Различают следующие способы картографического изображения: значковый, линейных значков и изолиний, качественного фона, ареалов, точечный, знаков движения, картограммы, картодиаграммы.

Значковый способ. Это наиболее распространенный способ картографического изображения местоположения объектов, которые не выражаются в масштабе карты или занимают площадь меньшую, чем сам картографический знак (рис. 7.2).

На тематических картах значком может быть изображено и локализованное явление. Характерным примером широкого применения значков является топографическая карта (200—300 ед. на 1 лист карты). Способ знаков позволяет показывать не только местоположение объектов, но и динамичность явлений, например, рост объектов за какой-то определенный период времени в виде «нарастающих» значков.

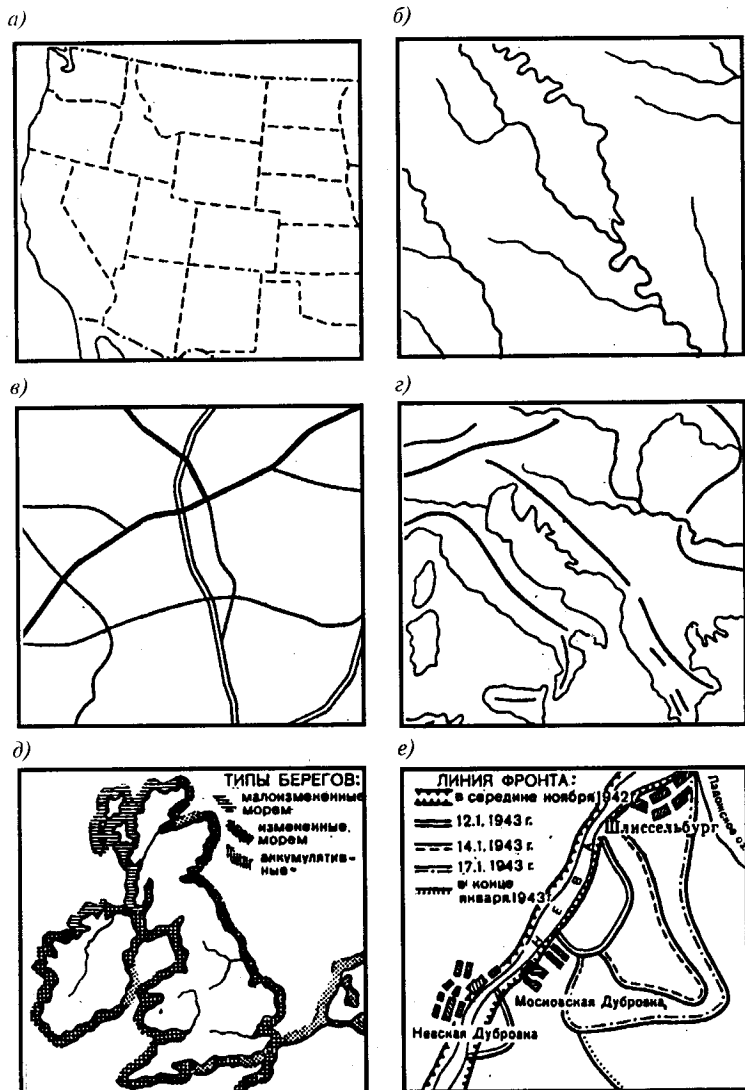
На мелкомасштабных тематических картах значки не только указывают местоположение объектов и их виды, но и дают дополнительную информацию об объекте: его величину, политико-административное значение, его изменяемость во времени (пространстве). Значки могут быть различного вида: геометрическими, буквенными, цветными. Важно, чтобы они по возможности сохраняли похожесть объекта, без труда запоминались и читались.

Шкалы значков можно строить различно. Изображение шкалы пропорционально (масштабно) величине объекта (абсолютная соизмеримость) наглядно, но неудобно, например, для показа населения в городах. Обычно чаще применяется условная соизмеримость в виде постепенно убывающей прогрессии, показывающей мягкое снижение величины объекта. Шкала значков может быть непрерывной и прерывной (ступенчатой). Непрерывная шкала изменяется непрерывно в соответствии с изменением величины объекта. Ступенчатая шкала определяет размер значка (постоянный в пределах каждого интервала) по среднему значению интервала. Размер значков при переходе к следующей ступени возрастает скачком.

Ступенчатые шкалы обычно применяют на картах для показа объектов, когда их нужно сгруппировать по классам.

Способ линейных значков. Этот способ часто применяется на тематических картах. Значки ничем не отличаются от тех, которые изображаются на картах общегеографических. Только на тематических картах их будет значительно больше за счет показа объектов, которые на общегеографические карты не наносятся: разломы, морские пути, атмосферные фронты, границы мерзлоты, плавучих льдов. Линейными значками называются знаки, которые в масштабе карты по ширине не выражаются. Обычно в старших классах учащимся предлагается работать по контурной карте и наносить отдельную тематику способом линейных значков границы государств, морские пути и т. д. (рис. 7.3).

Способ изолиний. Изолиниями называют линии, соединяющие на карте точки с одинаковыми количественными показателями, характе-



Р и с . 7.3. Линейные знаки:

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.; Атлас офицера, 1974)

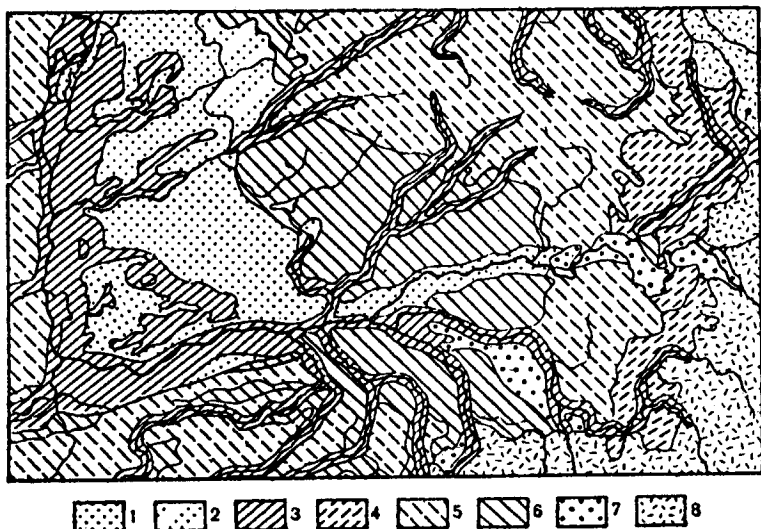


Р и с . 7.4. Изолинии (горизонтالي) 1 : 200 000

ризующими явление (рис. 7.4). Их применяют для показа непрерывных явлений, имеющих сплошное распространение на земной поверхности и постепенно изменяющихся в пространстве. К таким явлениям относятся атмосферное давление, температура воздуха, абсолютная высота местности. В школьной географии используют следующие изолинии: изогипсы, изобаты, изобары, горизонтали, изотермы, изогигеты, изофены и изохроны на фенологических картах. Учителю географии необходимо знать смысл этих изолиний и уметь применять их на уроке. Для облегчения чтения карт, составленных с помощью изолиний, промежутки между ними обычно закрашиваются различными цветами, изменяя их насыщенность. Самым распространенным примером могут служить карты с изображением рельефа гипсометрическим способом.

На всех климатических картах атласов окраска введена в ступени между изогипсами. Обычно учащиеся хорошо читают тематические карты с изображением явлений способом изолиний.

Способ качественного фона (рис. 7.5). Способ используют для показа на карте пространственного размещения явления на значительной территории без количественной его характеристики. Показ осуществляется с помощью закраски или штриховки подразделения территории по каким-либо качественным признакам — или природным, или социально-экономическим. Такими признаками могут быть: геологическое строение, национальный состав населения, сельскохозяйственная спе-

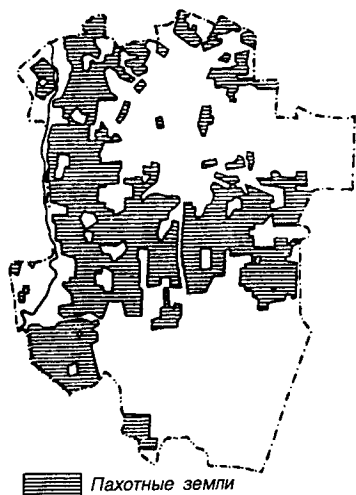


Р и с . 7.5. Применение способа качественного фона:

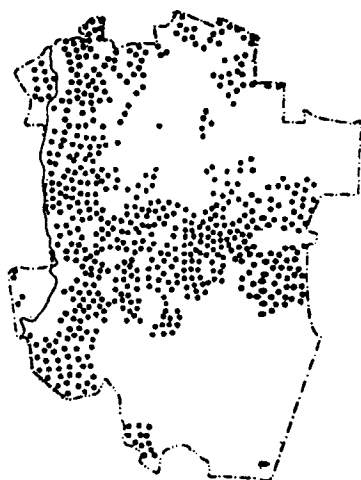
1 — торфяно-глеевые; 2 — торфянисто-глеевые в сочетании с торфяно-глеевыми; 3 — пойменные дерновые; 4 — таежно-поверхностно-глеевые; 5 — таежно-поверхностно-глееватые; 6 — охристо-элювиально-глеевые; 7 — подзолы элювиально-гумусовые; 8 — дерново-слабоподзолистые почвы

циализация и т. д. Применение этого способа требует подразделения всей без исключения территории по какому-то выбранному признаку. Примеры карт, составленных способом качественного фона, приведены в атласе для учителей средних школ. Это карты: народов, геологическая, тектоническая, почвенная, растительности и т. д. Не следует, однако, фоновую окраску территории путать с качественным фоном или с окраской ареалов.

Карты физико-географического районирования также составляют способом качественного фона, поскольку каждый из выделяемых регионов обладает определенным комплексом качественных признаков. Разработка классификации явления требует использования различных признаков. Например, для рельефа такими признаками являются генезис, возраст, морфология рельефа и др. Каждый признак используется отдельно или в их сочетаниях. Поэтому разработка классификации представляет серьезную и ответственную научную задачу. При подборе цветов стремятся к тому, чтобы типам картографируемого явления, сходным в качественном отношении, присваивать близкие цвета. В этом способе цветные фоны нередко заменяются одноцветными штриховками, отличающимися друг от друга рисунком и степенью затемнения фона карты.



Р и с . 7.6. Ареалы пахотных земель



Р и с . 7.7. Точечный способ:
одна точка — 500 га пахотных земель

Способ качественного фона легко сочетается с другими способами изображения.

Способ ареалов (рис. 7.6). Этот способ применяют для показа на значительной территории распространения какого-либо явления: сельскохозяйственной культуры, отрасли производства, вида животных, растительности, полезных ископаемых, оледенения и т. д. По характеру размещения явление в пределах своего ареала может быть непрерывным, сплошным или прерывистым (дискретным). Различают ареалы абсолютные и относительные. Абсолютным является ареал, когда вне его пределов данное явление не встречается (вид животного). Относительный ареал более узок, он охватывает территорию, на которой то же явление обладает определенными свойствами (например, белка, крот имеют плотность распространения, достаточную для промысловой охоты). Для передачи ареалов на картах используются различные приемы: ограничение ареалов сплошной или пунктирной линией, определенного рисунка, окрашивание ареала, штриховку, равномерное размещение в пределах ареала штриховых знаков (нередко без границы), указание ареала надписью, отдельным рисунком. Оформление ареалов без обводки удобно для приближенных (схематических), с обводкой — для ареалов точно установленных. Знаки — ареалы обозначают площади, тогда как значки передают локализованные объекты. На одной и той же карте ареалы могут перекрываться. Часто их применяют в качестве вспомогательного способа (на карте магнитных склонений выделяют магнитные аномалии). Некоторые ареалы можно

рассматривать как частный случай способов качественного фона или изолиний (выделение на карте области какой-либо одной народности). Иногда ареал может заменять группу немасштабных знаков (например, изображение ареала золота вместо значков золотых приисков).

Ареалы нередко сопровождаются количественными показателями, выражающими или суммарную величину явления внутри ареала, или среднюю интенсивность явления (количество деловой древесины на 1 га). В этом случае ареал называется количественным.

Учащимся следует при рассмотрении региональных комплексных карт атласов разъяснить отличия значков от способа ареалов, передающих явления на картах через значки и обозначающих площади.

Точечный способ. Применяется при картографировании рассредоточенных явлений, размещенных на значительной территории. Этим способом изображают, например, величину и размещение посевных площадей, сельского населения, домашнего скота и других явлений. Применяют для показа абсолютную величину явления. При этом определенное количество явления принимают за точку и наносят ее на местоположение объекта. Весь объект будет в результате изображаться группой точек, одинаковых по величине и значению (рис. 7.7). Таким образом, создается наглядная картина размещения явления, а количество укажет абсолютную величину картографируемого явления.

При картографировании этим способом важно определить вес одной точки, т. е. количество явления, выраженного в одной точке. Весу точки можно придавать абсолютное и относительное значения. Обычно в практике работы вес точки определяется самым низким, чтобы точки не сливались на карте. Точки малого веса эффективны для районов малой плотности явления. Они могут сливаться при большой плотности явления. В этом случае применяют точки с укрупненным весом, где вес точки больше величины объекта, объекты объединяются в группы и точки наносятся по месту более крупной группы.

Для обозначения качественных частей явления применяют точки цветные. Например, по цвету точек можно установить национальный состав населения, выделить в технических культурах посевы льна, конопли, хлопка.

Точечный способ широко применяют при составлении тематических карт. Он прост по исполнению, хорошо передает информацию о явлении, нагляден.

Способ знаков движения (рис. 7.8) служит для показа различных пространственных перемещений, относящихся к природным или социально-географическим явлениям (морские течения, перелеты птиц, путешествия, миграции, перевозки грузов, экспедиции и т. д.). Способ часто применяют на тактических и оперативно-стратегических картах, для показа транспортных связей: экономических, торговых, финансовых, политических, культурных. Знаки движения применимы для

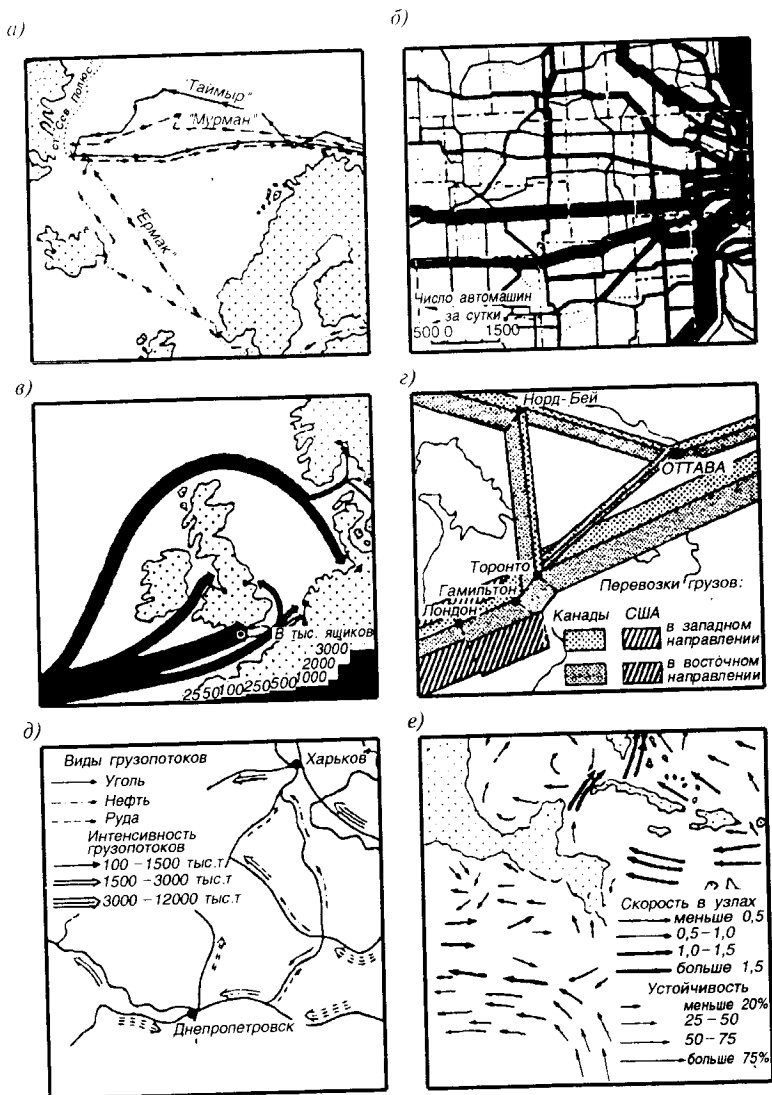
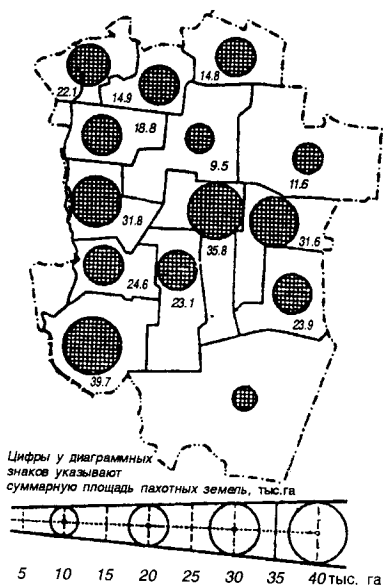
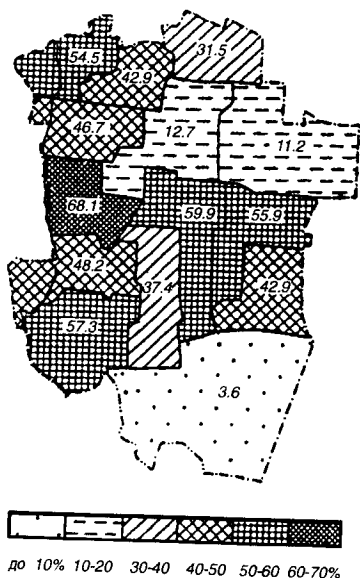


Рис. 7.8. Различные виды знаков движения:

а — маршруты (пути плавания судов при снятии в 1938 г. станции «Северный полюс»; Морской атлас, т. II, 1953); б — ленточные знаки потоков с передачей действительного пути (число автомашин за сутки по дорогам штата Иллинойс; Атлас ресурсов Иллинойса, вып. 4, 1960); в — схематизированные ленточные знаки грузопотоков (перевозка яблок по железным дорогам в районе Великих озер (Атлас Онтарио, 1969); д — векторные знаки грузопотоков угля, нефти и руды (Большой советский Атлас мира, т. I, 1937); е — векторные знаки поверхностных морских течений (Атлас океанов, Тихий океан, 1974)



Р и с . 7.9. Картодиаграмма с фигурами в непрерывной условной шкале



Р и с . 7.10. Картограмма, процент площади под пахотными землями

явлений любых по размещению: для точечных (движение корабля), линейных (движение фронтов), площадных (земель), рассеянных (миграции животных), плотных (перемещение масс воздуха). При помощи знаков можно показать путь, способ движения, направление и скорость перемещения, качество, мощность, структуру явления.

Основным графическим средством для отображения движения и связей служат векторы (стрелки), которые различаются по ориентировке, форме, величине, цвету, тону, структуре. Для различия величины явления достаточно указать длину и ширину. Другое средство — ленты (полосы), различная ширина которых выражает мощность потоков пассажиров, грузов и т. п. Знаки движения наглядны и просты для понимания. Это определило их широкое применение на тематических, а также на школьных картах.

Картодиаграммы (рис. 7.9). Это способ изображения распределения какого-либо явления посредством диаграмм, размещаемых на карте внутри единиц территориального деления и выражающих абсолютную суммарную величину явления в пределах каждой территориальной единицы и ее структуры. Их используют для наглядного сравнения валовой продукции промышленности по областям в натуральном или ценностном выражении, размер площадей лесных, пахотных угодий. Картодиаграмма воспроизводит пространственную локализацию статистических данных. В картографии различают линейные (столбики,

полоски), площадные, объемные диаграммы. Картодиаграмма без показа административного или территориального деления немыслима. Диаграммы не относятся к определенным пунктам, а выражают суммарную величину явления в границах отдельных территориальных единиц; не показывая местоположение внутри единицы, картодиаграмма с точки зрения географии несовершенна.

Картограммы (рис. 7.10). Это также статистический способ показа средней интенсивности какого-либо явления в пределах конкретных административных (территориальных) единиц. Они выражают относительные показатели, получаемые в результате деления двух абсолютных величин (плотность населения на 1 кв. м, производство продукции в кг, кв. м на душу населения и т. д.). В современной картографии много разновидностей картограмм: шкалы арифметической или геометрической прогрессии, блок-диаграмма, псевдоизолинии, структурные картограммы, сетки квадратов, кружки, штриховка, расцветка и т. д.

Специальные карты. Это карты, тематические по содержанию, но специальные по назначению, предназначенные для решения каких-то специальных задач.

Важнейшие виды специальных карт: научно-справочные, справочные, учетные, агитационно-пропагандистские, туристские, военные. В свою очередь, учебные карты подразделяют на карты для начальной, средней и высшей школы. Очевидно, что все тематические карты, с которыми сталкивается учитель географии в своей повседневной деятельности, относятся к числу специальных, а точнее, учебных карт.

Содержание одноименных настольных и стенных карт не должно различаться. При правильном подходе к использованию тематических карт, при их постепенном усложнении при переходе от класса к классу перед учителем открываются широкие возможности повышения эффективности всего учебного процесса. Необходимо учитывать, что малосодержательные, упрощенные задания в старших классах так же бесполезны, равно как и непосильные — в младших.

7.4. Географические атласы

Название «Атлас» было впервые использовано для собрания географических карт в 1595 г. картографом Меркатором в честь Атласа — мифического короля Ливии, по легенде впервые изготовившего небесный глобус. В дальнейшем это название получило всеобщее признание.

