

А.Н. СОЛОВЬЁВ

# ОСНОВЫ ТОПОГРАФИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ



ЧАСТЬ 1

ОСНОВЫ ТОПОГРАФИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический  
университет имени С.М.Кирова»

КАФЕДРА ГЕОДЕЗИИ И СТРОИТЕЛЬНОГО ДЕЛА

А.Н.СОЛОВЬЁВ  
кандидат технических наук, доцент

## ОСНОВЫ ТОПОГРАФИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ

Часть первая

### ОСНОВЫ ТОПОГРАФИИ

Учебное пособие

Для подготовки бакалавров по направлениям:

- 23.03.01 «Технология транспортных процессов»
- 08.03.01 «Строительство»
- 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»
- 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»
- 35.03.01 «Лесное дело»
- 35.03.10 «Ландшафтная архитектура»

Санкт – Петербург

2015

Рецензенты:

заведующий кафедрой геодезии СПбГАСУ к.т.н., доцент М.М. Орехов;  
исполнительный директор ООО «Кадастр-Профи» к.т.н., доцент А.В.Волков

Основы топографии и инженерной геодезии. Часть 1. Основы топографии: Учебное пособие/ сост.: Соловьев А.Н.; СПбГЛТУ – СПб, 2015 – 110с.

В первой части пособия изложен материал, связанный с основами топографии, принципами создания и оформления топографических карт. Излагаются правила работы с топографическими картами, рассматриваются приемы и способы решения инженерных и прикладных задач с их помощью.

Данное пособие предназначено для использования в учебном процессе студентами по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов». Отдельные разделы и главы пособия могут быть использованы для подготовки студентов по направлениям 08.03.01 «Строительство», 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», 35.03.01 «Лесное дело», 35.03.10 «Ландшафтная архитектура», а также обучаемыми на факультете повышения квалификации.

Ил.93, табл. 14

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Глава 1. История развития геодезии и топографии

Глава 2. Земная поверхность и способы ее изображения

2.1. Форма и размеры Земли

2.2. Уровенная поверхность, геоид и эллипсоид

2.3. Влияние кривизны Земли на картографическое изображение. Горизонтальное проложение

Глава 3. Картографические проекции

3.1. Общие понятия о картографических проекциях

3.2. Картографическая проекция Гаусса-Крюгера

Глава 4. Топографические карты России

4.1. Свойства топографических карт и их классификация

4.2. Разграфка и номенклатура топографических карт

4.3. Масштаб карты

4.4. Зарамочное оформление карт

4.5. Система условных знаков

4.5.1. Содержание системы условных обозначений на карте

4.5.2. Населенные пункты

4.5.3. Промышленные, социально-культурные и сельскохозяйственные объекты

4.5.4. Растительный покров и грунты

4.5.5. Дорожная сеть

4.5.6. Гидрография

4.6. Изображение рельефа местности на картах

4.6.1. Сущность изображения рельефа горизонталями

4.6.2. Основные формы и характеристики рельефа местности

Глава 5. Системы координат и высот применяемые в геодезии

5.1 Геодезические (астрономические) и географические координаты

5.2 Плоские прямоугольные координаты. Полярные и биполярные координаты

5.4 Связь между системами координат на земной поверхности

5.4.1. Связь между прямоугольными и геодезическими координатами

5.4.2. Связь между прямоугольными и полярными координатами

5.5. Система высот

Глава 6. Ориентирование линий в пространстве

6.1 Основные направления и углы

6.2. Дополнительные углы

6.3. Румбы

6.4. Углы прямого и обратного направления

Глава 7. Решение инженерных задач по топографической карте (плану)

7.1. Измерение расстояний и длин линий

7.2. Определение координат точек

7.2.1. Определение прямоугольных координат точек

7.2.2. Определение геодезических координат точек

7.2.3. Определение полярных координат

7.3. Измерение углов на топографической карте (плане)

7.4. Определение абсолютных высот точек

7.5. Определение уклона линии

7.6. Построение линии заданного уклона

7.7. Измерение площади объекта

7.8. Решение прикладных задач на топографической карте

7.8. 1. Построение продольного профиля местности

7.8.2. Определение объемов элементов рельефа

7.8.3. Построение полей невидимости

7.8.4. Решение специальных прикладных задач

Глава 8. Ориентирование на местности

8.1. Ориентирование на местности без карты

8.2. Способы движение по азимуту.

8.3. Ориентирование по карте

8.4. Определение по карте своего местоположения

8.5. Порядок движения по азимутам

8.6. Особенности ориентирования в сложных условиях

## Введение

**Топография** (от греч. *topos* – местность, *grapho* – пишу) – наука, изучающая физико-географическое и природно-урбанистическое состояние земной поверхности как по средствам имеющегося картографического материала (географических, специальных, топографических карт и планов), так и непосредственно путем простейших измерений на местности.

Впервые термин «топография» (землеописание) был введен знаменитым греческим географом и астрономом Птолемеем еще во II в.н.э.

Топография, как наука о Земле, тесно взаимосвязана с геодезией.

Эти науки имеют не только общие исторические корни зарождения, но и обладают единой терминологией, базовыми понятиями и принципами. Их связь настолько тесная, что, порой, сложно сказать, где кончается топография и начинается геодезия. Так решение ряда задач инженерной геодезии начинается с изучения картографического материала, с проведения соответствующих графических измерений и построений на карте (плане).

И наоборот. На основе принципов геодезических измерений осуществляют топографические работы по лесоустройству, мелиорации земель, отведению участков под лесосечные и лесовосстановительные работы, проводят озеленение и благоустройство территории, составляют общие планы (схемы) местности.

Вместе с тем научные задачи геодезии имеют более широкий аспект практического применения, а ее теоретические положения являются базовыми для многих других наук о Земле, в т.ч. и топографии.

Термин «Геодезия» старше термина «Топография» на несколько столетий, поэтому логично изучать историю развития науки топография на фоне истории развития науки геодезия.

## Глава 1. История развития геодезии и топографии

**Геодезия** (от греческого *geodaisia* – землеразделение) – одна из наиболее древних наук о Земле. История геодезии уходит корнями в глубь веков, когда впервые появилась необходимость проведения измерительных работ на земле и составления карт местности для хозяйственных нужд человека.

Археологические находки свидетельствуют, что уже в 7 в. до н. э. в Вавилоне и Ассирии на глиняных дощечках составлялись географические рисунки местности, на которых также давались различные пояснения и сведения различного характера. Конечно, сейчас трудно назвать такие рисунки картами в нынешнем ее понимании.