Географическими атласами называют картографические произведения, главной составной частью которых является система географических карт, созданных по единой программе, объединенных общим назначением и едиными средствами картографического отображения действительности. Это — энциклопедия научных знаний о земной поверхности и ее явлениях, последних достижениях науки и народного хозяйства. Атласы не только обобщают колоссальный географический

материал исследований, но и отображают его в компактной и сопоставимой форме, что позволяет давать в них исключительно глубокую, многостороннюю характеристику территории по сравнению с отдельными географическими картами. Атласы содержат также географические описания, сведения об особенностях территории, различные таблицы и указатели. В их создании участвуют многие ведущие специалисты картографических предприятий, научно-исследовательские учреждения, академии и университеты, различные ведомства. Атласами пользуются при изучении и оценке природных ресурсов, составлении планов рационального размещения и использования промышленности, сельского хозяйства, транспорта, сети учебных и лечебных планов, преобразования природы, при решении многих и многих народнохозяйственных задач.

Атласы, как и общегеографические карты, классифицируются по территориальному охвату, назначению, содержанию и оформлению и т. д. По территориальному охвату — атласы мира, материков, отдельных стран, областей, провинций и т. д. По содержанию — атласы общегеографических карт: отраслевые атласы тематических карт (геологических, климатических, сельского хозяйства и т. д.); атласы комплексные, включающие карты взаимосвязанных явлений (климата и океанографии) или дающие многостороннюю целостную характеристику природы, населения, экономики и политико-административного устройства территории. По назначению — атласы научно-справочные, краеведческие, учебные, туристские, дорожные и т. д. По размеру — атласы настольные от больших размеров (в нескольких томах) до карманных. Качество любого географического атласа определяется его целостностью, полнотой информации, внутренним единством, его структурой и уровнем. Среди атласов мира особенно ценны: большой справочный общегеографический Атлас мира (1967), физико-географический Атлас мира (1964) с тремя разделами карт — мира, континентов и СССР, характеризующими рельеф, геологическое строение, тектонику, геоморфологию, почвы, климат, растительность, районирование; комплексный четырехтомный морской атлас, который является капитальным руководством по географии океанов и морей. Огромный интерес представляют: Атлас народов мира (1964), отображающий этнический состав населения мира, плотность расселения, численность, миграции, языки, религии; Атлас истории географических открытий и исследований; Атлас Антарктиды, содержащий современную многостороннюю характеристику природы Антарктиды, обобщенные результаты многолетних исследований и материалы других стран. В 1980 г. издан справочный комплексный географический атлас для учителей средней школы. Само название атласа означает огромный комплекс научных знаний, содержащихся в нем и используемых в общеобразовательных целях.

В 1986 г. издан Атлас географический справочный. Он включает

обширную информацию о физико-географических и социально-географических особенностях государств.

Среди зарубежных всемирных атласов интересны Оксфордский экономический атлас мира (1965), в котором дается обширная характеристика отраслей сельского хозяйства и промышленности различных стран.

Для углубленного изучения стран особенно полезны национальные атласы отдельных стран, обычно содержащие разностороннюю характеристику природы, населения, экономики и культуры как труды национального значения и престижа.

Выпускаются также отраслевые тематические атласы. Наиболее распространены климатические атласы, сельского хозяйства и особенно дорожные атласы.

В нашей стране большое научное и практическое значение приобрели региональные атласы республик, краев и областей. Среди них различают: научно-справочные, содержащие свод современных знаний по географии региона, комплексные атласы для школ, краеведения.

7.5. Использование мелкомасштабных географических карт

Карта — средство познания действительности.

В научной и практической деятельности всестороннее использование общегеографических и тематических карт может быть полным и глубоким только при знании особенностей и анализа конкретных карт. Многообразие приемов научного познания прогноза явлений анализа по географическим картам называют *картографическим методом исследований*. Картографический метод используют для исследования закономерностей пространственного размещения явлений, их взаимосвязей, зависимостей и развития. Впервые этот термин ввел К.А. Салищев — основоположник теории картографии. Многообразие приемов анализа и обработки карт при картографическом методе можно объединить в следующие способы:

1. Визуальный анализ или зрительное исследование по картам отображаемых явлений.

2. Построение по картам профилей и разрезов (дающих наглядное представление о вертикальной структуре явлений), блок-диаграмм, различных графиков и диаграмм и т. д.

3. Картографические работы для определения по картам координат, расстояний, длин, высот, площадей, объемов, углов и других количественных характеристик объектов.

4. Математико-статистический анализ, применяемый:

для исследования по картам однородных явлений (урожайности,

плотности населения и т. д.), их размещения и временных изменений, определяемых факторами с их неизвестной зависимостью;

для определения формы и тесноты связей между различными явлениями посредством корреляционных коэффициентов зависимости.

5. Преобразование карт для получения производных карт, предназначенных и удобных для конкретного исследования.

6. Картографическое моделирование, понимаемое как система создания, анализа и преобразования картографических произведений в пространственные модели реальных объектов, явлений и процессов с целью получения от них нового познания (А.М. Берлянт, 1986). Моделирование — одно из наиболее распространенных понятий в науке. Под *моделью* понимается любой образ (изображение, схема, чертеж, график, план, карта и т. д.) какого-либо объекта, процесса или явления, используемого в качестве его заместителя, а *моделирование* — одна из основных форм теории познания. Поскольку картография относится к точным наукам и имеет широкое математическое обоснование, то следует отметить некоторые особенности математического и картографического моделирования. При известных аналогиях в их процессах необходимо видеть их существенные различия. Картографическое моделирование заключается в абстрагированном, упрощенном показе явления, которое отличает ее от математической и другой модели. Оно обуславливает образную наглядность картографических характеристик территории, объясняет разнообразие направлений использования карт в науке и практике. Несмотря на отличия математической и картографической моделей, именно математика послужила причиной возникновения и применения на картах математической статистики и способов их построения.

7.6. Решение задач по мелкомасштабным географическим картам и атласам

Выявление пригодности карты в решении многих задач и в определении характерных особенностей предварительно решается анализом ее содержания и свойств. На основании проведенного анализа делается вывод или оценка качества карты. Для анализа и оценки качества рассматриваются: современность, полнота, детальность и достоверность содержания, степень генерализации, геометрическая точность, совершенство изображения и оформления, математическое обоснование и др.

Анализ общегеографических карт выполняется в следующей последовательности:

1. Выходные сведения, заглавие, содержание, назначение, авторы:

выходные данные (место, год издания, издательство), наименование ведомства, издающего карту, атлас и т. д.; число красок.

2. Математическая основа: главный масштаб, картографическая проекция (название, свойства, искажения и т. д.).

3. Географическое содержание:

гидрографические объекты, их виды, режим, состав, использование, особенности, генерализация;

рельеф: способы, особенности, построение шкалы (высот и глубин);

растительность и грунты, классификация, условные знаки, генерализация;

социально-экономические объекты: населенные пункты (их классификация), черты расселения, генерализация, место положения (относительно рек, рельефа и других объектов);

политико-административное деление: границы, центры, особенности отбора и изображения;

культурно-экономические объекты: типы, особенности размещения, состояние, значимость и т. д.;

пути сообщения, виды, особенности, состояние, генерализация;

надписи: категории, градации, количественные и качественные характеристики, пояснительные надписи, размер, цвет, характер шрифтов.

4. Элементы оснащения: легенды, масштаб, картографическая сетка, рамки, зарамочное оформление.

5. Элементы дополнительной характеристики территории: врезные карты, профили, текстовые данные.

6. Компонировка карты: расположение картографируемой территории, ее границы, средний меридиан, целостность и т. д.

7.6.1. Определение картографической проекции Политической карты Мира (Атлас для учителей средней школы, с. 48)

Анализ. Средний меридиан 30° — прямая линия, остальные меридианы — кривые, выпуклостью от среднего меридиана (части дуг эксцентрических окружностей). Параллели — кривые линии выпуклостью к экватору (части дуг эксцентрических окружностей). Средний меридиан и экватор — прямые. Параллели делят средний меридиан на равные части. Параллели и экватор меридианами делятся также на равные части. Полус в рамку не входит.

Для карт Мира применяют поликонические проекции.

Вывод. Карта составлена в нормальной произвольной поликонической проекции ЦНИИГАиК, вариант 1950 г. Правильность вывода подтверждает табл. П2.2 (см. прилож. 2).

7.6.2. Определение картографической проекции карты Арктики (Атлас для учителей средней школы, с. 29)

Анализ. Меридианы — прямые, исходящие из точки полюса, равноразделенные параллелями. Параллели — концентрические окружности, проведенные радиусами из точки полюса. Углы между меридианами сохраняют натуральную величину.

Вывод: Карта составлена в полярной равнопромежуточной по меридианам азимутальной проекции Постеля (см. табл. П2.3, прилож. 2).

7.6.3. Определение картографической проекции карты Тихого и Индийского океанов (Атлас для учителей, с. 30—31)

Анализ. Средний меридиан — 160° — прямая линия, перпендикулярная всем параллелям, остальные меридианы — кривые (части дуг экскентрических окружностей).

Средний меридиан параллелями делится на неравные промежутки, убывающие от экватора на север и юг.

Параллели, равноразделенные меридианами, — параллельные прямые.

Вывод. Карта составлена в произвольной псевдоцилиндрической проекции К.А. Урмаева (см. табл. П2.2, прилож. 2).

7.6.4. Определение для точки N наибольшего и наименьшего масштабов длин и площадей, максимального искажения углов

Величину искажений по карте надо уметь определять для того, чтобы представлять, какие в данной точке карты существуют искажения длин, углов, площадей и форм.

Смотря на искаженную карту, надо уметь представлять истинную протяженность территории, истинную площадь государства, а также ее конфигурацию и соотношение углов.

О размерах искажений на карте судят не по абсолютному значению частного масштаба, так как это не показательно. Надо знать именно соотношение главного и частного масштабов. Поэтому главный масштаб принимают за единицу, а частные масштабы выражают в долях главного. Частный масштаб обозначают через относительное искажение μ (в данной точке, по данному направлению). Например, $\mu - 1 = 2,5 - 1 = 1,5$ или 150 %.

Для характеристики искаженности государства, острова, залива в целом используют наибольшее и наименьшее значения μ , т. е. его значение по главным направлениям. Выражают масштаб длин тоже в

долях главного, т. е. a и b , принимаемые как показатели искажений длин в данной точке, или выражают через $a - 1$ и $b - 1$.

Иногда искажения длин в данной точке характеризуют масштабами длин по меридиану и параллели. Показатель искажений площадей выражают в долях главного P . Искажение углов между меридианами и параллелями обозначают через $\epsilon = \theta - 90^\circ$.

▽ 7.1. Определить на карте масштаба 1 : 30 000 000 по географическим координатам точки N ее наибольший и наименьший масштаб (рис. 7.11).

Измеряем на карте длину дуг меридиана и параллели, проходящих через точку N : 70 мм и 64 мм.

На эллипсоиде

$$\cup 20^\circ \text{ мер.} = 2212406,0 \text{ м;}$$

$$\cup 20^\circ \text{ пар.} = 2192820,0 \text{ м.}$$

1. Вычисляем частные масштабы:
по меридиану

$$\mu = \frac{70 \text{ мм}}{22124060000 \text{ мм}} = \frac{1}{31605800};$$

по параллели

$$\mu = \frac{64 \text{ мм}}{2192820000 \text{ мм}} = \frac{1}{34262}.$$

Масштабы, выраженные в долях главного:
по меридиану

$$m = \frac{1}{31605800} : \frac{1}{30000000} = 0,94;$$

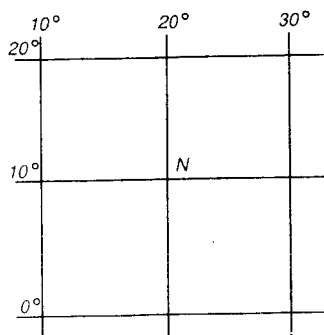
по параллели

$$n = \frac{1}{34262181} : \frac{1}{30000000} = 0,89.$$

2. Искажение площади $p = m n \sin \theta$,

$$p = 0,4 \cdot 0,89 \cdot 1 = 0,84.$$

3. Вычисление наибольшего и наименьшего масштабов:



Р и с . 7.11. Определение наибольшего и наименьшего масштаба

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\sqrt{0,94^2 \cdot 0,89^2 + 2 \cdot 0,84}}{\sqrt{0,94^2 \cdot 0,89^2 - 2 \cdot 0,84}} = \frac{\sqrt{0,9 + 0,79 + 1,68}}{\sqrt{0,9 + 0,79 - 1,68}} = \frac{\sqrt{3,37}}{\sqrt{0,01}} = \frac{1,54}{0,1},$$

$$a + b = 1,54;$$

$$a - b = 0,1; \quad 2b = 1,44; \quad a = 0,82; \quad b = 0,72.$$

4. Максимальное искажение углов

$$w = \frac{a-b}{a+b} = \frac{0,82 - 0,72}{0,82 + 0,72} = \frac{0,10}{1,54} = 0,06.$$

5. Искажение форм

$$k = \frac{a}{b} = \frac{0,82}{0,72} = 1,14.$$

7.6.5. Описание обзорной общегеографической карты

Обзорная общегеографическая карта (РСФСР, Китай, Корея, МНР) составлена в 1974 г. и издана в 1975 г. Иркутской картографической фабрикой в масштабе 1 : 2 500 000. Предназначена для общего изучения территории. На карте сильно обобщена характеристика природных и социально-экономических элементов: нет полного показа растительного покрова, климатических особенностей территории, фауны, земного магнетизма, геологического строения. Карта отпечатана в 10 красок (6 штриховых, 4 фоновых). Тираж 25 000 экз. Карта составлена в равноугольной конической проекции с двумя стандартными параллелями 50° и 60°. Средний меридиан 126°.

Картографическая сетка. Сетка представляет собой сеть меридианов с частотой 3° и параллелей с частотой 2°; меридианы — прямые линии, перпендикулярные параллелям; параллели — части дуг концентрических окружностей малой кривизны. Рамки карты прямоугольные.

Максимальные искажения длин на крайних параллелях карты составляют 1,05, а площадей до 10 %. В содержание элементов природного ландшафта на карте входят главным образом гидрография, рельеф и отдельные элементы почвенно-растительного покрова (пески, болота, солончаки), а из социально-экономических — населенные пункты, пути сообщения, политико-административное деление территории.

Гидрография. На карте показаны части Японского и Охотского морей, реки, озера, водохранилища. Характеристика морей на карте приведена скупно. Береговая линия морей, представленная в основном коренным (сбросовым) берегом, сильно расчленена на юге карты и обобщена. Не показаны строение рельефа морского дна гипсометрическим способом, а также отметки глубин.

Наиболее подробная характеристика дана структурным частям морей: Татарский пролив, Сахалинский, Амурский, Ульбанский зали-

вы, залив Академии, Удская губа и др.; подробно нанесены морские рейсы, порты, гавани. Речные системы крупнейших рек с притоками: Амура (Зея, Бурея, Уссури), Лены (Алдан, Вилюй, Анабар, Оленек, Яна, Индигирка, Колыма, Анадырь) хорошо читаются, судоходность рек отображена характером шрифта, начало судоходства — условным знаком. Однако начало судоходства, урезы на реках показаны только на крупнейших. Речные порты, пристани и другие речные сооружения не показаны.

Питание рек и озер преимущественно снеговое и дождевое. На карте реки показаны протяженностью более 2 см. Озера также нанесены только крупные (более 4 мм): Ханка, Болонь, Орель, Баунт и др. Все озера с пресной водой.

Рельеф суши. Рельеф суши изображен гипсометрическим способом в сочетании со способом отмывки и отметками высот, что придает особую наглядность и выразительность изображения.

Гипсометрическая шкала высот дана с четырьмя ступенями: 0—500, 500—1000, 1000—2000, 2000 м и выше.

Рельеф на карте представляют крупнейшие горные системы и хребты: Сихотэ-Алинь (2077 м), Буреинский (2219 м), Джагды (1593 м), Селемджинский (2348 м), Становой, Джугджур, Срединный, Черского и др.; Становое, Патомское нагорья, Приленское плато. Простираение хребтов преимущественно параллельное друг к другу с северо-запада на северо-восток. Наибольшие обширные низменности — Нижнеамурская, Зейско-Буреинская, Приханкайская, Уссурийская. В северной части карты горные системы постепенно снижаются и переходят в Приленское плато (463 м) и далее в заболоченную равнину с высотами (215—250 м). Из элементов почвенно-растительного покрова на карте показаны пески, болота, солончаки.

Населенные пункты. На карте все города краевого и областного значения отображены контурным условным знаком оранжевого цвета, показывающим их размещение относительно рек, дорог и рельефа.

Остальные населенные пункты изображены пунсонами различного размера и рисунка, в зависимости от числа жителей, экономического и административного значения.

Города по числу жителей подразделяют на градации:

1. Свыше 1 000 000 жителей.
2. От 250 000 до 1 000 000 жителей.
3. От 50 000 до 250 000 жителей.
4. От 10 000 до 50 000 жителей.
5. Менее 10 000 жителей и поселки сельского типа.

По административному значению:

1. Центры краев и областей.
2. Центры национальных округов, автономных областей и административных единиц первого порядка.
3. Прочие населенные пункты.

В зависимости от заселенности территории относительная густота размещения населенных пунктов на карте разная. В южных густонаселенных и индустриальных районах Приморья, Хабаровского края, трассы БАМа норма отбора населенных пунктов гораздо выше, чем в северных, где показаны почти все поселки сельского типа.

Пути сообщения. На карте ярко прослеживается разная обеспеченность территории путями сообщения и структура транспортной сети. Она выше в упомянутых ранее районах и слаборазвита к северу от трассы БАМа. Пути сообщения представлены на карте железными дорогами — магистральными и прочими; главными автомобильными дорогами; тропами и зимниками, а также морскими рейсами. Автомобильные грунтовые дороги наиболее полно показаны в северной части карты, где даже тропы и зимники имеют важное значение. Большое значение имеет речное судоходство, которое в летнее время является для северных районов основным видом сообщения и перевозок.

Политико-административное деление территории. На карте показана государственная граница СССР. На большом протяжении она проходит по реке Амур, поэтому имеет особенности при ее изображении: точно повторяет очертания реки, слабо генерализована. Изображена линейным знаком, прерывными участками из трех звеньев и цветной окантовкой, направленной в сторону сопредельных государств.

Границы административного деления территории на карте не выделены. Показаны только административные центры краев контурным условным знаком с окраской внутри, административные центры областей — пунсонами.

7.6.6. Описание школьно-краеведческого атласа Смоленской области

Атлас издан в 1998 г. Смоленским полиграфкомбинатом с диапозитивов, подготовленных Минской картографической фабрикой № 2. Атлас предназначен для широкого круга читателей и учащихся для изучения природы, экономики, культуры и истории родного края. В создании Атласа участвовали Смоленский государственный педагогический университет, Смоленский комитет образования, Смоленский комитет по охране окружающей среды.

Формат атласа 23 x 29 см, объем 6 п. л., тираж 15 000 экз.

Содержит 27 с. карт, 6 с. текста, условных знаков и оглавления.

Вводный раздел. Этот раздел содержит:

сведения об авторах и организациях, участвовавших в разработке авторских экземпляров карт, в редактировании и подготовке карт к изданию;

оглавление, содержащее 31 название карт и их масштабы; краткие сведения о географических особенностях природных условий и ресурсов, экономике, культуре, истории Смоленской области; условные знаки — общие для всех карт Атласа; сокращения, схематический план Смоленска.

Административная карта. Атлас открывается административной картой в масштабе 1 : 1 500 000. На ней выделены разными цветами границы 24 административных районов области и показаны города областного подчинения.

Далее следует общепринятая серия тематических карт для географических атласов.

Физическая карта. На ней гипсометрическим способом в сочетании со способами отмывки и высотными отметками выразительно и наглядно изображен рельеф области. Ввиду значительной генерализации показаны и подписаны крупные формы рельефа:

возвышенности — Смоленская, Вяземская (320 м), Духовщинская, Слободская;

низменности — Западно-Двинская, Сожско-Остерская, Вазузская и др.

Подробно нанесена гидрографическая сеть: Днепр, Зап. Двина, Сож, Угра; крупные озера — Баклановское, Сапшо; Вазузское водохранилище и др.

Глубина расчленения рельефа показана на карте-врезке в масштабе 1 : 3 500 000. Населенные пункты отображены условными знаками — пунсонами со значительным отбором; из почвенно-растительного покрова отображены болота.

Геологическая карта. На ней нанесены отложения пород разных периодов (неогеновые, палеогеновые, меловые, юрские, каменноугольные, девонские), ярусы и свиты.

Глубину залегания кристаллического фундамента хорошо иллюстрирует геологический профиль по линии Мстиславль, Дорогобуж, Вязьма, Гагарин, Батюшково, а также стратиграфическая колонка. В виде отдельных карт в состав Атласа входят:

1) карта четвертичных отложений и месторождения полезных ископаемых, несущие подробную характеристику современных древнеаллювиальных отложений Валдайского и Московского оледенений, виды и месторождения полезных ископаемых (бурый уголь, фосфориты, известняки, мел, глины, пески);

2) гидрогеологическая и гидрологическая карты, дающие сведения о распространении, глубине залегания и минерализации грунтовых вод в различных отложениях, сведения о густоте речной сети, характере речных стоков, расходе вод и распространении речных стоков по сезонам;

3) геоморфологическая карта содержит подробные сведения о

ледниковом рельефе разных возрастов, геоморфологическом районировании провинций, подпровинций и районов ледникового рельефа.