И все же, родиной геодезии следует считать Древний Египет. За четыре с лишним тысячелетия до нашей эры в Египте уже имелись значительные навыки в области геодезии.

Так в результате ежегодного разлива реки Нил терялись границы земельных участков. Это вело к ссорам между землевладельцами, а порой и к междоусобным войнам. Египетские жрецы и фараоны, с целью прекращения распрей и наведения порядка вынуждены были организовывать размежевание земель и восстановление утраченных границ.

Важную роль в становлении геодезии сыграли и грандиозные планы фараонов по ирригации и строительству. Нужда в дополнительной площади, пригодной под посевы и разведения скота, вызвала необходимость создания сети осушительных каналов и дамб в пойме Нила. Развитие торговых и общественных отношений вело к росту городов и возведение величественных храмов фараона, который был также верховным жрецом и считался собственником земли и подданных. Идея неограниченной власти обожествленных фараонов воплощалась в сооружении грандиозных гробниц - пирамид. Проведение этих работ тогда уже было сопряжено с различными угловыми и линейными измерениями и геометрическими построениями на местности.

Жрецы и писцы, накапливавшие в течение столетий научные знания и опыт, проводили эти работы с помощью простейших инструментов отвес, линейка, транспортир. Для измерения времени применялись солнечные и водяные часы (клепсидры).

Торговые, а затем и военные экспедиции, направлявшиеся фараоном на север — в Сирию и на юг — по Нилу, в экваториальные районы Африки, по Красному морю, обусловили накопление и расширение географических познаний. Составлялись схематические примитивные карты с учётом расстояния между населёнными пунктами, планы городов, проводилось описание земель. Однако, представления о шарообразности Земли египтяне не имели. Сведения, полученные в VII в. до н. э. финикийцами, объехавшими по приказу фараона Нехо вокруг Африки, влияния не оказали.

Представление о форме земли ограничивалось религиозными выдумками жрецов (рис.1).

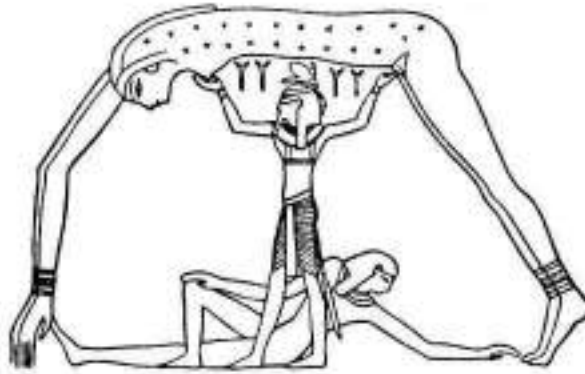


Рис. 1. Небо и земля (по представлениям древних египтян).

Преемником и продолжателем египетской культуры явилась Греция. Здесь развитие геодезии проходило в тесной связи с развитием математики, вообще и в частности геометрии, являющейся научной основой геодезии. В Греции впервые была высказана гипотеза о шарообразности Земли (Анаксимандр Милетский, около 550 г. до н. э., Пифагор Самосский около 570 - 500 до н. э.) и что Земля неподвижно покоится в центре мира. Пифагор говорил: «Все в природе должно быть гармонично и совершенно, в том числе и Земля. Но совершеннейшее из геометрических тел есть шар. Стало быть, Земля - шар!» Эта гениальная догадка позднее была доказана Аристотелем (384-322гг. до н.э.). Кроме того, Анаксимандр Милетский составил первую географическую карту Греции (рис. 2), а также соорудил первые солнечные часы и астрономические инструменты.

В III в. до н. э. в Египте греческий учёный Эратосфен (200 г. до н. э.) произвёл первое определение радиуса земного шара на основании правильных геометрических принципов, получивших название градусных измерений. В это же время в трудах Аристотеля впервые появилось название «Геодезия» как отрасли человеческих знаний, связанной с астрономией, картографией и географией.