Климатические карты. Климатические карты годового количества осадков, температуры воздуха и направления ветра посредством шкалы изолиний с послойной окраской ступеней несут сведения о среднегодовом распределении осадков, о температурном режиме области (среднегодовые изотермы, абсолютный максимум и минимум температур), о направлении ветров зимой и летом.

Карты месячных температур воздуха и осадков. Они дают характеристику среднемесячных количеств осадков и среднемесячных температур на территории области.

Почвенная карта. Карта несет характеристику распространения почв и типов почв, различия в их механическом составе.

Карта растительности. Эта карта показывает распространение растительных сообществ, дает сведения о начале цветения черемухи, вишни, яблони, продолжительности периодов посева, созревания, уборки картофеля, льна, ржи. Завершающими картами природных условий и естественных ресурсов являются зоогеографическая карта и карта ландшафтно-географического районирования.

Зоогеографическая карта. На ней показаны распространение и виды животных (млекопитающих, птиц и рыб) на территории области, а также мероприятия, связанные с использованием, обогащением, охраной природы (заказники, зеленые зоны, охотничьи хозяйства, районы акклиматизации животных и т. д.). Значками отображены места обитания животных, занесенных в Красную книгу области, показаны изменения животного мира.

Карта ландшафтно-географических районов. На ней отображены различные виды ландшафтов и объединение их в районы, провинции и зоны. На территории Смоленской области, расположенной в зоне смешанных лесов, выделено 3 провинции, 18 физико-географических районов.

В атласе раздел социально-экономических карт начинается с карты населения.

Карты численности и плотности населения. Они отображают типы населенных пунктов, число жителей и плотность населения в области.

Дополнительную характеристику к карте дают график изменения численности населения и диаграмма изменения структуры населения, помещенные на полях карты. Численность населения городов и поселков городского типа определяет шестиступенчатая цветная шкала основных знаков в диапазоне от 1 тыс до более 150 тыс жителей.

Плотность сельского населения изображена способом изолиний с послойной окраской (шесть ступеней с диапазоном от 5 до 50 чел. на 1 км²). На общеэкономических картах атласа общепринятыми способами (структурные значки, качественный фон) изображена специализация промышленных городов и сельскохозяйственных районов

области. Разностороннюю характеристику отдельных отраслей промышленности (машиностроения, металлообработки, строительных материалов, стекольной, деревообрабатывающей, текстильной, пищевой, пищевой) дают 14 карт социально-экономического направления. Карты сельскохозяйственной специализации: посевов зерновых и технико-кормовых культур, картофеля, овощей, разведения крупного рогатого скота, овец, коз, свиней и др. Характеристика тематического содержания карт передана способом структурных знаков (отрасли промышленности), картограммы (посевы льна), точечным (размещение садоводства). Содержание карт дополняют структурные графики, диаграммы изменений показателей и др. Сеть железных и автомобильных дорог полно представлена на административной и общезакономической картах. Отдельная карта транспорта в атласе не предусмотрена.

Автомобильные дороги подразделены на общегосударственные, республиканские и областного значения.

Транспортная сеть в атласе изображена традиционными условными обозначениями.

Карты образования, здравоохранения и культурно-массовых учреждений, туристская и исторические карты. Эти карты завершают характеристику экономических карт и разделы атласа в целом.

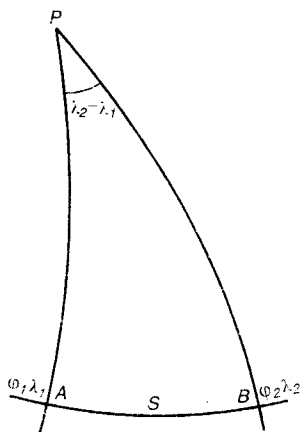
Дают разностороннюю информацию о размещении высших, средних специальных учебных заведений, о числе общеобразовательных школ, библиотек, театров, музеев, памятников и т. д.

Тематическое содержание туристской карты направлено на характеристику сети туристских объектов: исторические, архитектурные памятники, экскурсионные объекты, памятные места, туристические маршруты, базы отдыха и др. Содержание исторических карт завершают военно-исторические карты: Смоленское княжество в XII—XIV вв., Отечественная война 1812 г., Великая Отечественная война 1941—1945 гг.

● Изданный атлас Смоленской области является ценным справочным комплексным современным географическим произведением, предназначенным для школьников, студентов, краеведов.

7.6.7. Определение расстояний по мелкомасштабной карте

Надо помнить, что любая мелкомасштабная географическая карта в той или иной мере несвободна от искажений расстояний, площадей, углов и форм, вызванных применением картографической проекции. Распределение величин искажений на карте не постоянно. Измерение расстояний можно осуществить только по направлению линий нулевых искажений или по меридиану, где изменение длин меридиальных отрезков, в зависимости от широты, не так значительно, как на



Р и с . 7.12. Сферический треугольник

параллелях. Достаточно определить широты начального и конечного пункта по меридиану или долготы пунктов, расположенных на одной параллели. Разность широт и долгот умножить на длину дуги в 1° по меридиану или параллели (см. табл. П2.5, прилож. 2).

▽ 7.2. Определить расстояние между городами Воронежем и Ярославлем, расположенных на меридиане 40° .

Находим широту Воронежа — $52^\circ,1$, Ярославля — $57^\circ,5$. Разность широт $5^\circ,4$. Выбираем среднее значение дуги меридиана в 1° на широте $52^\circ,1$ и $57^\circ,5$, равное 111291,0 м. Расстояние между городами равно $111291,0 \times 5^\circ,4 = 600971$ м.

▽ 7.3. Определить расстояние между городами Харьковом и Карагандой, расположенных на параллели 50° .

Находим долготу Харькова — $56^\circ,2$, Караганды — $70^\circ,1$, разность долгот $13^\circ,9$. Длина дуги параллели в 1° равна на $71,697$ м. Расстояние между городами равно $71697,0 \times 13^\circ,9 = 996578,0$ м.

▽ 7.4. Определить расстояние по формулам сферической тригонометрии (рис. 7.12), например, между Москвой и Иркутском:

$$\cos S^\circ = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos(\lambda_2 - \lambda_1);$$

$$S_{\text{км}} = \frac{S^\circ R_{\text{км}}}{\rho^\circ};$$

$$\begin{aligned} \cos S^\circ &= \sin 55^\circ 46' \sin 52^\circ 17' + \cos 55^\circ 46' \cos 52^\circ 17' \cos 66^\circ 52' = \\ &= 0,8275 \cdot 0,7903 + 0,5623 \cdot 0,6112 \cdot 0,3926 = 0,7889; \end{aligned}$$

$$S^\circ = 37^\circ,9; S_{\text{км}} = \frac{37^\circ,9 \cdot 6384,8}{57^\circ,3} = 4223 \text{ км.}$$

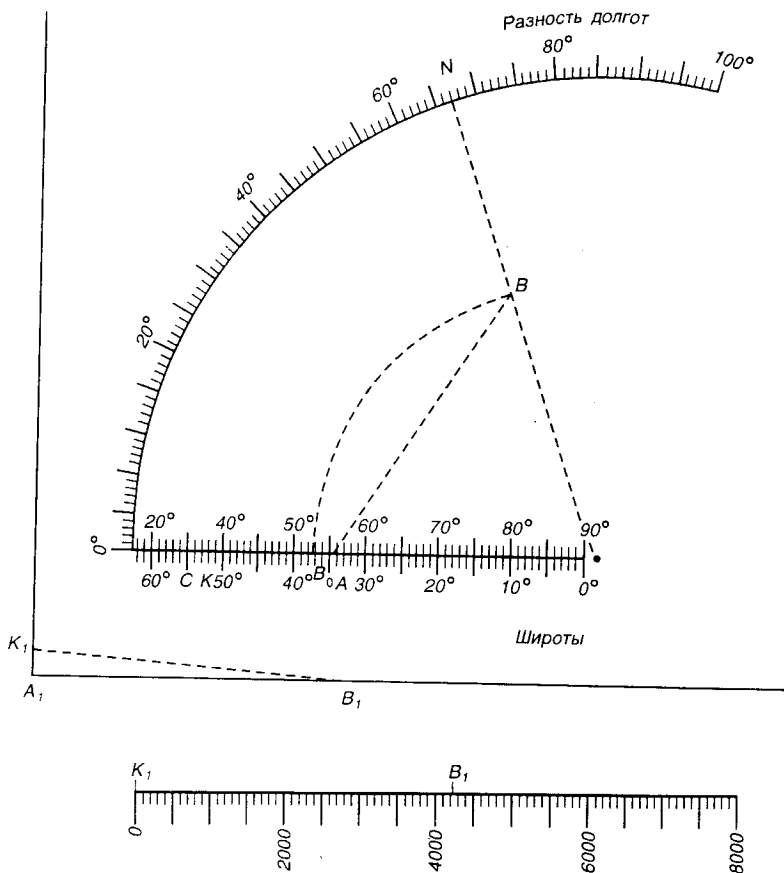
По справочнику — 4208 км.

Радиус кривизны R для средней широты выбирается из картографических таблиц:

$$\varphi_{\text{ср}} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = 54^\circ 02', R_{\text{км}} = 6384,8 \text{ км.}$$

▽ 7.5. Определить расстояние между пунктами на круговой шкале номограммы (рис. 7.13).

Для сравнения точности определения расстояния по задаче 7.4



Р и с . 7.13. Определение расстояния по номограмме

определим вторично расстояние между Москвой и Иркутском по известным координатам:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 55^{\circ}46'; & \varphi_2 &= 52^{\circ}17'; \\ \lambda_1 &= 37^{\circ}39'; & \lambda_2 &= 104^{\circ}3Г. \end{aligned}$$

1. На круговой шкале номограммы отметим в точке N разность долгот городов — $66^{\circ}52'$. Соединим точку N с центром круговой шкалы.
2. По верхним цифрам нижней горизонтальной шкалы отметим широты городов в точках A и B_0 . Проводим дугу BB_0 из центра шкалы до пересечения с линией ON . Точку B соединим с точкой A прямой.

3. Широты городов $55^{\circ}46'$ и $52^{\circ}17'$ отметим по нижним цифрам горизонтальной шкалы точками C и K . На сторонах прямого угла отложим циркулем отрезки A_1K_1 , A_1B_1 и соединим прямой точки K_1 и B_1 .

4. Отрезок B_1K_1 отложим на шкале расстояний и получим искомое расстояние между городами Москва и Иркутск, равное 4230 км (расстояние из справочника — 4208 км).

Заметим, что способ номограммы является быстрым и точным способом измерения расстояний между значительно удаленными пунктами без непосредственного их измерения на карте. Точность измерения составляет 20 км при расстояниях до 8000 км.

7.6.8. Определение площадей территорий по мелкомасштабным картам

Следует подсчитать число целых трапеций, образованных градусной сеткой на карте в пределах измеряемой территории. Недостающие части трапеций измеряются палетками или на глаз (с точностью до 0,1 части трапеции) и суммируются с числом целых трапеций. Площади целых трапеций выбирают из табл. П6 (см. прилож. 2). Например, площадь территории Испании и Португалии (с. 84 Атласа учителей) на карте в масштабе $1 : 4\,500\,000$ определяется подсчетом числа трапеций на широте $36^{\circ} - 40^{\circ} - 2,3$; $40^{\circ} - 44^{\circ} - 1,9$.

Определяем из таблицы на указанных широтах площади целых трапеций и умножаем их на подсчитанное число:

$$36^{\circ} - 40^{\circ} - S_1 = 156\,600 \times 2,3 = 360\,180 \text{ км}^2;$$

$$40^{\circ} - 44^{\circ} - S_2 = 147\,200 \times 1,9 = 127\,968 \text{ км}^2.$$

Площадь территории Испании и Португалии равна $S_1 + S_2 = 488\,148 \text{ км}^2$ (данные справочника 489 тыс. км^2).

7.6.9. Определение географических координат по мелкомасштабным картам

Первый способ (неточный) используют обычно при определении географических координат. Суть его состоит в том, что через точку проводят карандашом меридиан и параллель до встречи с градусной рамкой. Для определения широты точки отсчитывают одинаковые градусные деления на боковых рамках, для определения долготы — градусные деления южной и северной рамок.

Второй способ заключается в выборе ближайших к точке меридианов и параллели, определения их географических координат.

Далее измеряются циркулем величины $\Delta\lambda$ и $\Delta\varphi$ в линейной мере от ближайших параллели и меридиана до точки. Раствор циркуля с

величиной $\Delta\varphi$ переносят на боковые рамки градусной сетки, величину $\Delta\lambda$ — на ближайшую южную или северную градусную рамку.

Подсчитывают, сколько градусов или частей градусов составляют линейные измерения $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$. Полученные градусные значения прибавляют к координатам ближайших параллели и меридиана.

Третий способ дает точное определение географических координат точки.

▼ 7.6. Рассмотрим его методику на примере определения географических координат г. Мадрида на этой же карте Атласа учителей (с. 84) в масштабе 1 : 4 500 000 с частотой градусной сетки 4° .

Через центр контурного изображения г. Мадрида на карте внутри трапеции мысленно проводят меридиан и параллель (можно обозначить карандашом) и производят следующие линейные измерения циркулем (рис. 7.14): 1) расстояние по меридиану между южной и северной рамками трапеции; 2) расстояние по параллели между боковыми рамками; 3) измерения приращений $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$ от рамок до центра города. Составляют и решают пропорции для определения градусных приращений;

для $\Delta\varphi$: 99 мм — 240 мин; для $\Delta\lambda$: 75 мм — 240 мин.

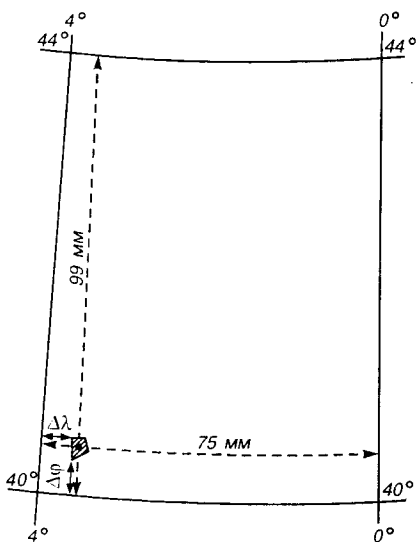
$$\Delta\varphi = \frac{10 \text{ мм} - \Delta\varphi_{\text{мин}}}{99} \cdot 240 \cdot 10 = 24'; \quad \Delta\lambda = \frac{6 \text{ мм} - \Delta\lambda_{\text{мин}}}{15} \cdot 240 \cdot 6 = 19'$$

Географические координаты г. Мадрида определяются:

$$\varphi_N = 40^\circ + 24' = 40^\circ 24' \text{ с. ш.}; \quad \lambda_\omega = 4^\circ - 19' = 3^\circ 41' \text{ з. д.}$$

7.6.10. Нанесение точки по ее географическим координатам на мелкомасштабную карту

По оцифровке координат градусной сетки находят трапецию, в которой расположена точка. Проводят деление, на рамки трапеции наносят градусные деления, проводят меридиан и параллель согласно заданным координатам точки. Пересечение меридиана и параллели определит точку.



Р и с . 7.14. Определение географических координат

▽ 7.7. Градусная сетка на карте проведена с частотой $\Delta\varphi = 4^\circ$, $\Delta\lambda = 6^\circ$ и разбита на отрезки в 1° .

Координаты точки: $\varphi = 50^\circ 10'$; $\lambda = 36^\circ 30'$.

Трапеция, в которой расположена точка, ограничена параллелями 48 и 52° , меридианами 36 и 42° .

Для определения меридиана и параллели, определяющих точку, производим соответствующие измерения расстояний в пределах трапеции, аналогичные в предыдущей задаче.

Составляем и решаем пропорции для $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$:

для $\Delta\varphi$: 56 мм — 240 мин; для $\Delta\lambda$: 53,5 мм — 360 мин;

$$\frac{\Delta\varphi_{\text{мм}} - 2^\circ 10' (130 \text{ мин})}{\Delta\varphi_{\text{мм}}} = \frac{56 \cdot 130}{240} = 30,3 \text{ мм}; \quad \frac{\Delta\lambda_{\text{мм}} - 30 \text{ мин}}{\Delta\lambda_{\text{мм}}} = \frac{53,5 \cdot 30}{360} = 4,4 \text{ мм}$$

Вычислив приращения $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$ в линейной мере, откладываем их циркулем соответственно от южной параллели трапеции (48°) и от западного меридиана (36°). Точка пересечения меридиана и параллели определит искомую точку.

7.6.11. Построение линий ортодромии и локсодромии на мелкомасштабных картах

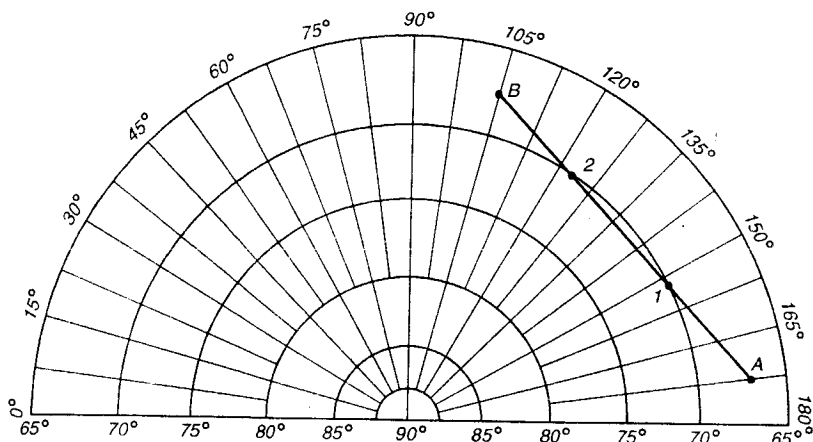
На многих географических картах ортодромия и локсодромия изображаются кривыми линиями. Исключением являются гномонические перспективные азимутальные проекции, где ортодромия — прямая линия и карты составлены в проекции Меркатора, локсодромия — прямая линия. На эллипсоиде линия ортодромии — геодезическая кратчайшая линия, соединяющая две удаленные точки земной поверхности. Линия локсодромии — кривая, секущая меридианы или параллели под одинаковыми углами.

Меридианы и экватор при этом одновременно являются линиями ортодромии и локсодромии, параллели — линиями локсодромий, так как они пересекают все меридианы под одним и тем же прямым углом.

На картах с небольшой территорией расстояние, измеряемое по прямой линии между двумя точками, можно принимать за ортодромию, так как искажение длин здесь незначительное.

Ортодромию можно построить на глобусе и потом перенести ее на карту по координатам, но точнее построить ее следует, используя картографическую сетку полярной гномонической перспективной азимутальной проекции. Если два удаленных пункта на карте, составленной в этой проекции, соединить прямой линией, то это и будет ортодромия (рис. 7.15).

Ортодромия по географическим координатам точек A , B , 1 и 2



Р и с . 7.15. Ортодромия в азимутальной проекции

переносится на карту, составленную в любой другой проекции, и это всегда будет кривая линия.

Для построения локсодромии в проекции Меркатора достаточно соединить прямой линией начальную и конечную точку. По географическим координатам промежуточных точек 1 и 2 нанести линию ортодромии на карту (рис. 7.16) при помощи лекала.

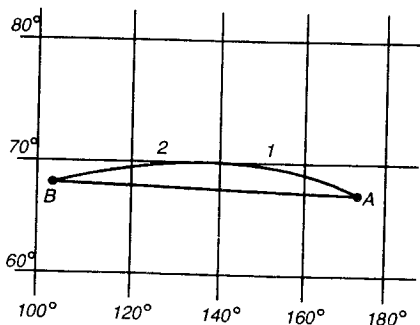
Координаты точек ортодромии в гномонической азимутальной проекции следующие:

$A(\varphi = 67^{\circ}30'; \lambda = 172^{\circ}30'); B(\varphi = 68^{\circ}10'; \lambda = 105^{\circ}05');$

точка 1 ($\varphi = 70^{\circ}00'; \lambda = 152^{\circ}20'$);

точка 2 ($\varphi = 70^{\circ}00'; \lambda = 127^{\circ}20'$).

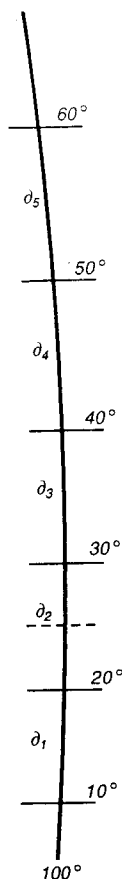
Ортодромия, построенная в северном и южном полушариях в проекции Меркатора, представляет собой кривую, выпуклостью от линии экватора. Измерение участков ортодромической линии осуществляется по боковым рамкам, которые разбиты на минуты (1852 м) и километровые деления. Суммируя измерения отдельных участков, получаем общую длину ортодромии.



Р и с . 7.16. Ортодромия и локсодромия в проекции Меркатора

7.6.12. Сгущение картографической сетки на мелкомасштабных картах

Сгущение картографической сетки — процесс проведения дополнительных меридианов и параллелей для повышения точности картометрических измерений. В случае, когда меридианы и параллели равноразделенные, задача сводится к их делению на равные отрезки. Если меридианы и параллели — не равноразделенные отрезки, то положение промежуточных точек деления приходится сдвигать на определенные величины в сторону параллели с меньшей широтой (рис. 7.17).



Р и с . 7.17. Сгущение сетки на мелкомасштабных картах

7.6.13. Определение длин извилистых линий на мелкомасштабных картах

Определение длин отдельных извилистых линий (рек, дорог, границ и т. д.) выполняют:

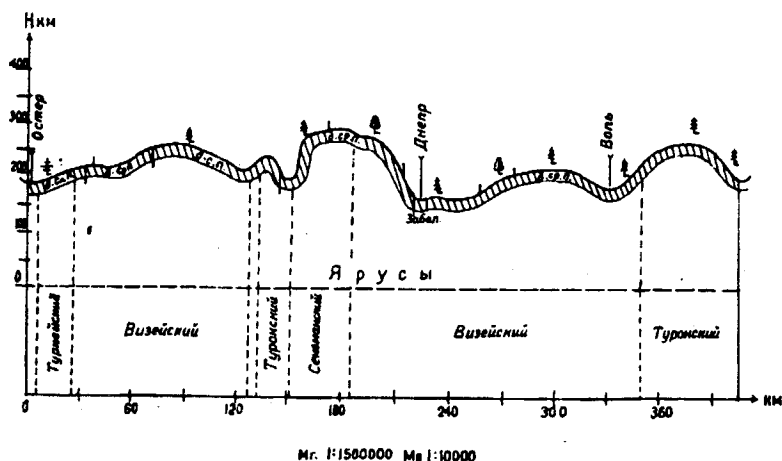
1. При помощи курвиметра или микроциркуля с переменным раствором циркуля в обе стороны измеряемой линии и получением усредненного результата.

2. При помощи циркуля при измерении сравнительно коротких извилистых линий (15—20 см) эффективен метод постепенного наращивания измеряемых отрезков с одновременным поворотом циркуля по направлению следующего отрезка. При этом исключаются ошибки при перестановке ножек циркуля, ошибки в вычислениях.

3. При измерении сети извилистых линий используют квадратные палетки с нанесенной сеткой квадратов (сторона 2—4 мм) на прозрачном пластике. Квадратная палетка позволяет быстро и надежно производить измерения, так как палетка один раз накладывается на карту и подсчитывается число пересечений n с горизонтальными и вертикальными линиями квадратов. Вторичное измерение происходит при развороте палетки на 45° и опять подсчитывается число пересечений n_1 . По формуле определяют суммарную протяженность сети извилистых линий:

$$\sum e = \frac{\pi}{4} d \left(\frac{n + n_1}{2} \right).$$

Например, на экономической карте Смоленской области в масштабе 1 : 1 500 000 при измерении сети железных дорог $n = 53$.



Р и с . 7.18. Структурированный масштаб

Сторона квадрата — 4 мм в масштабе — 6 км. Подставляя в формулу, получим:

$$\frac{n + n_1}{2} = 54 ;$$

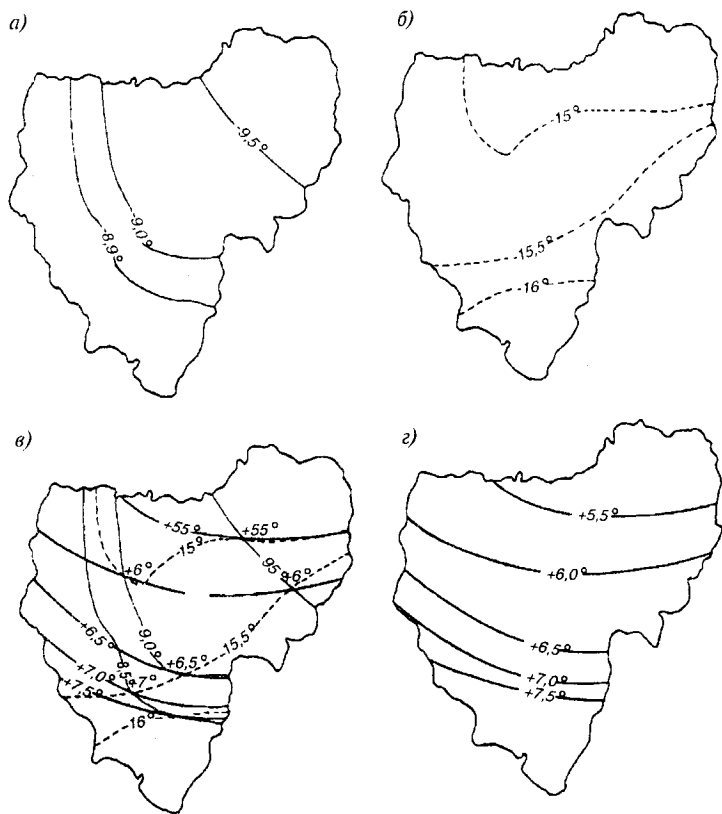
$$\sum e = \frac{3,14}{4} \cdot 6 \cdot 54 = 292 \text{ км.}$$

7.6.14. Построение структурного профиля по линии городов Рославль — Белый по картам Атласа Смоленской области

Для построения структурного профиля (рис. 7.18) используем физическую карту (с. 3), геологическую (с. 4), почвенную (с. 14) и карту растительности (с. 15) в масштабе 1 : 1 500 000.

Горизонтальный масштаб профиля выбираем одинаковый с картами, т. е. 1 : 1 500 000, вертикальный — в масштабе 1 : 10 000.

По гипсометрической шкале и отметкам высот находим отрезок вертикальной оси профиля (150—300 м) — 1,5 см. На взаимоперпендикулярных осях профиля откладываем отрезки в 1 см. На горизонтальной оси откладываем в масштабе снятые с карты расстояния между точками пересечения линии профиля с горизонталями, реками по выбранному направлению и определяем высоту каждой точки. Из точек горизонтальной оси восстанавливаем перпендикуляры и откладываем



Р и с . 7.19. Графическое сложение поверхностей:

а, б — исходные поверхности (*а* — температура воздуха в январе, *б* — температура воздуха в июле);
в — совмещение поверхностей *а* и *б*; *г* — карта годовых сумм температур

на них высоты точек. Соединяем эти точки с высотами и получаем линию профиля.

Далее привлекаем геологическую карту и по ней наносим границы расположения пород различного геологического возраста. Участки между перпендикулярами обозначаем окраской, штриховкой или индексацией пород. Затем на профиль наносим данные почвенной карты и карты растительности.

Намечаем на горизонтальной оси профиля точки пересечения границ сначала почвенных групп, затем растительных сообществ.

На перпендикулярах, восстановленных из точек до пересечения с линией профиля, отмечаем границы почв и растительности.

7.6.15. Определение суммарного значения температур на территории Смоленской области (Атлас Смоленской области, с. 13)

На прозрачных основах изготавливаем две выкопировки с климатических карт атласа с границами территории.

На одной из них наносим изотермы января, на другой — изотермы июля. Совмещаем выкопировки одну с другой по границам территории (рис. 7.19). В точках пересечения изотерм января и июля находим их суммарное значение (значения температур июля складываем со значениями температур января). Согласно нанесенных точек с суммарными значениями температур или при помощи интерполяции проводим изотермы годовой суммы температур. По направлению уменьшения значений годовых температур выявляем широтные закономерности климата.

7.6.16. Определение лесистости территории Беларуси (Географический атлас для 9 класса «Земельные угодья»)

На карте «Земельные угодья» по структурной картодиаграмме определяем площадь леса по числу наименьших делений квадрата — $1 \text{ мм}^2 = 600\,000 \text{ га} (6000 \text{ км}^2)$.

Лес занимает 11,5 квадратов, или 69 тыс км^2 .

Общая площадь территории Беларуси 207,6 тыс км^2 .

Лесистость территории определяется формулой

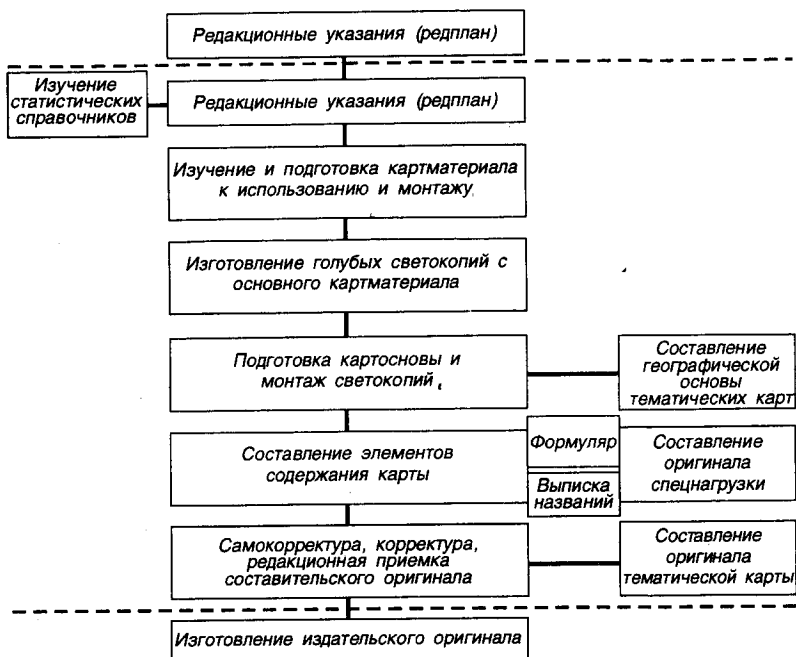
$$e = \frac{e_1}{S} \cdot 100 = \frac{69000}{207,6} \cdot 100 = 33 \%,$$

где e_1 — площадь лесов на карте; S — площадь общей территории.

8. СОЗДАНИЕ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ КАРТ

8.1. Составление общегеографических и тематических карт

Составительский оригинал представляет собой рукописный первичный экземпляр и является прообразом будущей карты. При его создании используется широкий комплекс сведений о предшествующих географических картах путем их анализа и оценки, сведений, полученных из статистических сборников, описаний, дежурных карт, ежегодников и т. д. Это не механический, а творческий целенаправ-



Р и с . 8.1. Технологическая схема составления оригиналов карты

ленный процесс грамотного отображения главных, приоритетных особенностей территории.

Оригинал будущей карты полностью зависит от качества работы редакторов и картографов.

В настоящее время на картографических предприятиях составление осуществляется традиционными способами, а также применяются новые способы механизации и автоматизации картографических процессов.

К автоматическим средствам относят ЭВМ, цифровые преобразователи, автоматические координатографы, дисплеи, сканирующие устройства и т. д. Среди многообразия технологических схем для составления карт следует выделить основные:

составление всех элементов содержания на одной голубой светокопии, полученной с основного картматериала на непрозрачной или прозрачной основах;

составление элементов содержания на голубых светокопиях с нанесенным гравировальным слоем;

одновременное составление и графирование на голубых светокопиях с нанесенным гравировальным слоем.

Наиболее экономичными являются две последние схемы.

Технология составления карт на одной совмещенной светокопии, изготовленной с оригинала монтажа основного картографического материала, применяется при картографировании территорий с усложненной ситуацией местности, при использовании разного картографического материала и трудного для составления (рис. 8.1).

Чтобы будущая карта имела высокое качество содержания, была наглядна, точна и современна и отображала географическую действительность, редакторы карт (профессионалы высочайшей квалификации) составляют проект карты — редакционный план (редплан).

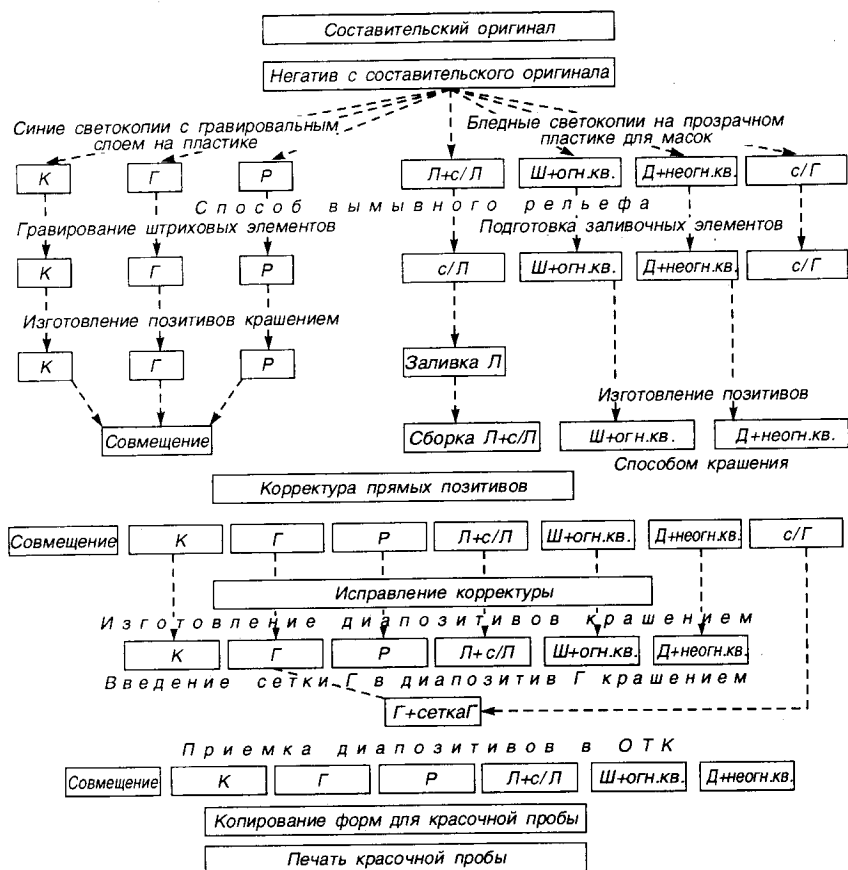
Затем картографы перед составлением конкретной карты уясняют основные положения редплана и отражают их в написании редакционных указаний как программу и руководство для дальнейшей работы при составлении. Редакционные указания точно определяют назначения карт, перечень источников для составления, степень их использования, указываются способы изображения элементов содержания, генерализация, принципы отбора, технология издания карты.

Редакционные указания для точного и полного их использования в составлении карты дополняются макетом компоновки, указывающим структуру расположения внутреннего содержания, легенд, названия карты, диаграмм, дополнительных карт и т. д.

Указываются списки основных и дополнительных материалов, списки всех рек, населенных пунктов, путей сообщения и других элементов, шрифты подписей названий, условные знаки.

Составление карты проводят с соблюдением последовательности нанесения элементов содержания, что имеет глубокий смысл. Сначала вычерчивают геодезическую основу карты: пункты опорно-геодезической сети, координатную или градусную сетку, рамки. Географическое содержание наносят в следующей последовательности: гидрографические объекты, населенные пункты, пути сообщения, рельеф, политико-административные границы, почвенно-растительный покров (спецнагрузка на тематических картах), надписи названий географических объектов.

По первой технологической схеме составление выполняется на голубых светокопиях, изготовленных с уменьшенных негативов основного картографического материала и смонтированных на жесткую основу. В качестве основного картографического материала используются тиражные карты более крупного масштаба, с которых изготавливаются негативы в масштабе создаваемой карты и голубые светокопии для монтажа на картографическую основу. Картографическая основа представляет собой лист алюминия, обклеенный с обеих сторон ватманской бумагой. На сторону, предназначенную для монтажа голубых светокопий, с максимальной точностью наносится координатная сетка, геопункты, внутренние рамки синим цветом. На светокопиях в масштабе создаваемой карты также синим цветом поднимаются линии



Р и с . 8.2. Технологическая схема подготовки издательских оригиналов

координатной (градусной) сетки, соответствующие основе, и геопункты. По небольшим окошечкам, прорезанным на светокопиях равномерно в пересечениях линий координатной сетки и в положении геопунктов, производится монтаж светокопий. После монтажа светокопий вся геодезическая основа (сетка, геопункты, рамки) точно по синему следу вычерчивается черной тушью.

По второй и третьей технологической схеме составление и гравирование элементов содержания будущей карты осуществляется по голубым светокопиям, на пластиках, полученных с тиражных оттисков в масштабе карты. Светокопии на пластиках с нанесенным гравировальным слоем позволяют использовать их для раздельного гравирования элементов содержания (рельефа, контура, надписей). И что

особенно ценно для одновременного составления и гравирования элементов содержания — получают сразу издательские оригиналы, минуя составительские (рис. 8.2). С целью ускоренного процесса создания составительских или издательских оригиналов на несложные районы картографирования применяется технология черчения тушью на прозрачных матированных пластиках, а также технология гравирования элементов содержания карты на пластиках с нанесенным гравировальным слоём.

В этих случаях с монтажа тиражных оттисков изготавливается уменьшенная голубая светокопия и подкладывается для составления или вычерчивания или гравирования элементов содержания под прозрачный пластик или пластик с гравировальным слоём. Как правило, на смонтированных тиражных оттисках предварительно отбирается и уталивается карандашом рисунок элементов содержания. В результате работы может быть получен также составительский или издательский оригинал. Часто при создании карты изготавливают несколько издательских оригиналов. Например, надписи обычно расклеивают на отдельном оригинале. На нескольких оригиналах вычерчивают или гравируют элементы, печатающиеся краской определенного цвета: на первом — для элементов черного, на втором — для элементов синего (гидрография), на третьем — для элементов коричневого цветов.

Особый полутоновый оригинал изготавливают для показа рельефа отмычкой.

Со всех издательских оригиналов фотографированием делают негативы и затем диапозитивы для получения печатных форм.

8.2. Подготовка к изданию и издание географических карт

Современное картоиздательское производство — это картографические предприятия страны, повсеместно осуществляющие научно-исследовательский подход к созданию географических карт для обеспечения качества на всех этапах их создания, снижения себестоимости, внедрения рациональных технологических схем, новейшего картографического оборудования и материалов.

Картоиздательский процесс — важнейший заключительный этап общего и сложного процесса создания географической карты. Важность его обуславливается качеством редакционной и технологической работы, высоким профессионализмом исполнителей в составлении и подготовке к изданию будущего оригинала карты, а также выборе наиболее рациональной, обеспечивающей качество технологической схемы издания карты. Следовательно, изготовление составительского оригинала карты, далее вычерчивание или гравирование издательского оригинала и выбор рациональной технологической схемы издания

карт, печать тиража карт находятся в последовательности и прямой зависимости.

Основным способом изготовления оригиналов карт в короткие сроки и с высоким качеством рисунка является гравирование на пластиках. Эффективность гравирования зависит от качества прозрачной основы, гравировального слоя, инструментов, технологии гравирования, квалификации исполнителей.

На картографических предприятиях широко применяют переводные изображения стандартных условных знаков. Универсальные полуавтоматические приборы позволяют выполнять комплекс операций по гравированию штрихового оригинала, осуществлять автоматизацию оформления штриховых оригиналов, шрифтов, условных знаков и их размещение по оригиналу.

Из фототехнических пленок для картографических целей стали широко использоваться недеформирующиеся нитроцеллюлозные и ацетилцеллюлозные пленки, а также бессеребряные копируемые слои на пластических материалах для репродуцирования расчлененных и совмещенных оригиналов способами вымывного рельефа и крашения в массе.

На картографических предприятиях страны в 70-х годах внедрено позитивное копирование на основе новых копируемых слоев. *Копируемым процессом* называется получение изображения — копии или световым дублированием, или фотополимеризацией высокомолекулярных соединений — полимеров.

В зависимости от составов копируемых растворов различают три основных копируемых процесса:

копирование с использованием солей хромовой кислоты;

копирование с использованием ароматических диазосоединений; фотополимеризацию.

В результате многочисленных исследований как у нас в стране, так и за рубежом наиболее эффективным для картографического производства является офсетный способ печати, который развивается на глубокой научной основе. Научно-исследовательские институты в сотрудничестве с работниками полиграфической промышленности разработали современные способы изготовления печатных форм. В результате офсетная печать по технико-экономическим, качественным и количественным показателям в основном опережает все другие способы печати.

Офсетная печать основана на сложных физико-химических явлениях — получении адсорбционных слоев с разными свойствами, смазывании для печатающих и пробельных элементов печатной формы. Практически печатающие и пробельные элементы в офсетной печати лежат в одной плоскости, поэтому офсетную печать иначе называют *плоской*. В основе плоской печати лежит различная молекулярная природа печатающих и пробельных элементов, обеспечивающая изби-

рательное смачивание печатающих элементов жирной краской, а пробельных элементов — водой.

В качестве основ для печатных форм в картографическом производстве применяют такие формные материалы, которые обеспечивают получение на его поверхности прочных пористых слоев, обладающих высокой адсорбционной и адгезионной способностью к жирным кислотам, смолам, синтетическим полимерам и гидрофильным коллоидам. Такие слои — адсорбенты можно получить на многих материалах, подвергая их поверхность определенной механической и химической обработке. Поэтому в настоящее время для изготовления форм офсетной печати применяют несколько формных материалов. Для монометаллических печатных форм в картоиздании используют алюминий, а для биметаллических — алюминий, сталь, медь, хром.

Возможность применения для изготовления офсетных печатных форм металла определяется тем, что свежееобразованная поверхность металла обладает гидрофобными свойствами. При обработке соответствующими олеофилизаторами и гидрофилизаторами на поверхности металлов образуются олеофильные или гидрофильные пленки. Устойчивость этих пленок различна и зависит от молекулярно-поверхностной природы металла.

Хром и никель в биметаллических способах используют в виде электролитических слоев, наращиваемых на ту или иную стальную или алюминиевую основу.

Тиражеустойчивость биметаллических форм обычно достигает 1 млн оттисков.

Еще совсем недавно подготовка формных пластин была неотъемлемой частью технологического процесса на производстве. В настоящее время картографическое производство перешло на технологию предварительно очувствленных пластин, изготавливаемых централизованно на одном из предприятий. Это является громадным достижением полиграфической науки.

Перечисление основных достижений картографического производства не означает, что на самых различных этапах создания географической карты не осуществляется глубокая рационализация технологии, овладение передовыми научными достижениями, внедряется комплексная механизация и автоматизация производства. Например, на отдельных предприятиях исключено исправление форм альбумином. Все формы, включая машинные, исправляют сополимером. Сополимером наносятся некоторые заливочные элементы. На форму производится двойное и даже тройное копирование (для совмещенных форм). Создаются автоматизированные поточные гальванолинии и т. д.

В печатных цехах картографических предприятий произошли также большие изменения. Так, на отдельных предприятиях установлены четырех-, шестикрасочные офсетные машины, которые за один прием могут печатать тиражи крупномасштабных географических карт и в два

приема печатать тиражи мелкомасштабных карт. На других предприятиях двухкрасочные офсетные машины объединяются в поточные линии. Таким образом, технологический цикл печати тиража резко сокращен.