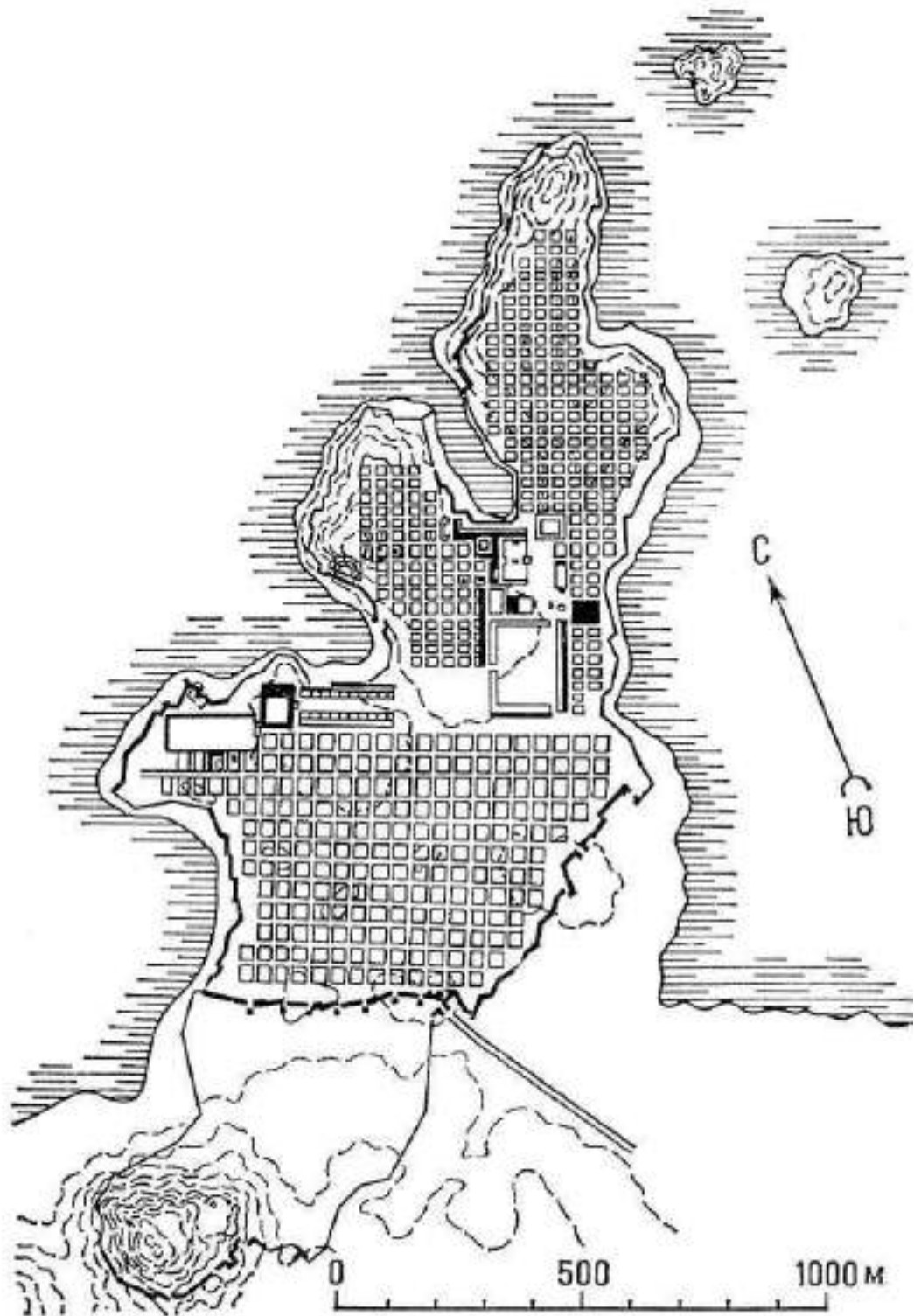


Рис. 2. План Милета. (V век до н. э).

Эратосфен известен не только тем, что впервые определил размеры Земли, но и тем, что ввел понятия «параллели» и «меридианы», которыми пользуются и в наши дни. Он построил сетку параллелей и меридианов и на ее основе составил карту обитаемой Земли (рис. 3). Меридианы на ней проведены не через равные промежутки, а через определенные пункты,

например, через Александрию, Карфаген. Так же проведены и параллели. Тем не менее, сетка параллелей и меридианов позволила Эратосфену при помощи известных расстояний правильно показать взаимное расположение материков, гор, рек и городов. Карта Эратосфена была первой известной к тому времени картой мира, составленной с учетом шарообразности Земли. Ею пользовались до конца I в. н. э.



Рис. 3. Карта Эратосфена

Огромный вклад в развитие геодезии внес древнегреческий учёный, работавший в Александрии Герон Александрийский (гг. рождения и смерти неизвестны, вероятно, I в.).

Им составлена первая книга по геодезии «Диоптрика», в которой изложены правила земельной съёмки, фактически основанные на использовании прямоугольных координат. Здесь же даётся описание диоптра — прибора для измерения углов — прототипа современного теодолита.

С развитием римской империи и присоединением к ней все новых территорий, возникла необходимость размежевания завоеванных земель. Для этого римскими патрициями была введена специальные должности — мерщики, которые обмеряли и делили земли, устанавливали границы, производили съёмки дорог, городов, крепостей и пр.

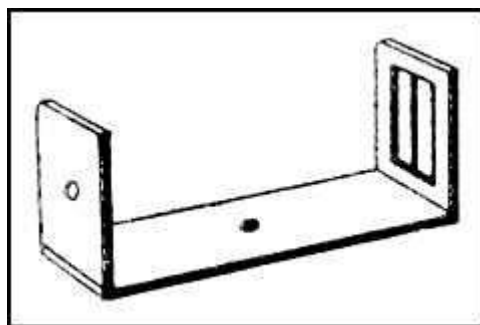


Рис. 4. Диоптр Герона

Во II в. до н. э. величайший греческий астроном и математик Гиппарх (180 - 126 гг. до н. э.) установил понятия о географической широте и долготе места. Он разработал первые картографические проекции, ввел сетку меридианов и параллелей на картах, предложили первые методы определения взаимного положения точек земной поверхности из астрономических наблюдений.

Большой вклад в геодезию и картографию внес знаменитый ученый-географ Птолемей, живший во II в. н. э. в египетском городе Александрия. Главную цель географии Птолемей видел в картографировании земного шара. «География, - писал он - дает нам возможность обозреть всю Землю в одной картине, подобно тому, как мы можем непосредственно обозреть все небо с его созвездиями в его вращении над нашей - головой».

Птолемей написал немало книг. Среди них и очень подробное руководство по картографии. К книге было приложено 27 карт, среди которых подробная карта всей земли, какой до него еще никто не создавал и вплоть до XV в. никто не создал лучше (рис. 5).

В средние века достижения античной геодезии и картографии оказались надолго забытыми. Церковь вступила в жестокую борьбу с научными представлениями о строении мира. Она строго преследовала учение о шарообразной форме Земли.

Прошло много времени, прежде чем человеческая мысль освободилась от церковных догм. Лишь в XV в. вновь возрождается учение о шарообразной форме Земли. В это время переиздается карта Птолемея.

Европейцы познакомились с греческой наукой геодезия через арабов, которые переняли древнюю культуру от покоренных ими в VII в. народов, и благодаря торговле с индусами. В частности, от арабов европейцы узнали о свойствах магнитной стрелки, с помощью которой стало возможным более точно ориентироваться при съемках и более уверенно плавать по морям.

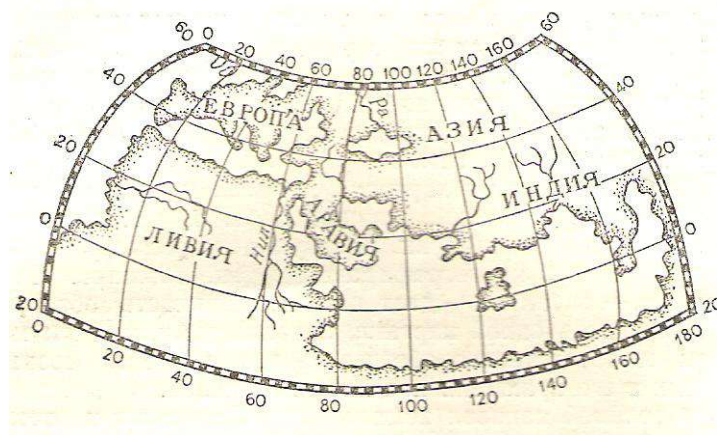


Рис. 5. Карта Птолемея

С начала XVII в. в связи с изобретением зрительной трубы, мензулы,

с разработкой тригонометрии и аналитической геометрии приемы измерений участков земли становятся более совершенными. В начале XVIII в. впервые начинают производить точную вертикальную съемку местности не только для решения инженерных задач, но и с целью изображения рельефа на картах. Так зарождается нивелирование.