Разработаны технологии сокращенной красочности географических карт.

Печать тиражей карт осуществляется люминесцирующими красками и специальными картографическими красками.

Современной многоцветной печатью воспроизводят сотни цветовых сочетаний, т. е. из трех-четырех основных цветов при помощи перекрытия сеток разного процента насыщенности получают их производные — цветовые сочетания.

Печать карт осуществляется в настоящее время стандартной триадой красок (голубая, желтая, пурпурная), а выбор цветов производят современные цветоделители — цветокорректоры.

Для лучшего восприятия красок с печатных форм применяют специальную картографическую бумагу 85 г/см² Вишерского бумкомбината, обладающую гладкой поверхностью, белизной, светоустойчивостью, химической стойкостью, прочностью на разрыв и перегиб, стабильностью размеров, способностью не пропускать краску, липкостью и т. д.

Ведутся разработки для изыскания взамен бумаги полихлоридных пленок для печати крупномасштабных топографических карт и люминесцирующих красок. В последующих разделах детально рассмотрены отдельные процессы создания географической карты.

8.2.1. Черчение и гравирование штриховых оригиналов карты

Черчение на пластиках имеет свои особенности, так как поверхность пластика гладкая и поэтому нужна специальная обработка для обеспечения сцепления туши с поверхностью.

Устойчивость штрихового рисунка обеспечивается тем, что поверхность пластика обрабатывается методом зернения или проходит химическую обработку, а также может покрываться лаками и эмульсиями, закрепляющими рисунок. Для черчения на пластиках с глянцевой и матовой поверхностью хорошие показатели имеет тушь из восьми цветов (ЦНИИГАиК), содержащая бихромат аммония и глицерин. Для черчения употребляются обычные картографические инструменты.

Гравирование на пластиках является в настоящее время основным способом изготовления издательских оригиналов карт.

Суть гравирования заключается в том, что пластик покрывается в центрифуге специальным неактивным слоем эмульсии толщиной 0,01...0,02 мм. Далее на пластик копированием наносится копия с

составительского оригинала, обычно зеленого цвета. На пластике гравировальными инструментами прорезается какой-либо элемент содержания карт. В результате образуется прозрачный рисунок элемента карты, с которого контактным копированием, способом вымывного рельефа изготавливается позитив на пластике.

Кроме однослойных гравировальных покрытий, картографические предприятия применяют двух- и трехслойное гравировальное покрытие, предназначенное для работы карандашом или в качестве защитной подложки или копировального слоя.

Эффективность способа гравирования зависит от многих факторов: качества применяемого пластика и нанесенного на него гравировального слоя, гравировальных инструментов, принятой технологии гравирования, мастерства граверов.

Гравирование обладает большими преимуществами перед черчением на пластиках. Прежде всего качество гравирования значительно выше вычерчивания. Высокое качество гравирования позволяет механизировать и автоматизировать процесс создания оригинала. Производительность труда повышается на 30...35 %, сокращается технологический цикл и объем работы, облегчается контроль за совмещением элементов содержания карты.

В картографическом производстве применяют несколько способов гравирования, но наиболее часто — механический способ. Химический, фотохимический, электротепловой способы, а также способ лучистой энергии используют редко. Лазерный способ гравирования в будущем перспективен, так как позволяет производить гравирование штриховых и полутоновых оригиналов посредством выжигания рисунка на основе.

Гравировальных инструментов и приборов существует много, из них основными являются как простейшие (гравировальные ручки, линейки, палетки, тележки, кронциркули и т. д.), так и усложненные (например, горизонтальный пантограф, прибор для гравирования линий, электрический кронциркуль, штриховальный прибор и т. д.). Инструменты и приборы постоянно обновляются и усовершенствуются, конструируются универсальные, полуавтоматические приборы, которые выполняют весь комплекс работ по гравированию штриховых оригиналов.

Перспективной является фотонаборная установка, автоматически выполняющая изготовление условных знаков, шрифтов и их размещение внутри оригинала, а также световое черчение графопостроителями с фотоэкспонирующим устройством на светочувствительной основе.

Широко применяют переводные изображения стандартных условных знаков, сложных по исполнению и занимающих большие площади. Их изготовление аналогично переводным изображениям шрифтов. Выпускаются многоцветные переводные изображения сложных изображений переводных знаков: шрифты, площадные условные знаки,

фигурные сетки, различные штриховки в виде липких аппликаций-наклеек.

В настоящее время применяются полимерные основы с хорошей прозрачностью для изготовления переводных изображений, что значительно упрощает процесс подготовки издательского оригинала и упрощает издание карт.

В заключение описания способов черчения и гравирования издательских оригиналов ниже приводится наиболее рациональная технологическая схема подготовки к изданию географических карт на примере крупномасштабных 1 : 10 000—1 : 100 000 карт (рис. 8.2).

8.2.2. Копировальные процессы в картоиздании

В фотомеханическом производстве назначение копировального процесса состоит в получении с диапозитивов копий на формном материале. Получение копий основано на фотохимических свойствах копировального слоя дубиться или полимеризоваться под действием света. В одном случае, приведя в контакт с копировальным слоем штриховой или растровый диапозитив и освещая слой через диапозитив, получают копию, состоящую из нерастворимых и растворимых участков. Копию проявляют раствором роданистого аммония и глицерином, затем — раствором хлористого кальция с молочной кислотой. После этого ее покрывают краской № 82, припудривают тальком. Загубленный слой удаляют 3 %-ным раствором серной кислоты. На месте рисунка диапозитива образуются печатающие элементы, а на местах, свободных от рисунка, — пробельные элементы.

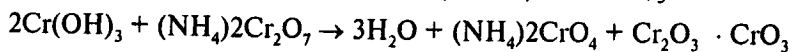
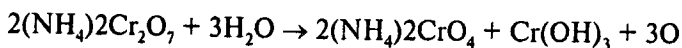
В другом случае (при копировании на хинондиазидах) свет, проникая через места, свободные от рисунка, разлагает копировальный слой, а в местах рисунка остается неразложенный светом слой, состоящий из щелочекислотоустойчивой пленки. С освещенных мест копии пленка с продуктами фотолиза диасозоединений удаляется слабыми растворами щелочей.

8.2.3. Физико-химические основы копировальных процессов

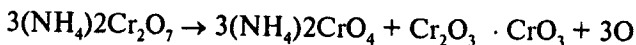
Копирование на солях хромовой кислоты. В копировальные слои, кроме органических веществ (смола сибирской лиственницы, желатин, альбумин, гуммиарабик, шеллак), входят светочувствительные соли хромовой кислоты $K_2Cr_2O_7$, $(NH_4)_2Cr_2O_7$. Замечательное свойство этих солей состоит в том, что сами по себе они не чувствительны к действию света, но в присутствии какого-либо органического вещества становятся нерастворимыми в воде, и коллоид, в который они входят, также становится нерастворимым. Под действием света происходит восстановление хрома: шестивалентный хром переходит в трехвалентный. В

сухом копировальном слое этот переход происходит и в темноте, но значительно медленнее.

Превращение бихромата в присутствии полимера под действием света называют световой реакцией:



или

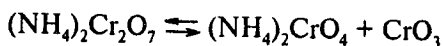


В результате химических превращений под действием света и перехода шестивалентного хрома в трехвалентный в копировальном слое образуется монохромат, гидрат окиси хрома и кислород. Гидрат окиси хрома вступает во взаимодействие с избытком бихромата, в результате образуется сложный окисел хрома — хромихромат $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{CrO}_3$.

Далее идут вторичные процессы, протекающие без действия света, или происходит темновая реакция, когда сложные окислы хрома (хромихроматы) взаимодействуют с задубливаемым коллоидом.

В результате взаимодействия хромихроматов с задубливаемым коллоидом увеличивается его гидрофобность и уменьшается гидрофильность. Слой задубленного коллоида, приобретая гидрофобность, хорошо поглощает жирные кислоты в печатной краске. Происходит диффузия жирных кислот вплоть до поверхности формного материала (чем больше задубливание, тем больше поглощение жирных кислот).

Копировальный слой может задубливаться со временем и без действия света (т. е. происходит темновое дубление). Темновое дубление объясняется дубящим действием хромовой кислоты:



Явление темнового дубления не позволяет заблаговременно наносить копировальные слои на формный материал. Оно отрицательно влияет на процесс проявления и устойчивость печатающих и пробельных элементов формного материала.

Толщина копировального слоя, наличие аммиака, количество бихромата аммония, кислоты, воды, количества света и т. д. влияют на светочувствительность копировального слоя и тиражеустойчивость печатных форм.

Копирование на хинондиазидах. Копирование печатных форм на хинондиазидах в картоиздании применяют на формном материале двух видов:

- 1) на шлифованном алюминии;
- 2) на стальных биметаллических пластинах.

В состав копирующего раствора входят диазосоединения класса ортохинондиазидов под номерами выпускаемых продуктов № 11, 27 и 30, которые могут применяться как отдельно, так и в смешении друг с другом.

Под действием света копирующие слои на хинондиазидах разлагаются, продукты их разложения удаляют растворами щелочей. При изготовлении монометаллических печатных форм применяют диапозитивы, а при изготовлении биметаллических — негативы. В состав копирующего раствора, кроме светочувствительных хинондиазидов, входят пленкообразующие смолы, которые предупреждают кристаллизацию хинондиазида и облегчают удаление с пластины разложившегося под действием света копирующего слоя.

Введение смолы повышает кислотоустойчивость неразложившегося под действием света копирующего слоя. Обычно вводят бакелитовый лак или поливинилбутираль.

Ниже приведены основные данные о составе копирующего раствора.

Копирующий слой	
Хинондиазид №№ 11 и 30 в соотношении 1 : 1, %	4
Новолачная смола, %	5...10
Поливинилбутираль, %	2
Растворитель, %	
этилцеллозольф	~ 75...80
диэтилформамид	~ 75...80
Проявляющий раствор	
Натрий фосфорнокислый трехзамещенный, %	4
Глицерин, %	30
Вода, %	66

Копирующий раствор наносится на пластину в центрифуге при скорости вращения 120 об/мин. Высушивание слоя 10 мин при $t = 45...50^{\circ}\text{C}$. Освещенность на поверхности стекла 16 000...18 000 лк. Время экспозиции 4 мин.

В результате копирования на печатающих элементах остается нерастворяющийся в щелочном растворе копирующий слой. На этом слое и образуются печатающие элементы.

Высокие показатели физико-химических и механических свойств копирующего слоя с хинондиазидами и поливинилбутиралем позволили изготавливать предварительно очувствленные пластины на электрохимически зерненной поверхности алюминия. Копирующие слои с хинондиазидами имеют существенные положительные качества по сравнению с другими копирующими слоями: заблаговременное очувствление пластин, подготовка предварительно очувствленных пла-

стин, позволяющая изолировать копировальное отделение от других участков цеха. Пластины хорошо противостоят химической обработке и обладают хорошими электроизоляционными свойствами. Трудоемкость изготовления сокращается на 30 %. Отмечается хорошая адгезия слоя поверхности металла. Закончилась разработка установки ФСЛПОэ, в которой нанесение копировального слоя на зерновые пластины осуществляется в электростатическом поле под высоким напряжением. Это создаст экономичность расхода дорогостоящего копировального слоя, потеря которого при центрифугировании достигает 40 %.

8.2.4. Технологическая характеристика копировального оборудования картографического производства

Основным оборудованием, используемым в копировальных процессах, являются устройства для нанесения копировального слоя на формный материал и его экспонирования.

Для нанесения копировального слоя в офсетной печати применяют центрифуги. Они бывают горизонтальными и вертикальными. Число оборотов крестовины центрифуги колеблется в пределах 40...80 об/мин. От скорости вращения центрифуги и температуры нагрева внутри кожуха зависит толщина копировального слоя. Горизонтальные центрифуги удобнее в эксплуатации (но занимают больше места), экономичнее, обеспечивают лучшее качество нанесения копировального слоя.

При копировании пользуются копировальными рамами и копировальными шкафами. Наиболее распространены пневматические копировальные рамы размером 120 x 150 см. Контакт между диапозитивами и пластиной осуществляется благодаря вакууму, создаваемому между стеклом рамы и резиновым ковриком путем откачивания воздуха насосом. Борта коврика предварительно прижимают к стеклу планками с механическими зажимами.

Пневматические копировальные рамы бывают с 1) переворачивающей рамой и 2) поднимающимся стеклом.

В картоиздании предпочитают использовать второй вид копировальных рам ввиду большого размера гибких формных пластин и большого формата склеенного монтажа диапозитивов, который должен быть наложен на формную пластину в строго определенном месте. Освещение в копировальных процессах осуществляют трехфазные дуговые фонари или осветительные установки. Они должны удовлетворять следующим условиям:

создавать достаточно большую силу света для получения на светочувствительном слое необходимого фотохимического эффекта при высокой производительности процесса;

равномерно освещать оригинал;
не допускать колебания света во время экспозиций;
не создавать большого теплового излучения;
быть экономичными, простыми в эксплуатации.

Монтажные столы предназначены для производства монтажей диапозитивов на прозрачную недеформирующуюся основу, проверки совмещения монтажей диапозитивов всех элементов содержания географической карты, экономного использования картографической бумаги при печати тиража, нанесения меток для разрезки тиража на отдельные номенклатуры карт с учетом размеров их полей. Монтажный или просветный стол 140 x 185 см с прозрачным размеченным стеклом (для точного расположения отдельных диапозитивов внутри монтажа) устанавливается в горизонтальном положении. Снизу стекло подсвечивается лампами дневного света, сверху по стеклу передвигаются две взаимоперпендикулярные направляющие, снабженные микроскопическими лупами.

Ниже приводится технологическая схема издания географических карт (на примере издания топографических карт 1 : 10 000, 1 : 100 000 масштабов в шесть красок).

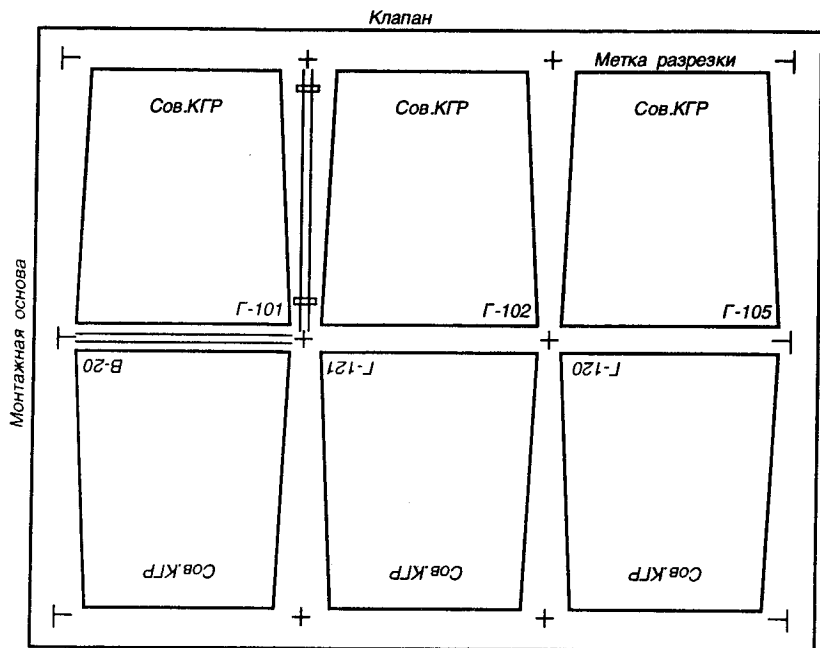
Все монтажи без исключения не монтируются на липкую прозрачную основу, а монтируются при помощи скрепок на винипрозе. Такие монтажи обладают преимуществами перед монтажами на липкой основе: лучше сохраняют свои размеры, повышается производительность за счет подготовки липкой основы. Кроме того, чистота монтажей не нарушается, нет слипания монтажей при хранении.

8.2.5. Технологическая схема издания географических карт в шесть красок (шесть номенклатур на форме)

Даны: диапозитивы Сов. К.Г. + с/г, Р. л + с/л, Ш + огн. кв., Д + неогн. кв. Заказы Г-101, 102, 105, 120, 121, В-70 (рис. 8.3).

Первыми на прозрачную основу с желатиновым покрытием (или без покрытия) монтируются совмещенные диапозитивы с учетом клапана и линий разрезки тиража по меткам. Метки ставятся на полях карточек монтажа с таким расчетом, чтобы тираж можно было порезать по трем внутренним линиям и чтобы поля карточек при этом были не менее 5 мм и не более 10 мм. Метки ставятся только на монтаже диапозитивов контура.

Монтаж осуществляется в следующей последовательности. По первичному монтажу совмещенных диапозитивов подрезаются поля шести карточек диапозитивов К и монтируются под микроскопической лупой (крест в крест). Склеиваются карточки друг с другом поливиниловым клеем заранее нарезанными винипрозовыми прямоугольниками-скрепками (см. карточки Г-101 и 102).



Р и с . 8.3. Монтаж диапозитивов по совмещенной схеме

По совмещенному монтажу монтируются последовательно Г + С/Г и Р. Далее по монтажу диапозитивов контура монтируются монтажи Л + с/л, Ш + огн. кв. и Д + неогн. кв. Монтажи проверяются и принимаются мастером подготовительного цеха.

8.2.6. Печать тиражей географических карт

В картоиздательском производстве печать тиражей карт является конечным, заключительным и наиболее ответственным этапом общей многостепенной работы над созданием карт «от поля до готового полиграфического произведения».

Основным процессом в издании карт является изготовление печатных форм.

Печать тиражей в картоиздательском производстве осуществляется на офсетных двух-, четырех-, шестикрасочных листовых машинах. Это означает, что за один прогон на бумагу печатается две, четыре или сразу шесть красок. Сущность офсетного способа печати состоит в том, что прямое красочное изображение с печатной формы переносится на резиновое (офсетное) полотно печатного цилиндра в обратном изобра-

жении, а затем с печатного цилиндра передается на бумагу уже в прямом изображении, т. е. осуществляется плоская печать, когда нанесенный рисунок находится в одной плоскости с бумажным полотном. При печати тиража руководствуются красочной пробой (прообразом будущей карты), альбомом образцов картографических красок и заказ-нарядом на печать тиража. По красочной пробе проверяют правильность подбора красок и их насыщенность. Альбом образцов красок служит для дополнительного контроля правильности применения красок при печати тиража.

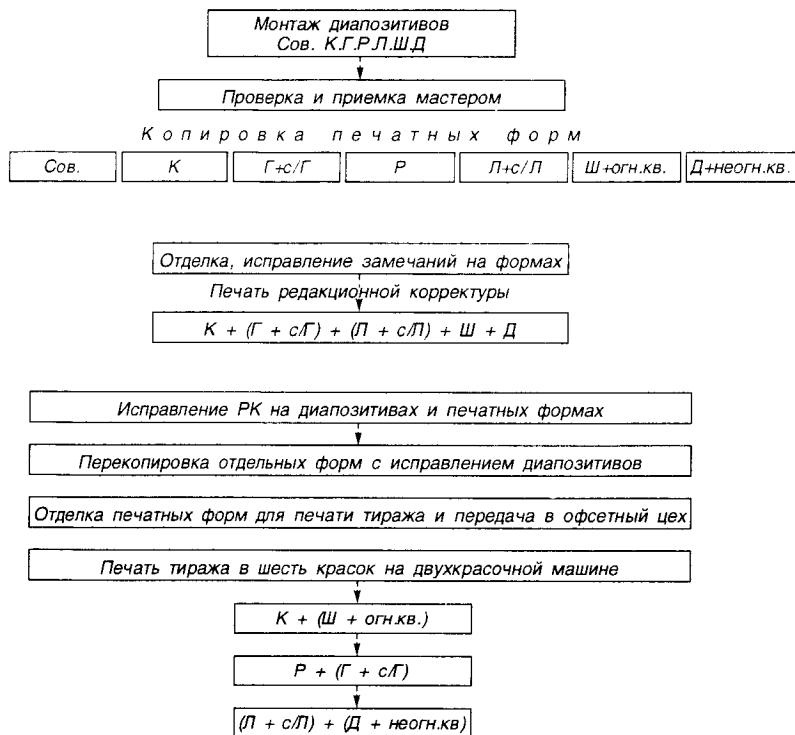
Разрешение на печать каждого краскопрогона дает главный технолог картоиздательского производства.

Перед печатью тиража проходят предварительную подготовку сами печатные машины, картографическая бумага и картографические синтетические краски. Заблаговременно заготавливается дополнительный комплект печатных форм в зависимости от величины тиража, так как каждая печатная форма в процессе печати изнашивается и становится непригодной. Обычно тиражеустойчивость печатной формы составляет по норме около 100...150 тыс. оттисков (это зависит от большого комплекса причин). Производительность печатных машин составляет 5...7 тыс. листов прогонов в час.

Подготовка печатных машин. Подготовка печатных машин заключается во внешнем профилактическом осмотре основных узлов печатной машины, их смазке, замене резиновых полотен, в подготовке декеля, смывке красочных аппаратов, замене накатных и красочных валиков, а также в проведении операций, предусмотренных инструкциями. При этом могут проводиться малый, средний и капитальный ремонты печатных машин в соответствии с планом предупредительных ремонтов.

Подготовка офсетной бумаги. Бумага на картографические предприятия поступает в рулонах шириной 60, 72, 74, 93 см и массой 350...500 кг, граммовостью 60...100 г/м. В зависимости от сорта бумаги ее восприимчивость к влагонасыщенности или к пересыханию различна. Непременным условием для офсетной бумаги, подготовленной для печати, является ее равновесность с температурой и влажностью печатного цеха. Для выполнения этого условия бумага проходит процесс акклиматизации. Иначе бумага разволаживается в бумагопроводящих цилиндрах, появляются складки, неровности, деформации. Листы бумаги с трудом проходят через узлы машин, плохо подходят к захватам и маркам-сталкивателям, происходят частые остановки машин, срывы бумаги и неравномерности насыщенности красками, несовмещения красок. Офсетная бумага после размотки ее в рулонах и резки на флат акклиматизируется на подвесном конвейере-акклиматизаторе в цехе в течение 36 ч. Затем она должна быть сложена в стопы по 5 — 6 тыс. и в стопах отлежаться в течение суток.

Бумага после акклиматизации подрезается по всем четырем сторо-



Р и с . 8.4. Схема печати тиража

нам на бумагорезальной машине и особенно со стороны клапана и боковых сталкивателей. Расхождение диагоналей в нарезанных листах не должно превышать 1 мм. Счет бумаги в стопах проводится двумя счетчиками, которые с обоих торцов стопы отсчитывают листы в количестве по 100 или 500 и прокладывают закладками. После окончания счета бумаги в стопах и ее приемки печатными бригадами она поступает для печати тиража.

Картографические краски подбираются в колористическом отделении согласно альбому образцов картографических красок или красочной пробе, перетираются в краскотерках большими партиями, разводятся соответствующими олифами и маслами согласно утвержденным рецептам. Только после такой подготовки краски считаются пригодными для печати и выдаются печатным бригадам.

Печать географических карт на картографических предприятиях, в отличие от печати на полиграфических предприятиях, проводится несколько иначе. Так, если полиграфические предприятия начинают

печать первого прогона обязательно со светлых красок (желтая, оранжевая, красная) и это обеспечивает чистоту красок последующих прогонов, то картографические предприятия в первую очередь учитывают строгое совмещение элементов карты, печатаемых разными красками, и во вторую очередь предусматривают чистоту красок. Например, первым прогоном на печатных машинах ставят черную краску контура (пунктир леса, линейные элементы дорог, кварталов, надписи, условные знаки и т. д.) и палевую или оранжевую краску кварталов шоссейных, улучшенных грунтовых дорог. Вторым прогоном печатают синюю краску гидрографии и коричневую краску рельефа, третьим прогоном — зеленую краску почвенно-растительного покрова и оранжевую (палевую) заливку кварталов. При этом перед печатью тиража, намечая порядок прогонов, рассматривают сложность заливочных элементов, их величину и расположение на печатной форме (рис. 8.4).

Во время печати тираж подсортировывается на годный тираж и машинный брак.

Годный тираж передается в бумагорезальное отделение на разрезку тиража по меткам на отдельные номенклатуры (карточки). После разрезки тиража на карточки каждая номенклатура просчитывается. При сходимости результатов счета всех карточек тираж передается в счетно-сортировочный цех, где счетчики-контролеры отсортировывают его на годный тираж и брак. Годные листы тиража просчитываются и перевязываются шпагатом в пачки по 500 листов, упаковываются в бумагу-крафт, опломбируются и сдаются на склад готовой продукции.

На этом этапе заканчивается многократная деятельность различных специалистов в деле создания географических карт.

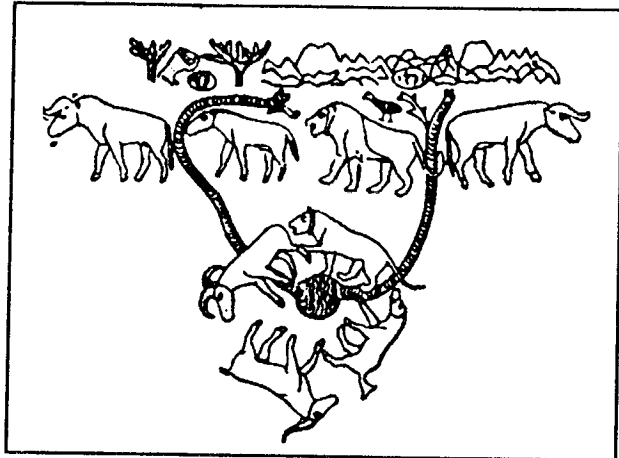
9. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ИСТОРИИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ

9.1. Картографические рисунки первобытных народов. Основные сведения из истории картографии

Современная географическая карта как культурно-историческое явление прошла значительный и трудный путь, начиная с примитивных картографических рисунков до современных карт. Источниками для изучения картографии служат сохранившиеся от прошлых веков картографические произведения, географические работы и различные письменные памятники архивов и музеев.

Развитие картографии определяется прежде всего потребностями материальной жизни общества. Вновь возникающие потребности об-

а)



б)



Р и с . 9.1. План охотничьего уголья, изображенный на серебряной вазе (III в. до н. э.), обнаруженной у г. Майкопа (а) и Карта Земли Птолемея (б)

щества порождают необходимость создания новых географических карт и в связи с этим ставят перед теорией картографии определенные проблемы, выдвигаемые непосредственно нашей реальной жизнью.

Наиболее древние из картографических изображений созданы в Вавилонии и Египте в III—I тысячелетии до нашей эры. Свои первые научные основания картография получила в Древней Греции, где были созданы географические карты, учитывающие шарообразность Земли. Знаменитое «Руководство по географии Клавдия Птолемея» (II в.) было по существу руководством к составлению карт. Оно включало карту мира и 16 карт крупных подразделений Земли.

За много тысячелетий до нашей эры человек уже хорошо знал окружающую его местность и умел изобразить ее на песке или коре дерева. До нашего времени сохранилось одно из самых древнейших изображений охотничьего угодья Северного Кавказа. Изображение было выгравировано на серебре около 5 тыс. лет назад. На рис. 9.1, а изображено озеро и впадающие в него реки. Тут же показаны звери, которые обитали в те далекие времена на склонах Кавказских гор или долинах.

Этот ценнейший памятник культуры древних жителей нашей страны был найден учеными при геологических раскопках одного из курганов на берегу р. Кубани у г. Майкопа.

Первобытнообщинный строй. Прimitивные картографические рисунки у народов, которые по времени их открытия или изучения стояли на низких ступенях общественного развития, были выполнены на дереве, коре, служили индейским племенам и эскимосам Северной Америки для удовлетворения их потребностей, возникающих из условия общего труда людей, — для указания путей кочевков, мест охоты и т. д. Древнейшие картографические изображения, которые уцелели до нашего времени, принадлежат народам Древнего Востока (Вавилонии, Египта) и Китая.

Рабовладельческий строй. При рабовладельческом строе в античном мире картографические изображения достигли наивысшего развития. Научные истоки картографии берут начало в античной Греции. Греки установили шарообразность Земли, вычислили ее размеры (Эратосфен, 276—194 г. до н. э.). Ими были предложены первые картографические проекции и введены сетки меридианов и параллелей. Они явились создателями первых географических карт, построенных непосредственно с учетом шарообразности Земли.

Уже историк Геродот (около 484—425 гг. до н. э.) писал о множестве изображений обитаемой Земли, но своего зенита античная картография достигла в трудах Клавдия Птолемея (80—168 гг. до н. э.) (рис. 9.1, б). Клавдий Птолемей почти на 14 столетий предопределил развитие картографической науки.

Птолемей видел главную задачу географии в картографическом изображении Земли. Он разработал и удачно применил на практике

две новые проекции — простую коническую и псевдоконическую, сохранившую соотношение площадей. Карта имеет градусную сетку.

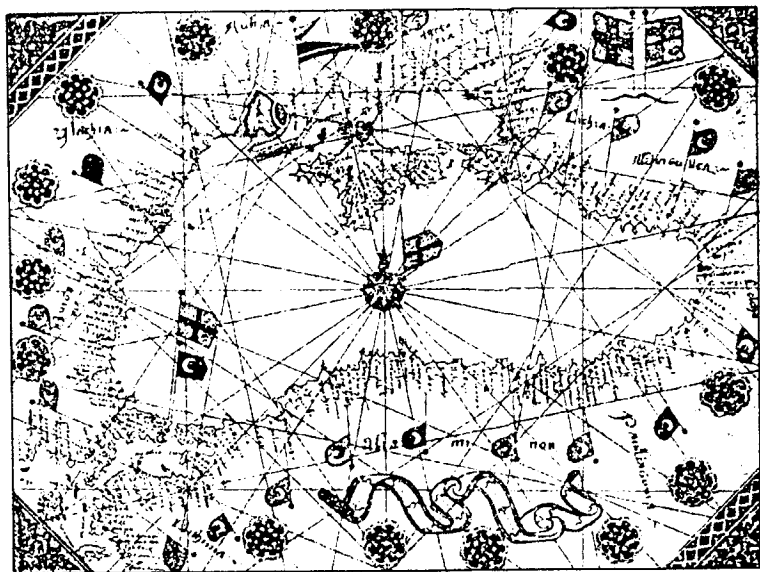
Птолемей ввел градусную сетку, чтобы более правильно изобразить шарообразную форму Земли. В древнем мире и в последующие столетия (до XV в.) никто не составил лучшей карты мира, чем Птолемей.

Карты широко использовались в Древнем Риме для нужд практической деятельности, удовлетворения военных и административных потребностей. Были составлены первые дорожные карты. Экономическая, а также политическая жизнь Рима во многом зависела от транспортных связей с удаленными провинциями и сопредельными странами. Сеть дорог покрывала владения Римской империи. Дороги тщательно измерялись, и выпускались их данные в специальных картах. Интерес представляет Римская дорожная карта, известная под названием Пейтингеровой таблицы. Она имеет вид свертка длиной около 7 см при ширине в $1/3$ м. Такой свернутой в рулон картой удобнее пользоваться в пути.

Средние века. Кризис античного рабовладельческого строя, усилившийся в III—IV вв. до н. э., неизбежно повлек за собой упадок античной культуры. После смены рабовладельческого общества феодальным потребность в географических картах в Европе стала ничтожной. При господстве натурального хозяйства феодальные владения представляли собой небольшие замкнутые государства, почти лишенные связи с внешним миром. Церковь вступила в жестокую борьбу с научными представлениями о строении и происхождении мира. Наука была поставлена на службу христианской церкви. На долгое время основным видом картографической продукции становятся «монастырские карты», исходявшие из представления о Земле как о плоском диске. Эти карты свидетельствуют об упадке картографии в средневековой Европе. Большей частью они составлялись в монастырях как иллюстрации к богословским сочинениям и теориям и лишь в самой глубокой форме передавали известный в средневековье мир. Мысль о шарообразности Земли считалась «еретической» и строго преследовалась церковью.

Представление о Земле получило совершенно фантастические формы. В VI в. византийский купец — монах Косьма Индикоплов изобразил Землю в форме прямоугольника. Обширные и могучие государства средневековья — Арабский халифат и Китай были странами с высокой географической культурой, но карты, созданные там, существенно не влияли на последующее развитие мировой картографии.

Эпоха Возрождения. Совершенствование и быстрое развитие картографии в Европе связано с эпохой Возрождения (XIV—XVI вв.), т. е. со временем зарождения там капиталистических отношений. Развитие торговли между Востоком и Западом способствовало подъему мореплавания в Средиземном и Черном морях. Потребовались пособия для ориентирования близ берегов и в открытом море. Ими явились



Р и с . 9.2. Портоплан Черного моря

компас и морские навигационные карты — «портопланы», замечательные по детальности и правильности изображения берегов. Типичные портопланы (рис. 9.2) не имели в своей основе картографические проекции. Вместо меридианов и параллелей портоплан покрывала «паутина» компасных линий. Они чертились на пергаменте (изготовленном из кожи животных), что и обеспечивало их долговечность.

Громадное влияние на развитие картографии оказало крупнейшее культурное событие XV в. — изобретение книгопечатания, вслед за которым в практику вошли гравирование и печатание карт. В специальных картографических мастерских десятки чертежников копировали карты от руки. Самой ранней печатной картой считают карту Мира в этимологии Исидора из Севильи (560—636 гг.).

Уже в XII в. Россия стала превращаться в крупное и могучее многонациональное государство. Чтобы знать всю страну, ее рельеф, размеры, а также и границы, надо было иметь подробную карту. С этого времени ведут начало систематические картографические съемки суши.

Во второй половине XVI в. была составлена карта под названием «Большой чертеж». Ни первые, ни последующие экземпляры «Большого чертежа», к сожалению, не сохранились до наших дней. Уцелело лишь приложение к карте — «Книга к Большому чертежу».



Р и с . 9.3. Чертеж всех сибирских городов и земель, составленный С.У. Ремезовым с сыновьями в 1698 г.

лялись в сибирские города и Москву. Там в воеводских канцеляриях составлялись обширные карты страны. Русское правительство, заинтересованное в получении хорошей карты новых земель, в 1696 г. издало Указ о составлении новой карты Сибири «самым добрым мастерством, а большой всей Сибири чертеж сделать в вышину трех аршин, поперец четырех аршин».

Это ответственное поручение было выполнено под руководством жителя сибирского г. Тобольска Семёна Ульяновича Ремезова, выдающегося ученого-географа того времени. Важнейший труд С. Ремезова — рукописная Чертежная книга Сибири (1701) — первый русский географический Атлас из 23 карт большого формата, поражает обилием и детальностью сведений (рис. 9.3).

В XVII в. Англия и Франция стали самыми большими и развитыми государствами Западной Европы. Была учреждена Академия наук.

В России первая половина XVIII в. была ознаменована грандиозными для того времени географическими исследованиями и картогра-

Стимулом к подъему картографии были великие открытия (XV—XVI вв.), которые привели к неслыханным мореплаванием, колонизации земель, торговли. У мореплавателей, торговцев возросла потребность в практических картах. Карта получает всеобщее признание и распространение. Печатающие карты развертываются во второй половине XV в. в книжных мастерских. Первоначально (вторая половина XV в. — первая половина XVI в.) картография процветала в больших городах Италии и Германии; во второй половине XVI в. нидерландской картографии перемещается в Нидерланды.

Пальма первенства среди средневековых картографов принадлежит фламандцу Герарду Меркатору (1512—1594 гг.). Его слава в географических открытиях и создании двух картографических изведений: 1) Большой карты Мира (1569), на которой впервые применен равноугольный цилиндрический проецирование; 2) капитальной карты Европы (первая часть его вышла в 1585 г.; вторая часть — в 1594 г.). Меркатор представлял собой явление нового порядка, великого научного творчества.

После буржуазной революции конца XVI в. в Нидерландах картографическая деятельность переместилась в Амстердам к Меркатору — сначала Хондий, а затем Янсон и Ян Блау — издавали в Амстердаме свои атласы. В 60-х годах XVII в. Блау, печатавший параллельно на пяти языках, разросся до пяти томов. Его карты отличались хорошей читаемостью.

Развитие картографии в XVI и XVII вв. оказалось обязанным частной инициативе. На этом фоне особенно заметно развитие русской картографии. Со времени зарождения картографии в России две замечательные черты: реальность исходных материалов и государственная направленность картографической деятельности. Изготовление карт — «чертежа» и издание карт государственными центральными учреждениями и исполнением служивых людей в результате непосредственного ознакомления с местностью. Уже в первой половине XVI в. в Российском государстве на основе переписи населенных пунктов, межевых и почтовых чертежей и дорожников была изготовлена подробная сводная карта, которая послужила источником для составления и публикации ряда карт России XVI в. В частности, карта 1542 г. составленная по материалам, вывезенным из Москвы русским воеводой Иваном Ляцким, была опубликована Антониом Видом в Дании.

Присоединение Сибири и ее хозяйственное освоение сопровождалось выдающимися географическими открытиями. Новые русские казаки-землепроходцы и промышленники не только составляли карты, но им неизменно поручалось составлять рождественские чертежи новооткрытых или посещенных земель. Эти чертежи

фическими работами. Эти исследования составляли одно из условий успешного осуществления петровских преобразований и решения внешних политических задач. Новые задачи нельзя было решить старыми средствами. Прежде всего были необходимы обученные кадры. Впервые в истории Петр I осуществляет государственную подготовку съемщиков — «геодезистов», первоначально в Московской математико-навигационной школе, а затем в Санкт-Петербургской Морской академии. На съемках находилось 34 геодезиста, а позже их было уже 111 человек. Съемки выполнялись по уездам. Уездные карты поступали от геодезистов в сенат.

Первый полный Атлас страны — знаменитый «Атлас Российский» (1745) был подготовлен при участии Леонарда Эйлера в Академии наук.

С именем великого русского ученого М.В. Ломоносова связан новый период развития русской картографии. Считая «поправление Российского атласа» важнейшей задачей Географического департамента, М.В. Ломоносов уделил много труда и забот подготовке и обучению русских картографов и геодезистов, сбору сведений, необходимых для научно обоснованного составления карт. К концу XVIII в. в географическом департаменте было издано свыше 250 различных карт.

В XIX в. составлением новых карт Русского государства занималось военное ведомство. Было учреждено Депо карт, в которое по Указу Павла I все учреждения и ведомства должны были передать карты и планы.

В 1812 г. Депо было переименовано в Военно-топографическое депо, которое в 1801—1804 гг. создало карту Российской империи на 114 листах. В 1822 г. был образован корпус военных топографов (КВТ) и основано военно-топографическое училище. Необходимую астрономическую практику офицеры корпуса проходили сначала при Финском университете, а с 1839 г. — при Пулковской астрономической обсерватории.

В 1839 г. под руководством топографа Шуберта КВТ издал десятиверстную карту Западной России на 60 листах. Следующим трудом КВТ было создание выдающейся общегеографической «Специальной десятиверстной карты Европейской России» (1875) на 145 листах.

В 70-х годах XIX в. русские картографы приступили к замене устаревших карт новыми. Среди новых карт, составленных на геодезической основе, особое место принадлежит трехверстной карте Европейской России.

Во второй половине XIX в. в России на картах масштабов 1 : 21 000—1 : 84 000 вместо штрихового изображения рельефа начали применять способ горизонталей.

Большое значение приобрело тематическое картографирование и тематические карты различного содержания. В число их входят работы

В.В. Докучаева по почвенному картографированию на основе разрабатанной им генетической классификации почв.

Гипсометрическая карта А.А. Тилло получила высокое признание и обеспечила правильное представление о строении рельефа на обширной территории Европейской России.

Работы выдающегося географа XIX в. П.П. Семенова-Тян-Шанского решили многие задачи в области создания карт населения и экономики.

Главную роль в развитии картографии XIX в. сыграло Русское географическое общество (1845). Экспедиции, организованные им, доставляли ценные картографические и описательные материалы для составления карт.

Картография довоенного и послевоенного времени. В послереволюционное время перед картографо-геодезической службой страны встала исключительно сложная и ответственная задача. Картографическая изученность была недостаточной и неравномерной. Подробные и точные карты имелись только на пограничные районы России, на внутренние районы — устаревшие или среднемасштабные карты, составленные в старых русских мерах (версты).

Задача состояла в проведении съемок и составлении современных и точных карт на всю территорию страны для исследования и рационального использования природных ресурсов, размещения производства и обороны страны.

С 1923 г. все топографические карты страны издаются в стандартных метрических масштабах, в единой системе разграфики и номенклатуры, проекции, в плоской системе координат и условных знаков.

Усиленно внедряются методы аэрофототопографической съемки. В начале 40-х годов завершаются измерения и вычислительные работы эллипсоида для территории страны. Проведены исследования по теории картографических проекций (В.В. Каврайский, Ф.Н. Красовский, Т.Д. Салманова, М.Д. Соловьев и др.), изданы капитальные географические атласы СССР и Мира, школьные атласы и школьные стенные карты для различных школьных курсов географии.

Во время Великой Отечественной войны работа по созданию топографических карт для фронта и нужд народного хозяйства не остановилась, а наоборот, несмотря ни на какие лишения, усилилась.

В послевоенный период перед картографо-геодезической службой страны встали труднейшие задачи по обновлению топографических карт и восстановлению государственной геодезической опорной сети, а также по созданию карт крупного масштаба на интенсивно развивающиеся районы.

Огромная роль в решении этих сложных задач принадлежит аэрофотосъемке. Ее основателями явились такие выдающиеся ученые, как Г.В. Романовский, М.М. Русинов, Ф.В. Дробышев, А.Н. Лобанов и др.

Результатом огромной работы явилось завершение картографиро-

вания в 1956 г. в масштабе 1 : 100 000 территории страны, а в 1989 г. — создание карты 1 : 25 000.

На основе созданных крупномасштабных карт составлены карты более мелких масштабов. Это прежде всего карты справочного Атласа мира, которые по содержанию и совершенству изображения дают яркое представление о топографической поверхности Земли в целом.

В области тематического картографирования созданы многомасштабные карты: 1) геологическая, почвенная и гипсометрическая карты в масштабе 1 : 2 500 000 с изображением суши и моря; 2) серия стенных карт в масштабе 1 : 4 000 000, предназначенная для институтов (геологическая, тектоническая, геоморфологическая и др.). Следует отметить, что создание этих карт связано с именем основателя экономической картографии Н.Н. Баранским (1881—1963).

В послевоенный период широко внедряется комплексное картографирование путем создания серий взаимосвязанных тематических карт, дающих глубокую информацию территории. Это относится к упомянутой серии стенных тематических карт в масштаб 1 : 4 000 000 и Географическому атласу для учителей средней школы.

Важное место в комплексном картографировании занимают трехтомный Морской атлас, физико-географический атлас мира (1964), трехтомный атлас океанов (1974—1981) и многочисленные атласы республик, краев и областей, которые дают разностороннее представление о природе, населении, экономике и культуре определенной территории.

Одним из основных направлений картографии в послевоенный период явилось массовое издание школьных карт и атласов (атлас по экономической географии СССР, атлас истории СССР).

Успехи, достигнутые картографией, связаны с развитием теоретических разработок в картографии, сделанных выдающимися учеными-картографами К.А. Салищевым, А.В. Гедыминым и др.