Начало геодезических работ в России относится к X в. В сборнике законов «Русская правда» (XI-XII вв.) содержатся постановления об определении земельных границ путём измерений. Практические потребности государства в детальном изучении своей территории для ее освоения и обороны от иноземных захватчиков потребовали описание территории и его изображения на бумаге. В 1552 году Иван Грозный повелел: «Землю измерить и чертеж государству сделать». Так появилась одна из первых карт Московского государства, так называемый «Большой чертёж». Содержание карты основывалась на маршрутных съёмках и на опросных данных. В это же время создается первое русское руководство по измерениям на поверхности земли - «Книга, именуемая геометрия или землемерие радиксом и циркулем ... глубокомудрая, дающая легкий способ измерять места самые недоступные, плоскости, дебри».

Начало геодезических работ с применением инструментальных съемок относится к первой четверти XVIII в., к эпохе великих преобразований в России, к эпохе Петра I.

Петр I создал первую на Руси Математико-навигационную школу, где ученики обучались морской навигации, геодезии и картографии. Специальным указом от 9 декабря 1719 г. он разослал подготовленных в школе геодезистов во все концы России для съемки отдельных территорий. Очень большой вклад в картографирование страны внесли выпускники школы геодезисты И. Евреинов и Ф. Лужин. Они прошли от Тобольска до Охотского моря и далее на Камчатку и Курильские острова. Именно они впервые определили точное местоположение разных географических пунктов и составили карту Сибири и Дальнего Востока.

В 1720 Петр I топографические и картографические работы в России подчинил Сенату, подчеркнув тем самым их большое государственное значение. В 1739 в Петербургской Академии наук был организован Географический департамент, который руководил всеми геодезическими и картографическими работами в России. По изданному в 1765 манифесту о генеральном межевании проводились геодезические работы по составлению планов землевладений, продолжавшиеся почти до середины XIX в. и доставившие обширный материал для картографирования страны. В 1779 в Москве возникла землемерная школа, которая в 1819 была преобразована в Константиновское землемерное училище, а в 1835 — в Константиновский межевой институт, позднее — крупное высшее учебное заведение по подготовке геодезистов и картографов.

Многое сделал для геодезии великий русский ученый Михаил Васи-

льевич Ломоносов. Назначенный в 1757 г. на должность начальника географического департамента, он немедленно приступил к исправлению неточных и к изготовлению новых карт. Он много работал также над усовершенствованием геодезических инструментов.

В России геодезию наиболее широко применяли при межевых и землеустроительных работах. С 1723 г., когда было предпринято межевание так называемой Ингерманландии (теперь Ленинградская область), непрерывно проводили съемки, связанные с установлением границ землевладений. Одной из самых больших межевых работ является генеральное межевание, проводившееся с 1765 г. и охватившее площадь около 300 млн. га.

Геодезические работы, проводившиеся в России с начала XIX в., имели большое научное значение. Так, грандиозная работа, выполненная под руководством профессора Дерптского университета В. Струве на пространстве от устья Дуная до берегов Северного Ледовитого океана (общим протяжением  $25^{\circ}20'$  по широте), была использована многими учеными для вывода размеров земного эллипсоида. Военными русскими геодезистами КВТ (корпус военных топографов, организованный в 1822 г.) были выполнены работы: общим протяжением  $20^{\circ}$  по долготе по параллели  $47^{\circ}30'$  и общим протяжением  $39^{\circ}$  по долготе по параллели  $52^{\circ}$ . Были проведены также большие работы на Кавказе, в Сибири, Туркестане, Донбассе, по прибрежным территориям.

Новый этап развития геодезии у нас начался после Октябрьской революции. Декретом Совета Народных Комиссаров от 15 марта 1919 г., было учреждено Высшее геодезическое управление, организующее общее руководство геодезической деятельностью всех ведомств и учреждений. Впоследствии управление было переименовано в Главное управление геодезии и картографии. С этого времени государственная геодезическая служба проделала огромную работу и достигла больших успехов; развилась и окрепла аэрофотогеодезия, являющаяся в настоящее время основным методом съемок больших площадей, появилась обширная геодезическая литература, создан Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии, открыто несколько геодезических высших учебных заведений и т. д.

Советскими учеными-геодезистами (Ф. Н. Красовский, А. С. Чеботарев, В. В. Попов и многие другие) проделаны большие теоретические и исследовательские работы, которые поставили советскую геодезию на первое место в мире. Начиная с 50-х г.г. XX в. геодезическая наука получила широкое развитие. На смену традиционным геодезическим приборам пришли принципиально новые приборы, создаваемые с учетом новейших достижений науки и техники. Были разработаны принципиально новые методы производства геодезических измерений.

Революционным шагом в развитии геодезии явилась, разработанная в конце XX в. концепция перехода топографо-геодезического производ-

ства на спутниковые методы определения координат с использованием космических систем ГЛОНАСС/GPS.

## Глава 2. Земная поверхность и способы ее изображения

### 2.1. Форма и размеры Земли

Геометрическая сущность картографического изображения земной поверхности, неразрывно связана с представлением о форме и размерах Земли.

Первоначальное представление о Земле было, как о плоскости и предполагалось, что имеется "край света". Однако, наблюдая за уходящими за горизонт кораблями и торговыми караванами, люди начали задумываться о справедливости такого представления.

Впервые гипотеза о шарообразности земного тела была высказана греческим ученым и философом Пифагором (570–500 г.г. до н.э.). Пифагор считал: «Все в природе должно быть гармонично и совершенно, в том числе и Земля. Но совершеннейшее из геометрических тел есть шар. Стало быть, Земля - шар!» Эта гениальная догадка была доказана спустя более двухсот лет Аристотелем (384–322гг. до н.э.). В Средние века в развитии науки наступил застой. Римская церковь и «священная» инквизиция объявили научное представление о мироздании ересью.



Рис. 6. Пифагор

Вновь интерес к геодезии возник в эпоху Возрождения и Великих географических открытий. Именно тогда в ходе кругосветных путешествий опытным путем удалось подтвердить гипотезу, что Земля имеет шарообразную форму.

В 1687 г. И. Ньютон в своем трактате «Математические начала натуральной философии» доказал, что из-за вращения вокруг своей оси Земля должна быть сплюснута у полюсов. Теоретические выводы великого ученого в последующем были доказаны практическими измерениями Земли.

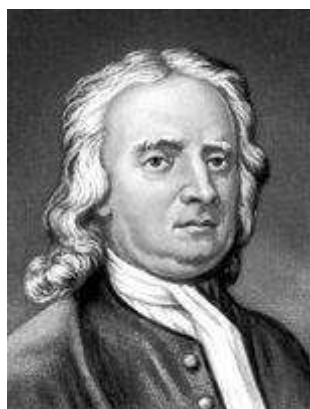


Рис. 7. И. Ньютон

Попытки измерить Землю, вероятно, делались в древние времена многими учеными того времени. Однако исторические документы, дошедшие до нас, достоверно свидетельствуют, что впервые размеры Земли определил египетский математик и географ Эратосфен Киренский (276–194 гг. до н. э.).



Рис. 8. Эратосфен

Придерживаясь мнения, что Земля шар Эратосфен решил определить длину его окружности. Идея Эратосфена состояла в том, что нужно было в один и тот же день (в полдень) в двух точках Земли, находящихся на юге и на севере Египта, измерить зенитное расстояние Солнца в градусах. Разность этих расстояний равна разности географических широт пунктов наблюдения. Далее нужно измерить расстояние между пунктами наблюдения. Поделив это расстояние на число градусов, можно определить длину части окружности Земли, приходящуюся на один градус, а далее легко определить и длину окружности Земли и ее радиус.

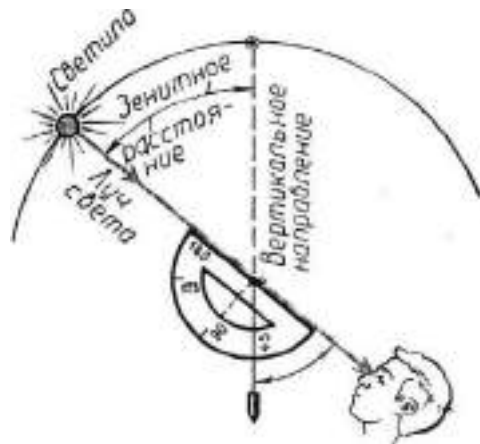


Рис. 9. Зенитное расстояние

Наивысшая точка на небосводе (на небесной сфере) называется **зенитом**. Если светило, например звезда, находится в зените, то она сияет прямо над головой наблюдателя. Угол между лучом, направленным из глаза наблюдателя на светило, и вертикальным направлением (рис. 9) называется **зенитным расстоянием** светила. Для измерения зенитного расстояния Солнца Эратосфен изобрел специальный прибор – скафис.

Скафис представлял собой чашу в виде полусферы (рис. 10), на дне которой был закреплен металлический стержень. На внутреннюю полость скафиса наносились деления в градусах. Скафис устанавливают по отвесу так, чтобы стержень, направленный по радиусу сферы, занимал строго вертикальное положение, т.е. был направлен на зенит. На освещенной Солнцем внутренней полости скафиса должна быть тень, которую отбрасывает стержень.

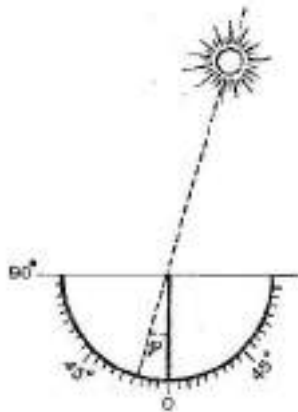


Рис. 10. Скафис

Дуга, измеряемая в градусах от основания стержня до конца тени, равна зенитному расстоянию Солнца.

Эратосфен жил в городе Александрия на севере Египта. От купцов и погонщиков верблюдов он знал, что на юге Египта в городе Сиена (ныне Асуан) Солнце в полдень 22 июня освещает дно глубоких колодцев и, следовательно, находится в зените. В полдень того же дня в Александрии по измерениям Эратосфена Солнце отстоит от зенита на  $7^{\circ}12' = 7,2^{\circ}$ . Эратосфен также знал, что расстояние от Александрии до Сиены составляет 5000 греческих стадий. Обозначив через  $x$  длину окружности земного шара, он составил пропорцию, исходя из следующих соображений: длина окружности земного шара во столько раз больше расстояния между городами, во сколько раз  $360^{\circ}$  больше  $7,2^{\circ}$ :

$$\frac{x}{5000} = \frac{360^\circ}{7,2^\circ}$$

Отсюда следует, что длина окружности земного шара равнялась 250000 стадий. Длина греческих стадий точно неизвестна, но расстояние между Александрией и Асуаном по современным измерениям составляет 800 км. Отсюда следует, что длина окружности земного шара равна 40000 км.

Измерив дугу меридиана протяженностью 800 км, он ошибся в определении радиуса Земли всего на 100 км по сравнению с современными данными. Нужно признать, что точность определения размеров Земли была очень высокой по тем временам

В конце XVIII в. Французская Академия наук снарядила две экспедиции для проверки измерений Эратосфена и уточнения длины одного градуса дуги меридиана. Одна экспедиция работала на севере Финляндии и Швеции, вблизи Северного полярного круга, а другая - в Перу, в экваториальных широтах. Оказалось, что измерения Эратосфена в целом согласуются с полученными результатами. В то же время выяснилось, что полярный радиус Земли на 21 км короче экваториального. Таким образом, Земля представляет собой немного сплюснутый шар, как и предсказывали теоретические расчеты И. Ньютона (1642–1727).

Большой вклад в дело развития науки в области исследования и установления формы и размеров Земли, разработки математических моделей ее изображения на плоскости внес выдающийся русский ученый-геодезист Феодосий Николаевич Красовский (1878–1948). Под его руководством в 1940 году в результате научной обработки материала измерений были получены новейшие, более точные данные о размерах Земли, которые используются в Российской Федерации для создания картографического изображения.



Рис.11. Профессор Ф.Н. Красовский

Физическая поверхность Земли сложна и разнообразна. При этом ее формы и характеристики постоянно меняются под воздействием внешних факторов: землетрясения, ураганы, извержения вулканов и т.п. Такая поверхность не может быть описана математически.

## 2.2. Уровенная поверхность, геоид и эллипсоид

Что же тогда принимать за форму Земли при ее картографировании? В 1873 г. немецкий физик И.Б. Листинг предложил использовать для описания формы земли понятие «геоид» (землеподобный, от греч. ге – Земля, edios – вид).



Учитывая то обстоятельство, что почти три четверти физической поверхности Земли представляют собой водную поверхность океанов и морей и что материки сравнительно незначительно возвышаются над общим уровнем воды в океанах и морях (общая площадь поверхности Земли составляет примерно 510,2 млн. кв. км которая разделяется на Мировой океан – 361,1 млн. кв. км (71%) и сушу (материки) – 149,1 млн. кв. км (29%), при этом средняя глубина мирового океана – около 3800 м, а средняя высота суши над средним уровнем воды в океанах составляет 875 м), Листинг предложил принять уровенную поверхность морей и океанов за основную при исследовании фигуры Земли.