9.2. Задачи и основные направления развития отечественной картографии

Развитие человеческого общества неразрывно связано с решением народнохозяйственных задач. Исключением не является развитие отечественной картографии, которая решает постоянно возникающие и долговременные задачи, выдвигаемые общественным развитием.

Задачи развития отечественной картографии различны:

непрерывное и постоянное обеспечение новыми, точными современными картографическими материалами народного хозяйства, научно-исследовательской деятельности, культуры;

обновление устаревших карт на регионы с интенсивными изменениями действительности;

создание новых тематических и специальных карт, развитие комплексного картографического метода исследований, тематического картографирования, связанных с освоением космоса, Мирового океана, с картографированием других планет;

использование достижений смежных географических наук, математической статистики, автоматизированных систем информации и вычислительной техники;

использование первоклассной картографической и полиграфической техники и технологии в издании карт;

разработка новых видов накопления и хранения информативных данных.

Прокомментируем кратко перечисленные направления. Постоянно возрастают потребности народного хозяйства в крупномасштабных географических картах. Вспомним недавнее прошлое состояние картографической изученности страны. В 1923 г. обеспеченность территории страны картами масштаба 1 : 100 000 составляла 23 %, ее создание было закончено только в 1956 г.

Топографической картой масштаба 1 : 50 000 территория бывшего СССР была полностью обеспечена в 1989 г.

В настоящее время решается вопрос о создании карты масштаба 1 : 25 000, а впоследствии и масштаба 1 : 10 000 для территории всей страны.

Таким образом, проблема топографической изученности страны не разрешена до сих пор. Решение этой проблемы становится более сложной из-за ряда объективных причин.

Например, для того чтобы территорию страны без морских пространств покрыть картами в одном экземпляре и в семи стандартных масштабах, потребуется 1,8 млн карт. Это составляет 80 м³ дорогостоящей картографической бумаги, главным компонентом которой является ель. В то же время средний тираж карт 25...50 тыс. экземпляров. Вопрос замены бумаги на синтетические материалы практически не разрешен.

Наряду с созданием топографических карт районов, не обеспеченных современными съемками, существует проблема обновления устаревших карт. Средняя норма «жизни» карт в зависимости от интенсивности изменений местности составляет 4...7 лет. Решение этой задачи требует трехкратного увеличения картографических работ. В результате основная задача воспроизводства карт до уровня потребности современности в связи с экономической нестабильностью осталась практически не разрешенной.

Космическая картография, аэрофотосъемка, высокая инженерно-

техническая вооруженность картографических подразделений не могут решить проблему картографической изученности страны.

Однако изыскиваются возможности, пересматриваются отдельные концепции взглядов, выделяются главные направления развития картографии. Так, в первую очередь на важные народохозяйственные объекты создаются карты масштабов 1 : 5 000—1 : 25 000, без которых невозможна деятельность инженерно-технических специалистов, геологов, почвоведов, сельскохозяйственных предприятий за счет второстепенных.

Следующим важным направлением является создание планов городов в крупных масштабах (1 : 5 000—1 : 10 000) ввиду растущей урбанизации населения, роста крупных населенных пунктов, городского хозяйства.

Основной картой для экономических районов страны стала карта масштаба 1 : 25 000 для планирования, строительства и эксплуатации промышленных и сельскохозяйственных месторождений.

Тематическое картографирование Мирового океана, которое возникло недавно, в начале 1960-х годов, является новым направлением, и ему принадлежит огромное будущее. Его необходимость связана, прежде всего, с изысканием новых (нетрадиционных) источников питания, богатейших минеральных и органических ресурсов, сосредоточенных в морях, особенно перспективных месторождений.

Важнейшая особенность современной картографии — интенсивное развитие комплексного и отраслевого тематического картографирования для изучения природных условий, природопользования, размещения и управления народным хозяйством. Предпосылками его появления явились новые, точные и разнообразные тематические карты, комплексное картографирование, накопление достоверной картографической информации, а также привлечение электронно-вычислительной техники и автоматических систем для картографического анализа структуры, взаимосвязей и динамики природных и социальных явлений.

Проблема комплексного картографирования встает как самая насущная и важнейшая международная задача. В нашей стране в решении этой проблемы сделано не так уж мало.

В связи с интенсивным освоением космоса появились новые пути развития отечественной картографии. Создаются карты для осуществления космических полетов, мелкомасштабные карты других планет.

Морские карты приобретают все большую информативность, необходимую для мореплавания в современных условиях (развитие подводного мореплавания, увеличение скоростей и грузоподъемности судов, результаты человеческой деятельности и т. д.).

Получение информации в морском шельфе совсем недавно было

невозможно. Появление спутников, радионавигационных систем, фотокамер подводного фотографирования, цветных и спектрозональных пленок, накопление информации решило эту задачу.

Естественно, что изготовление карт рельефа и геологического строения ложа океанов, свойств и динамики вод, состава и распределения органического мира образует необходимую предпосылку освоения этих ресурсов. Особенно перспективна эксплуатация естественных богатств шельфов, картографирование которых рассматривается как самостоятельная и неотложная проблема изучения Мирового океана.

Еще более эффективно проникновение картографии в космические пространства ради получения карт небесных тел: Луны и планет, карт новой тематики. Например, топографические карты давно сформировались, значит, на современном этапе, казалось бы, остается их уточнять, обновлять, совершенствовать. Однако появились карты с фотоизображением земной поверхности, карты упрощенные и карты усложненные — целевые. Особенно разносторонними стали карты тематического и комплексного картографирования.

Серии съемок карт геологических, почвенных, геоморфологических, ландшафтных, лесных, торфяных, использования земель, размещения населения проводятся не ограниченно, а комплексно по всей территории.

Необходимо картографирование природных условий и учет их влияний на сельское хозяйство, транспорт, планирование и строительство населенных пунктов, организацию экономики, производительных сил.

Такие комплексные тематические карты имеют исключительно важное значение в масштабе страны, так как пригодны для всех заинтересованных организаций промышленности, сельского хозяйства, науки, сравнительно недороги, информативны. Развитие комплексного картографирования и в связи с этим открывающаяся научная разработка территориальных проблем открывают возможность всесторонне учитывать совокупность природных, экономических и социальных факторов.

В настоящее время проблемы экологии, охраны природной среды, улучшения воздушной среды, землепользования приобрели исключительно жизненный, важнейший международный характер, так как ни одно государство мира не может самостоятельно разрешить эту проблему.

Поскольку географические карты — средства массового применения и внедрение их в жизнь представляет определенную трудность, в настоящее время появилась необходимость разработки нового раздела картографии — картографического метода исследования.

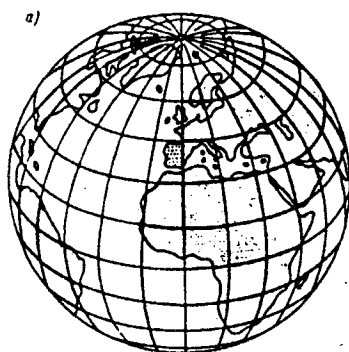
Претворяется в жизнь идея математического моделирования про-

цессов составления многих географических карт на основе ввода автоматизированных систем, ЭВМ, спутниковой геодезии, первоклассной картографической и полиграфической техники и технологии.

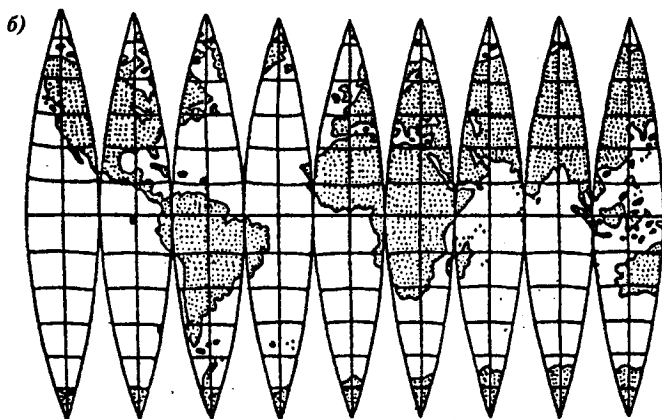
Подготовка программ для автоматического составления карт сложна, но она себя оправдывает, так как может быть использована для составления карт аналогичного содержания.

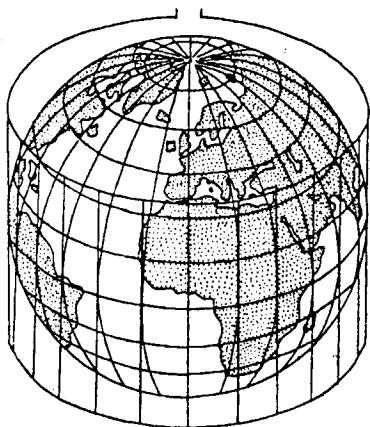
● Краткое описание отдельных направлений развития отечественной картографии следует закончить выводом: будущее картографии состоит в постепенной разработке и накоплении программ для карт все повышающейся сложности, в их создание все больше вовлекаются ученые, картографы и растущие возможности прогресса.

Приложение 1. СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ ШАРОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПЛОСКОСТИ

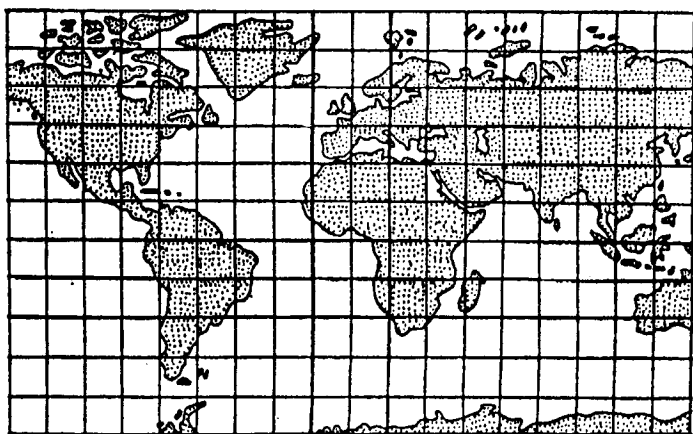


Р и с . П1. Глобус (а) и поверхность
глобуса, разрезанная по меридианам
на зоны (б)

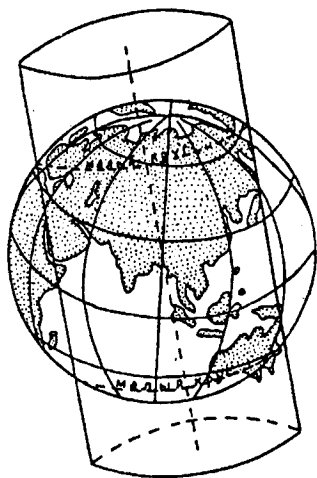




Р и с . П2. Цилиндрическая проекция



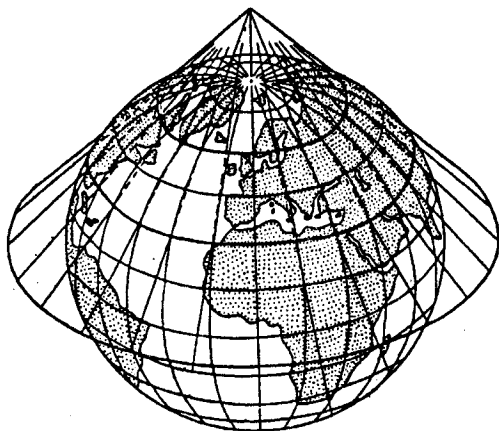
Р и с . П3. Карта мира, полученная растяжением зон



Р и с . П4. Косая произвольная перспективно-цилиндрическая проекция

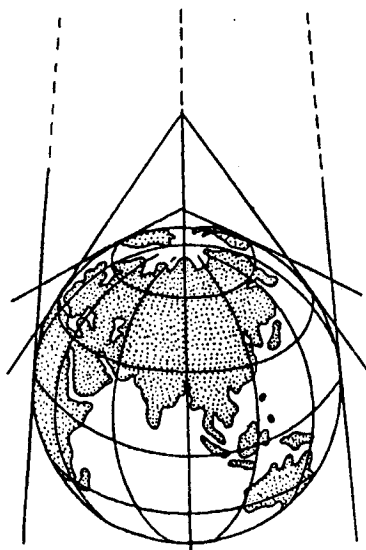
М.Д. Соловьева:

на малом круге сечения (линии нулевых искажений) искажений нет. В сторону полюсов от линии нулевых искажений частные масштабы длин больше главного, в сторону экватора меньше главного масштаба



Р и с . П5. Коническая проекция:

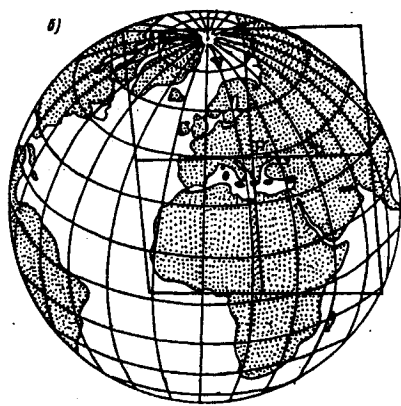
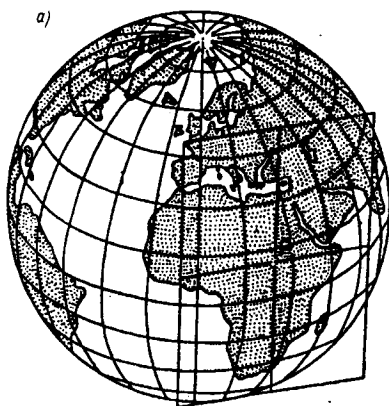
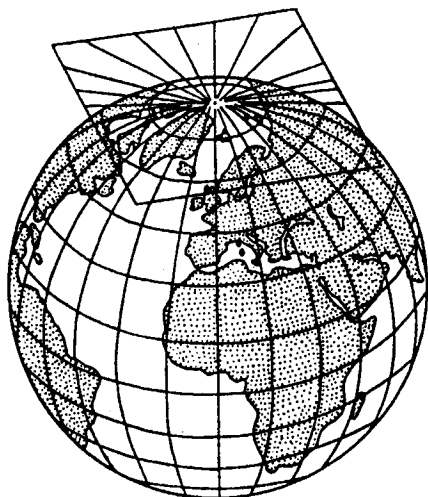
главный масштаб сохраняется по параллелям сечения



Р и с . П6. Поликоническая проекция:

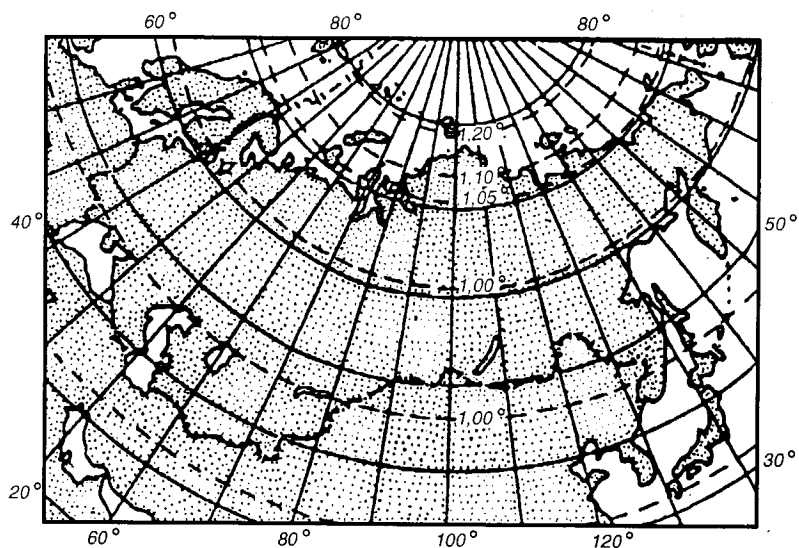
главный масштаб карты сохраняется на среднем меридиане и вдоль параллелей. Градусная сетка проектируется на несколько касательных конусов

Р и с . П7. Поперечная азимутальная проекция

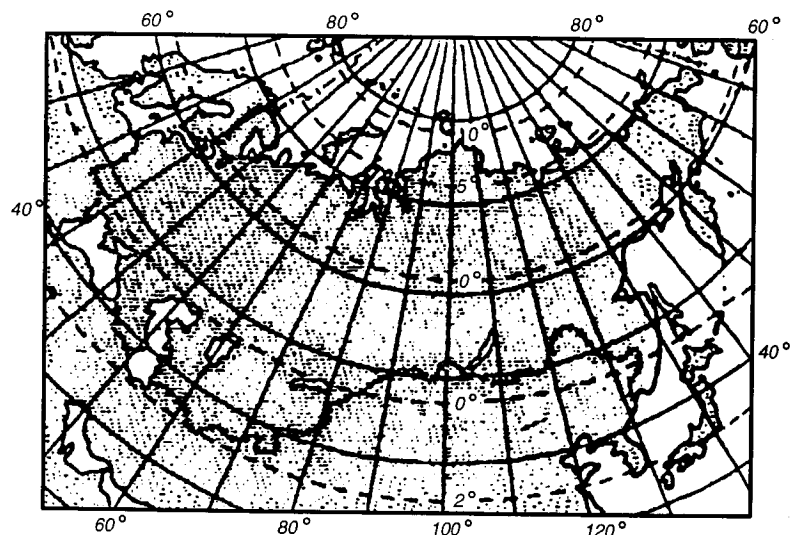


Р и с . П8. Поперечная (а) и косая (б) азимутальные проекции: главный масштаб карты сохраняется в точках касания P (центральных точках проекции). Частные масштабы длин увеличиваются с удалением от этих точек нулевых искажений

Приложение 2. ПРОЕКЦИИ КАРТ

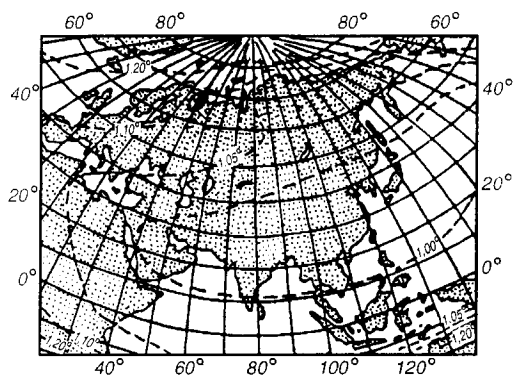
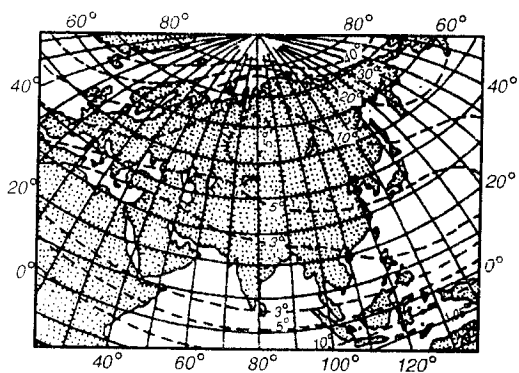


Р и с . П9. Прямая равнопромежуточная по меридианам проекция В.В. Каврайского:
изоколы масштаба площадей (P) и длин по параллелям



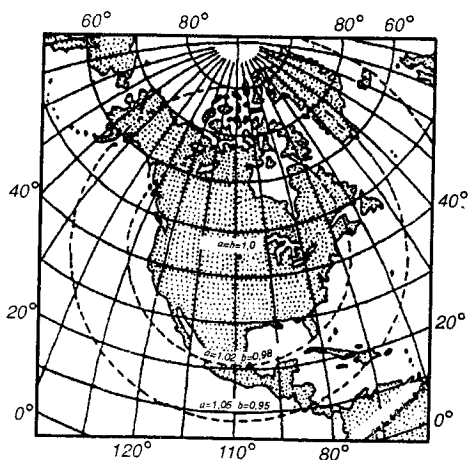
Р и с . П10. Прямая равнопромежуточная по меридианам проекция В.В. Каврайского:
изоколы наибольших искажений углов (ω)

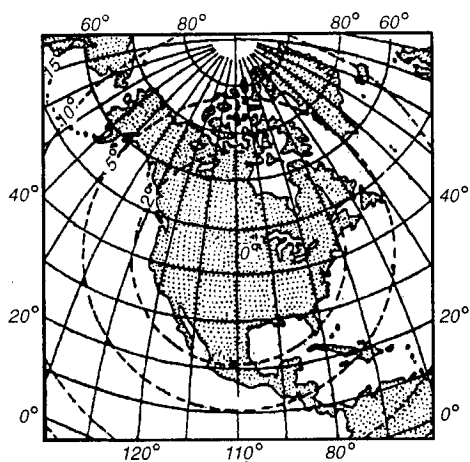
Р и с . П11. Произвольная проекция ЦНИИГАиК: изоколы наибольших искажений углов (ω)



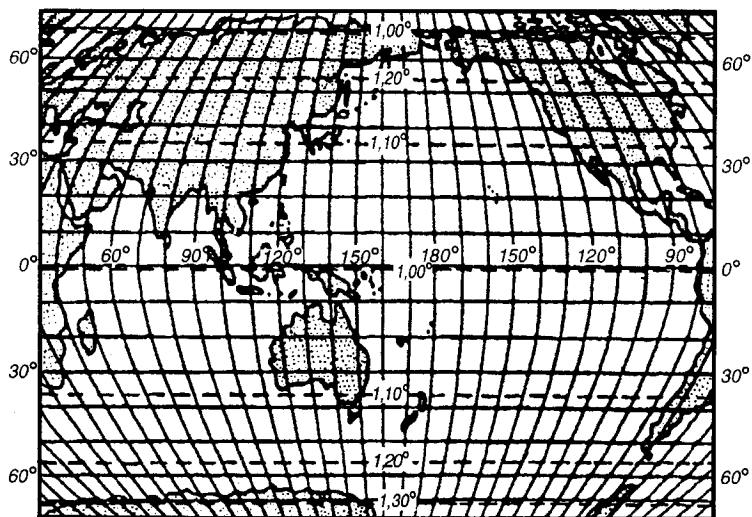
Р и с . П12. Произвольная проекция ЦНИИГАиК: изоколы масштаба площадей (P)