И так, **уровенная поверхность** это поверхность Мирового океана в спокойном состоянии, продолженная под материками (рис. 12).

В любой точке Земли направление силы тяжести будет перпендикулярно уровенной поверхности.

Линию, совпадающую с направлением силы тяжести, называют **отвесной линией**.

Фигура Земли, образованная уровенной поверхностью, совпадающей с поверхностью Мирового океана в состоянии полного покоя и равновесия и продолженной под материками, называется **геоидом** (рис. 13).

Геоид – всюду выпуклая поверхность. Очевидно, что форма геоида обусловлена распределением масс в теле Земли, ее вращением вокруг оси, действием сил тяжести и центробежных сил. В результате данных факторов фигура геоида оказалась достаточно сложной, и представить ее конечным математическим уравнением нельзя. Поэтому возникла необходимость замены поверхности геоида математически правильной поверхностью, которая была бы максимально близка к нему.

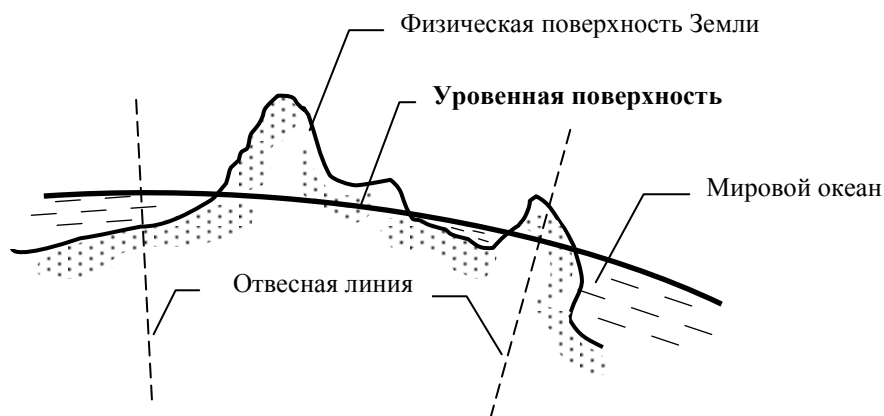


Рис. 12. Уровенная поверхность

По своей форме геоид хотя и является неправильной геометрической фигурой, однако весьма мало отличается от эллипсоида вращения, т.е. правильного геометрического тела, образуемого вращением эллипса вокруг его малой оси. Отступления по высоте точек поверхности геоида от поверхности наиболее близко подходящего к нему по своим размерам эллип-

соида, характеризуются в среднем величиной 50 м и не превосходят 150 м. Такие расхождения столь незначительны, по сравнению с размерами Земли, что на практике ее форму принимают за эллипсоид, который называют *земным эллипсоидом*, или *сфероидом* (рис. 13).

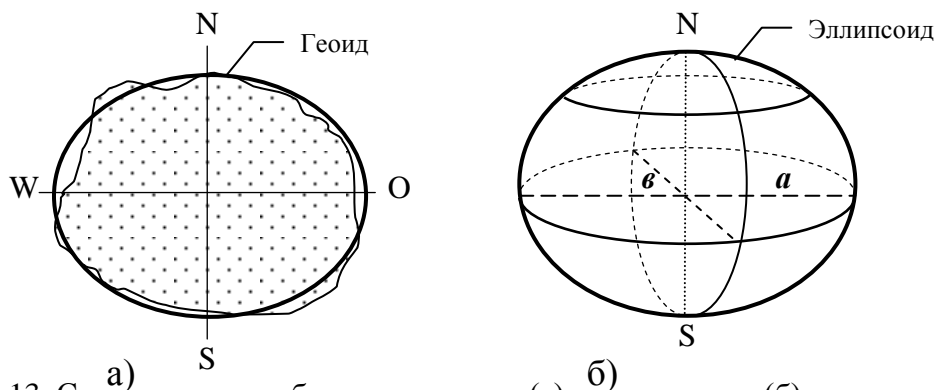


Рис. 13. Схематичное изображение геоида (а) и эллипсоида (б)

Размеры эллипсоида характеризуются длинами его полуосей:  $a$  – большая полуось,  $b$  – малая полуось. Значение дроби определяет сжатие эллипсоида у полюсов:

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

В разных государствах для картографирования своей территории используются различные параметры земного эллипсоида (табл. 1).

Это необходимо для того, чтобы исключить ошибки при картографировании конкретной территории, возникающие из-за несоответствия геоида и эллипсоида.

Эллипсоид, который наиболее приближен к поверхности геоида на определенной территории земной поверхности, называется *референц-эллипсоидом*.

Угол между отвесной линией и нормалью к поверхности земного эллипсоида в данной точке называется *уклонением отвесной линии*. Величина уклонения не превышает 5", однако и эта величина существенно влияет на положение проекций точек местности при получении картографического изображения.

Для территории Российской Федерации и ряда стран ближнего зарубежья принят референц-эллипсоид Ф.Н. Красовского с размерами:

большая полуось  $a$  – 6 378 245 м, малая полуось  $b$  – 6 356 863 м.

Особенностью референц-эллипсоида с такими параметрами является то, что нормаль к поверхности эллипсоида совпадает с отвесной линией в главной точке Пулковской обсерватории.

Из размеров эллипсоида видно, что ось вращения Земли короче диаметра земного экватора примерно на 43 км. Поэтому для решения задач инженерной геодезии за фигуру Земли с достаточной для практических целей точностью, принимают за шар, объем которого равен объему земно-

го эллипсоида. Радиус такого шара равен 6371,11 км, а площадь поверхности составляет 510 млн. кв. км.

В табл. 1 приведены размеры земного эллипсоида, определенные учеными разных стран.

Таблица 1. Параметры эллипсоидов различных государств

Эллипсоид	Страна	Год вывода	Размеры полуосей		Степень сжатия
			$a$ , м	$b$ , м	$\lambda$
Деламброма	Франция	1800	6376989	-	1:308,6
Бесселя	Германия	1841	6377397	6356079	1:299.2
Эвереста	Англия	1857	6377276	-	1:300.8
Струве	Россия	1860	6378298	-	1:294.73
Кларка	Англия	1880	6378249	6356515	1:293.5
Жданова	Россия	1893	6377717	6356433	1:299.6
Гельмерта	Германия	1907	6378200	-	1:298.3
Хейфорда	США	1910	6378388	-	1:297
Красовского	РФ	1940	6378245	6356863	1:298.3

По Международному соглашению 1984 г. Результаты геодезических измерений в разных странах можно объединить в рамках Всемирной геодезической сети (WGS – 84), вычисляемой на параметрах общеземного эллипсоида: большая полуось  $a$  – 6 378 137 м, малая полуось  $b$  – 6 356 752 м. Эти параметры используются в космической геодезии.