Р и с . П13. Поперечная равно-
великая азимутальная проекция: изоколы наибольшего и
наименьшего масштаба длин
(A и B)

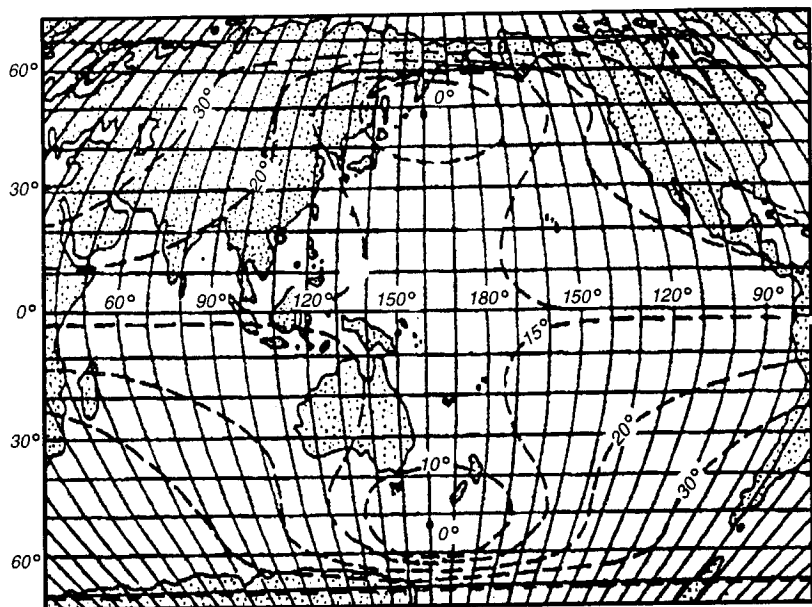




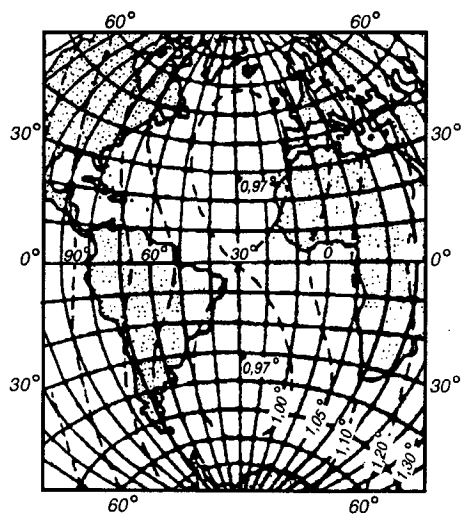
Р и с . П 14. Поперечная равновеликая азимутальная проекция: изоколы наибольших искажений углов (ω)



Р и с . П 15. Псевдоцилиндрическая синусоидальная проекция Н.А. Урмаева: изоколы масштаба площадей (P)

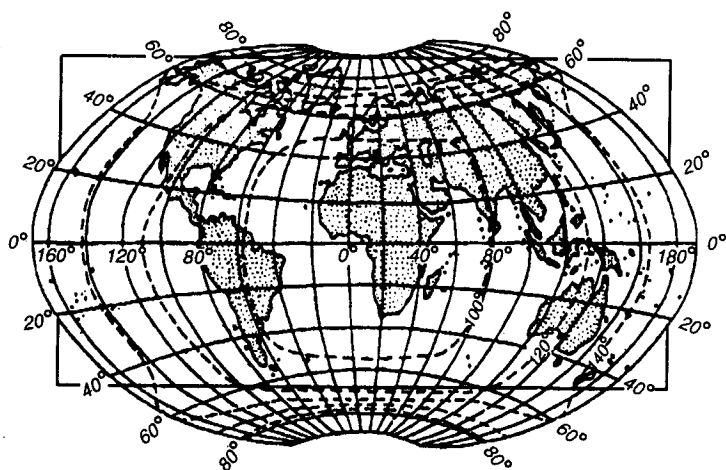
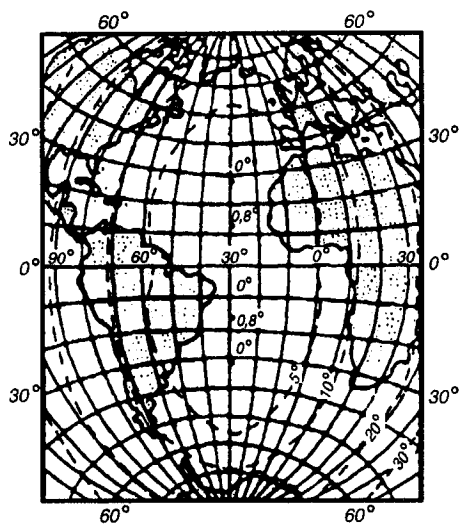


Р и с . П16. Псевдоцилиндрическая синусоидальная проекция Н.А. Урмаева: изоколы наибольших искажений углов (ω)

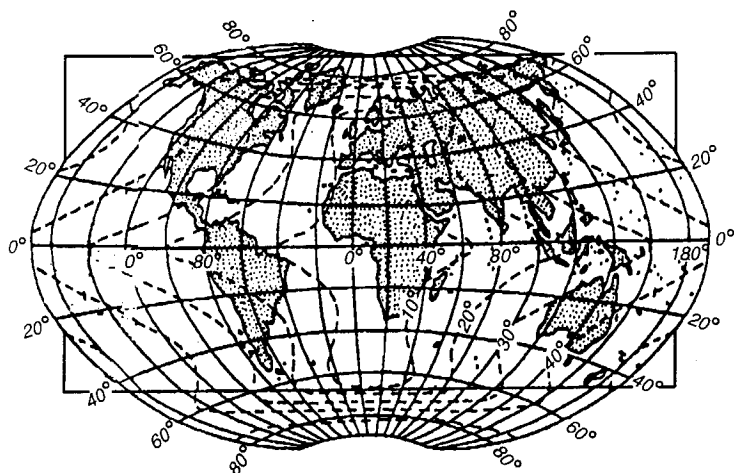


Р и с . П17. Проекция с овальными изоколами: изоколы масштаба площадей (P)

Р и с . П18. Проекция с овальными
изоколами: изоколы наибольших ис-
кажений углов (ω)



Р и с . П19. Поликоническая проекция ЦНИИГАиК: изоколы масштаба площадей (P)



Р и с . П20. Поликоническая проекция ЦНИИГАиК: изоколы наибольших искажений углов (ω)

Приложение 3. ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКЦИЙ

Таблица П1. Определение проекций мировых карт

Какими линиями изображаются		Как изменяется длина дуги среднего меридиана между соседними параллелями при удалении от экватора	Во сколько раз длина дуги среднего меридиана между экватором и параллелью 20° меньше длины дуги меридиана с долготой 180°	Сколько градусов дуги 80° -й параллели захватывает 60° -градусная дуга экватора (от среднего меридиана)	Название проекции
Меридианы	Параллели				
Прямыми	Прямыми	Между параллелями 60° и 80° в 3 раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	Эти дуги равны	60° (эти дуги равны)	Нормальная равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора
Прямыми	Прямыми	Между параллелями 60° и 80° в 1,8 раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	То же	То же	Нормальная произвольная цилиндрическая проекция Урмаева
Кривыми	Прямыми	Между параллелями 60° и 80° в 1,3 раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	Эти дуги почти равны	Примерно 88°	Произвольная псевдоцилиндрическая проекция ЦНИИГАиК
Кривыми	Дугами эксцентрических окружностей	Сохраняются равными	Примерно в 1,5 раза	Примерно 117°	Произвольная поликоническая проекция ЦНИИГАиК. Вариант 1950
Кривыми	Дугами эксцентрических окружностей	Между параллелями 60° и 80° в 1,2 раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	Почти в 1,4 раза	Примерно 121°	Произвольная поликоническая проекция ЦНИИГАиК. Вариант БСЭ

Таблица П2. Определение проекций материков Евразии, Северной Америки, Южной Америки, Африки и Австралии

Какими линиями изображаются параллели	Как изменяется длина дуги среднего меридиана между соседними параллелями от центра материка к северу и к югу	Как изменяется длина дуги средней параллели между соседними меридианами при удалении от среднего меридиана	Как изменяется расстояние между соседними параллелями при удалении от среднего меридиана	Какой линией изображается экватор	Название проекции
Кривыми, увеличивающимися кривизну при удалении от среднего меридиана	Уменьшается	Уменьшается	Увеличивается	Кривой	Косая равно- великая азиму- тальная проек- ция Ламберта
				Прямой	Поперечная равновеликая азимутальная проекция Лам- берта
Кривыми, близкими к дугам окружностей	То же	К западу увеличивается, к востоку изменяется мало. Картографическая сетка несимметрична относительно среднего меридиана	Изменяется мало и по-разному в разных точках карты	Кривой	Условная произвольная проекция ЦНИИГАиК (для Евразии)
Дугами окружностей	Не изменяется	Не изменяется	Не изменяется	Дугой окружности	Равновели- кая псевдоко- ническая про- екция Бонна
Прямыми	То же	То же	То же	Прямой	Равновели- кая псевдоци- линдрическая проекция Сан- сона

Таблица ПЗ. Определение проекций карт полушарий

Какими линиями изображаются параллели		Как изменяются длины дуг среднего меридиана между соседними параллелями и экватора между соседними меридианами при удалении от центра полушария к его краям	Название проекции
Восточное и западное полушария			
Кривыми, с нарастающей выпуклостью от экватора		Уменьшаются до 1,4 раза	Поперечная равновеликая азимутальная проекция Ламберта
		Не изменяются	Поперечная равнопромежуточная азимутальная проекция Постеля
Дугами окружностей		—	Условная произвольная шаровая (глобулярная) проекция
Прямыми		Увеличиваются до двух раз	Поперечная равноугольная стереографическая азимутальная проекция
		Уменьшаются до 6...12 раз	Поперечная равнопромежуточная ортографическая азимутальная проекция
Северное и южное полушария			
Полными концентрическими окружностями		Равны	Нормальная равнопромежуточная азимутальная проекция Постеля

Таблица П4. Определение проекций карт СНГ

Какими линиями изображаются		Как изменяется длина дуги среднего меридиана между соседними параллелями при удалении от центра к северу и югу	Как изменяется длина дуги средней параллели между соседними меридианами при удалении от среднего меридиана к востоку и западу	Особые признаки	Название проекции
Меридианы	Параллели				
Расходящиеся и прямыми	Дугами концентрических окружностей	Не изменяется	Не изменяется	Угол между меридианами, имеющими разность долгот 90° , составляет около 73° Угол между меридианами, имеющими разность долгот 90° , составляет около $76,5^\circ$	Нормальная равнопромежуточная коническая проекция Каврайского Нормальная произвольная коническая проекция Краусовского

Какими линиями изображаются		Как изменяется длина дуги среднего меридиана между соседними параллелями при удалении от центра к северу и югу	Как изменяется длина дуги средней параллели между соседними меридианами при удалении от среднего меридиана к востоку и западу	Особые признаки	Название проекции
Меридианы	Параллели				
Кривыми	Кривыми	К северу увеличивается, к югу уменьшается немного; при этом между параллелью 80° и полюсом в 1,3 раза больше, чем между параллелями 50 и 60°	Постепенно увеличивается к востоку и западу одинаково	—	Косая произвольная цилиндрическая проекция Соловьева для начальной школы
То же	То же	Немного увеличивается: между параллелью 80° и полюсом, а также между параллелями 40 и 50° в 1,1 раза больше, чем между параллелями 60 и 70°	Сначала увеличивается, потом немного уменьшается	Средний меридиан 100° картографическая сетка напоминает шаблон разнообразия Земли	Условная произвольная проекция ЦНИИГАиК симметричной сеткой для начальной школы

Таблица П5. Таблица длин дуг параллелей и меридианов на эллипсоиде Красовского

Широта, градус	Расстояние от экватора, м	Длина дуги параллели в 1° , м	Широта	Длина дуги меридиана в 1° , м
0	—	111 321	0—1	110 576
1	110 576	111 305	1—2	110 577
2	221 153	111 254	2—3	110 579
3	331 732	111 170	3—4	110 580
4	442 312	111 052	4—5	110 583
5	552 895	110 901	5—6	110 587
6	663 482	110 716	6—7	110 590
7	774 072	110 497	7—8	110 596
8	884 668	110 245	8—9	110 600
9	995 268	109 960	9—10	110 607
10	1105 875	109 641	—	—

Широта, градус	Расстояние от экватора, м	Длина дуги параллели в 1°, м	Широта	Длина дуги меридиана в 1°, м
11	1 216 488	109 289	10—11	110 613
12	1 327 108	108 904	11—12	110 620
13	1 437 737	108 487	12—13	110 629
14	1 548 373	108 036	13—14	110 636
15	1 659 019	107 552	14—15	110 646
16	1 769 675	107 036	15—16	110 656
17	1 880 341	106 488	16—17	110 666
18	1 881 017	105 907	17—18	110 676
19	2 101 706	105 294	18—19	110 689
20	2 212 406	104 649	19—20	110 700
21	2 323 118	103 972	20—21	110 712
22	2 433 844	103 264	21—22	110 726
23	2 544 583	102 524	22—23	110 739
24	2 655 336	101 753	23—24	110 753
25	2 766 103	100 952	24—25	110 767
26	2 876 886	110 119	25—26	110 783
27	2 987 683	99 257	26—27	110 797
28	3 098 497	98 364	27—28	110 814
29	3 209 326	97 441	28—29	110 829
30	3 320 172	96 488	29—30	110 846
31	3 431 035	95 506	30—31	110 863
32	3 541 915	94 495	31—32	110 880
33	3 652 813	93 455	32—33	110 898
34	3 763 728	92 386	33—34	110 915
35	3 874 662	91 290	34—35	110 934
36	3 985 613	90 165	35—36	110 951
37	4 096 584	89 013	36—37	110 971
38	4 207 573	87 834	37—38	110 989
39	4 318 580	86 628	38—39	111 007
40	4 429 607	85 395	39—40	111 027
41	4 540 654	84 137	40—41	111 047
42	4 651 719	82 852	41—42	111 065
43	4 762 804	81 542	42—43	111 085
44	4 873 908	80 208	43—44	111 104
45	4 985 032	78 848	44—45	111 124
46	5 096 176	77 465	45—46	111 144
47	5 207 339	76 057	46—47	111 163
48	5 318 521	74 627	47—48	111 182
49	5 429 723	73 173	48—49	111 202
50	5 540 944	71 697	49—50	111 221

Широта, градус	Расстояние от экватора, м	Длина дуги параллели в 1°, м	Широта	Длина дуги меридиана в 1°, м
51	5 652 185	70 199	50—51	111 241
52	5 763 445	68 679	51—52	111 260
53	5 874 723	67 138	52—53	111 278
54	5 986 021	65 577	53—54	111 298
55	6 097 337	63 995	54—55	111 316
56	6 208 672	62 394	55—56	111 335
57	6 320 025	60 773	56—57	111 353
58	6 431 395	59 134	57—58	111 370
59	6 542 783	57 476	58—59	111 388
60	6 654 189	55 801	59—60	111 406
61	6 765 612	54 108	60—61	111 423
62	6 877 051	52 399	61—62	111 439
63	6 988 506	50 674	62—63	111 455
64	7 099 978	48 933	63—64	111 472
65	7 211 465	47 176	64—65	111 487
66	7 322 967	45 405	65—66	111 502
67	7 434 483	43 621	66—67	111 516
68	7 546 014	41 822	67—68	111 531
69	7 657 558	40 011	68—69	111 544
70	7 769 116	38 177	69—70	111 558
71	7 760 686	36 352	70—71	111 570
72	7 992 268	34 505	71—72	111 582
73	8 103 862	32 674	72—73	111 594
74	8 215 467	30 780	73—74	111 605
75	8 327 082	28 902	74—75	111 615
76	8 438 707	27 016	75—76	111 625
77	6 550 341	25 122	76—77	111 634
78	8 661 984	23 219	77—78	111 643
79	8 773 635	21 310	78—79	111 651
80	8 885 293	19 394	79—80	111 658
81	8 996 958	17 472	80—81	111 665
82	9 108 629	15 544	81—82	111 671
83	9 220 306	13 612	82—83	111 677
84	9 331 987	11 675	83—84	111 681
85	9 443 673	9735	84—85	111 686
86	9 555 362	7791	85—86	111 689
87	9 667 053	5846	86—87	111 691
88	9 778 747	3898	87—88	111 694
89	9 890 442	1949	88—89	111 695
90	10 002 137	0000	89—90	111 695

Таблица П6. Площади трапеции на земном эллипсоиде ($5^\circ \times 5^\circ$, км²)

λ°	P	λ°	P	λ°	P
0—5	307 400	30—35	260 600	60—65	143 600
5—10	305 100	35—40	245 300	66—70	119 100
10—15	300 500	40—45	228 200	70—76	93 600
16—20	293 800	45—50	209 400	75—80	67 400
20—25	294 800	50—55	188 900	80—85	40 700
25—30	273 700	55—60	166 900	85—90	13 600

Площади трапеций на земном эллипсоиде ($10^\circ \times 10^\circ$, км²)

λ°	P	λ°	P	λ°	P
0—10	1 224 900	30—40	1 011 600	60—70	625 300
10—20	1 188 600	40—50	876 100	70—80	322 200
20—30	1 116 900	50—60	711 500	80—90	108 600

Площади трапеций географической сетки на глобусе

Широтный пояс, градусы	Площади, трапеции с разностью долгот 10° , тыс км ²	Площади, трапеции с разностью долгот 10° , тыс км ²
0—10	1225	1837
10—20	1189	1763
20—30	1117	1675
30—40	1012	1517
40—50	875	1313
50—60	712	1067
60—70	525	788
70—80	322	483
80—90	109	163

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аковецкий В.И.* Дешифрирование снимков.— М.: Недра, 1983.
2. *Баранский Н.Н.* Экономическая картография.— М.: Географиздат, 1962.
3. *Баканова В.В.* Геодезия.— М., 1980.
4. *Баранов В.Н., Бойко Е.Г.* и др. Космическая геодезия.— М.: Недра, 1986.
5. *Вахромеева Л.П.* Картография.— М.: Недра, 1981.
6. Картография с основами топографии/Под ред. *А.В. Гедымина*.— М., 1973.
7. *Господинов Г.В., Сорокин В.Н.* Топография.— М., 1974.
8. *Гараевская Л.С.* Редактирование мелкомасштабных карт и атласов.— М.: Недра, 1966.
9. *Гараевская Л.С., Малюсова Н.В.* Практическое пособие по картографии.— М.: Недра, 1976.
10. *Гинзбург Г.А.* Картографические проекции.— М.: Геодезиздат, 1951.
11. *Лобанов А.Н.* Фототопография.— М., 1968.
12. *Лысов Г.Ф.* Поверки и исследования теодолитов и нивелиров в полевых условиях.— М., 1979.
13. *Леонтьев Н.Ф.* Тематическая картография.— М.: Недра, 1981.
14. *Закатов П.С.* Курс высшей геодезии.— М.: Недра, 1976.
15. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов.— М.: Недра, 1990.
16. *Курошев Г.Д.* Геодезия и география.— СПб.: СПбГУ, 1994.
17. *Салищев К.А.* Картоведение.— М.: МГУ, 1982.
18. *Салищев К.А.* Картография.— М.: Высш. школа, 1971.
19. *Смирнов Л.Е.* Трехмерное картографирование. СПб.: СПбГУ, 1982.
20. *Тикунов А.С.* Моделирование в картографии.— М.: МГУ, 1997.
21. Топография с основами геодезии./Под ред. *А.С. Харченко, А.П. Божок*.— М.: Высшая школа, 1986.
22. *Южанинов В.С.* Решение задач по топографической карте.— СПб.: СГПУ, 1988.
23. *Южанинов В.С.* Топографические съемки. Приборы к ним.— СПб.: СГПИ, 1997.
24. *Южанинов В.С.* Картографические проекции для карт школьных атласов.— СПб.: СГПУ, 1993.
25. *Яковлев Н.В.* Высшая геодезия.— М.: Недра, 1989.

Оглавление

Предисловие	3
Введение	4
Ч А С Т Ь 1. ОСНОВЫ ТОПОГРАФИИ И ГЕОДЕЗИИ	7
1. Общие сведения	7
1.1. Фигура и размеры Земли. Геоид. Эллипсоид Ф.Н. Красовского	7
1.2. Топографическая карта и ее использование	12
1.3. Геодезические опорные сети	13
1.4. Чтение топографических карт	19
1.5. Топографическое описание (чтение) внутреннего картографического содержания	23
1.6. Прямоугольные координаты	25
1.7. Географические координаты	33
1.8. Разграфка и номенклатура топографических карт	35
1.9. Разграфка и номенклатура карт последующих масштабов	38
1.10. Примеры решения задач по определению географических, прямоугольных координат и номенклатур соседних листов по номенклатуре листа топографической карты	41
2. Решение задач по топографической карте	45
2.1. Измерение расстояний на топографической карте	45
2.2. Измерение площадей на топографической карте	48
2.3. Определение форм рельефа на топографической карте	52
2.4. Определение высот точек на карте	56
2.5. Построение на карте линий с заданными уклоном	60
2.6. Построение на карте участков, имеющих на земной поверхности угол наклона больше или меньше заданного	61
2.7. Построение орографических линий водоразделов и тальвегов на топографической карте	62
2.8. Построение границ водосборной площади (бассейна водотока)	64
2.9. Проектирование планировки местности на карте	64
2.10. Построение профилей на топографических картах	67
2.11. Определение полей невидимости на топографических картах	69
2.12. Углы направлений	70