### 2.3. Влияние кривизны Земли на картографическое изображение.

#### Горизонтальное проложение

Нанесение на карту изображения земной поверхности представляет собой процесс двойного проектирования.

Чтобы изобразить физическую поверхность Земли на карте, т.е. на плоскости, ее первоначально проектируют на поверхность эллипсоида нормалью для карт масштаба 1:25 000 – 1:100 000, либо отвесной линией для карт более мелкого масштаба (рис. 14). Затем выполняют ортогональное (прямоугольное) проектирование в заданном масштабе на плоскость (карту, план) по определенным математическим законам (картографическим проекциям).

Изображение точек и линий физической поверхности Земли спроектированных на поверхность земного эллипсоида называется **горизонтальным проложением** –  $d$  или горизонтальной проекцией.

Рассмотрим рис. 14. Пусть необходимо создать топографическую карту (план) определенного масштаба на участок земной поверхности на котором находятся точки А и В. При этом часть участка лежит ниже уро-

венной поверхности (точка А – дно океана), а часть выше (точка В – гора). Проекциями этих точек на уровенную поверхность соответственно будут точки А', В'. В свою очередь отрезок А' В' будет горизонтальным проложением линии АВ.

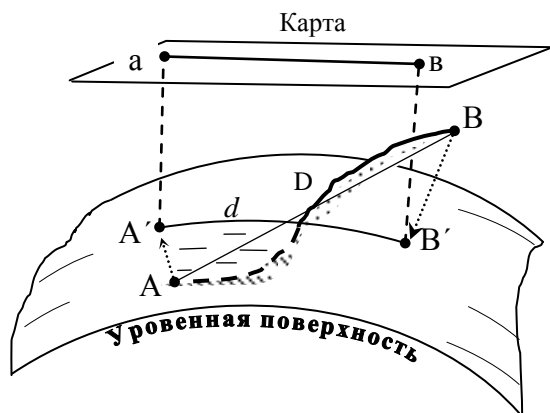


Рис. 14. Принцип получения картографического изображения

Расхождение физической поверхности Земли с поверхностью геоида и, тем более, эллипсоида достигает многих метров, это приводит к тому, что при проектировании искажаются длины измеряемых линий. Из рисунка видно, что горизонтальное проложение всегда меньше расстояния измеренного на местности. Поэтому необходимо результаты натурных измерений редуцировать путем введения соответствующих **поправок за наклон линии**. Эти поправки достаточно велики и должны учитываться всегда. О порядке их вычисления и учете будет изложено в последующих главах.

Поскольку уровенная поверхность не является плоскостью, то горизонтальное проложение будет представлять собой дугу. На карте же горизонтальное проложение А'В' будет изображаться прямолинейным отрезком ав (рис. 14). При этом, чем больше размеры проектируемого участка, тем более существенное влияние на точность изображения оказывает кривизна Земли. Рассмотрим, при каких размерах земной поверхности можно не считаться с кривизной Земли.

Для того чтобы спроецировать точки местности на бумагу (плоскую поверхность), необходимо к сферической земной поверхности провести касательную горизонтальную плоскость, ортогональную нормали для середины участка (рис. 15). В этом случае плановое положение точки А на плоскости не будет иметь искажений. Длины дуг АВ и ВС на поверхности не соответствуют длинам отрезков ав и вс на плоскости. При увеличении расстояния между проецируемыми точками на земной поверхности ошибки в положении проекций этих длин возрастают в геометрической проекции. В табл. 2 приведена зависимость нарастания ошибок в плановом положении проекций точек от величины расстояния между ними на поверхности Земли.

Таблица 2. Влияние кривизны Земли на плановое положение точек

Длина дуги на поверхности Земли (км)	1	10	15	20	25	50	100
Величина ошибки планового положения точек (м)	0,00	0,008	0,028	0,066	0,13	1,02	8,21

Как показывают приведенные данные, замена участка земной поверхности радиусом 10 км плоскостью влечет за собой незначительные искажения (менее 1 мм на 1000 м длины линии), которыми можно пренебречь даже при самых точных линейных измерениях. Для решения задач инженерной геодезии эти размеры могут быть увеличены до 25 км.

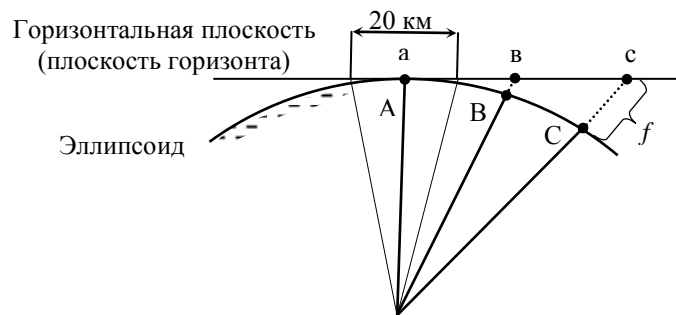


Рис. 15. Возникновение ошибок вызванных кривизной Земли.

Величина  $f_{кр}$  выражает влияние кривизны Земли на высоты точек и называется.

Для выполнения геодезических измерений поправку за рефракцию и кривизну Земли вычисляют по формуле:

$$f_{кр} = 0,43 \frac{d^2}{R},$$

где:  $R$  – радиус земной поверхности на широте  $45^\circ$ , равный 6 378 245 м;  
 $d$  – измеренное расстояние.

Ниже приведены значения поправок для различных значений  $d$ .

Таблица 3. Величина поправкой за рефракцию и кривизну Земли

Расстояние $d$ , м	100	200	300	400	500
Поправка $f$ , м	0,0007	0,003	0,006	0,01	0,02

Отсюда следует, что влияние кривизны Земли на высоты точек существенно сказывается уже при расстоянии между ними 300 м. Это необходимо учитывать при выполнении полевых измерений.

## Глава 3. Картографические проекции

### 3.1. Общие понятия о картографических проекциях

Чтобы изобразить на плоскости сферическую поверхность Земли в виде карты или плана, при этом максимально снизить возникающие иска-

жения, применяют различные картографические проекции (математические законы). Эти законы выражают функциональную связь координат точек картографируемой поверхности и плоскости.

Спроектированные на уровенную поверхность очертания материков, островов и других частей Земли могут быть изображены с соблюдением подобия лишь на глобусе.

Поверхности эллипсоида или шара не могут быть развёрнуты на плоскость без разрывов и складок (они не принадлежат к классу развёртывающихся поверхностей), поэтому **любой** картографической **проекции** **присущи искажения**, свойственные всякой карте. Так что же такое картографическая проекция и какие проекции бывают?

**Картографическая проекция** это способ изображения поверхности земного эллипсоида (шара) на плоскости, при котором точке  $M_0$  изображаемой поверхности соответствует точка  $M$  плоскости, называемая ее изображением.

Картографических проекций существует очень много. Каждой из них соответствуют определенные искажения поверхности эллипсоида при его изображении на карте. К таким искажениям относятся искажения длин линий, площадей и углов. Характер искажений зависит от вида картографической проекции, на основе которой составляется карта.

Чтобы лучше понять геометрические измерительные свойства карты, разберем сущность картографических проекций. Для этого обратимся к глобусу (от лат. globus – шар).

На глобусе все части земной поверхности изображаются с полным сохранением своего подобия и пропорциональности. Это значит, что построенная на глобусе географическая сетка, а следовательно, и все изображение поверхности Земли обладает следующими основными геометрическими свойствами:

1. Любой отрезок линии, взятой на поверхности земного шара, изобразится на глобусе с одинаковым уменьшением, т.е. масштаб изображения остается на глобусе всюду одинаковым. Все меридианы на глобусе равны по длине между собой и равны экватору. Это свойство называется **равномасштабностью** изображения.

2. Любой горизонтальный угол, взятый на земном шаре равен соответствующему ему углу на глобусе, т.е. изображение на глобусе любой фигуры подобно действительным ее очертаниям в натуре. Все меридианы на глобусе пересекают параллели под прямым углом. Это свойство называется свойством **равноугольности**.

3. Размеры всех площадей, изображаемых на глобусе, пропорциональны их действительным размерам на земном шаре, т.е. отношение площадей на глобусе к соответствующим площадям на земном шаре постоянно. Это свойство называется свойством **равновеликости** изображения.

Все эти свойства одновременно и полностью сохранить на карте невозможно. Построенная на плоскости (т.е. на карте) картографическая сетка, изображающая меридианы и параллели, а следовательно, и все контуры местности, внесенные в эту сетку, будут всегда в той или иной мере искажены. При том различают искажения длин, площадей и углов.

Классификация нормальных картографических проекций по виду изображений меридианов и параллелей, являющаяся результатом исторического развития теории картографического проецирования, охватывает большинство известных проекций. В ней сохранились наименования, связанные с геометрическим методом получения проекций, однако рассматриваемые их группы теперь определяют аналитически.

Цилиндрические проекции (рис. 16) – проекции, в которых меридианы изображаются равноотстоящими параллельными прямыми, а параллели – прямыми, перпендикулярными к изображениям меридианов. Выгодны для изображения территорий, вытянутых вдоль экватора или какие-либо параллели. В навигации используется проекция Меркатора – равноугольная цилиндрическая проекция. Проекция Гаусса – Крюгера – равноугольная поперечно-цилиндрическая картографическая проекция – применяется при составлении топографических карт и обработке триангуляций.

Конические проекции (рис. 17) – проекции, в которых параллели изображаются концентрическими окружностями, меридианы – ортогональными им прямыми. В этих проекциях искажения не зависят от долготы. Особо пригодны для территорий, вытянутых вдоль параллелей. Карты всей территории РФ часто составляются в равноугольных и равнопромежуточных конических проекциях.

Азимутальные проекции (рис. 18) – проекции, в которых параллели – концентрические окружности, меридианы – их радиусы, при этом углы между последними равны соответствующим разностям долгот. Частным случаем азимутальных проекций являются перспективные проекции.

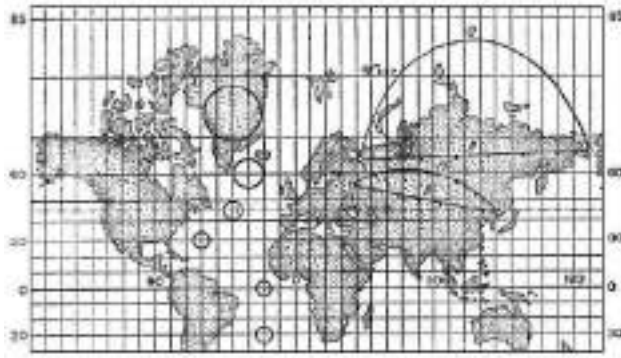


Рис. 16. Цилиндрическая равноугольная проекция Меркатора.

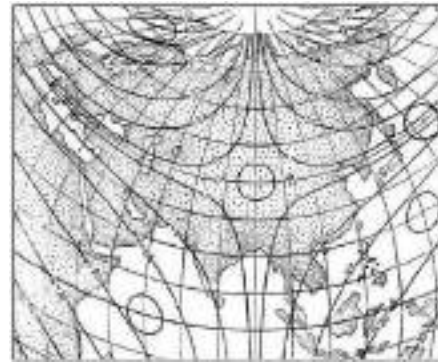


Рис. 19. Псевдоконическая равновеликая проекция.



Рис. 17. Коническая равноугольная проекция.

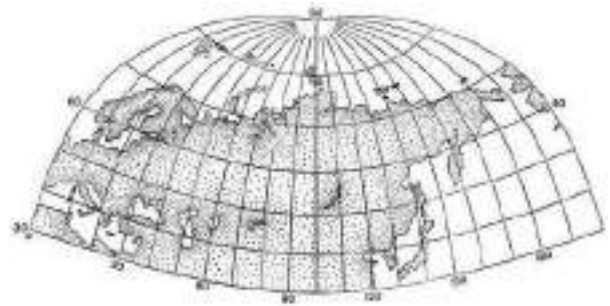


Рис. 20. Псевдоцилиндрическая проекция.

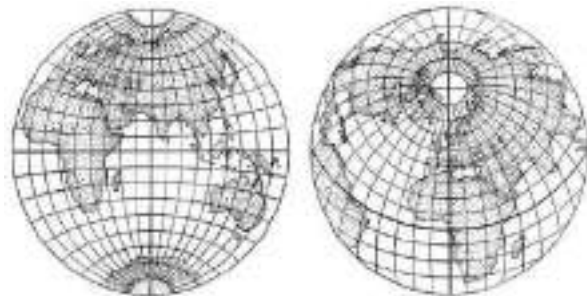


Рис. 18. Азимутальная равноугольная проекция.

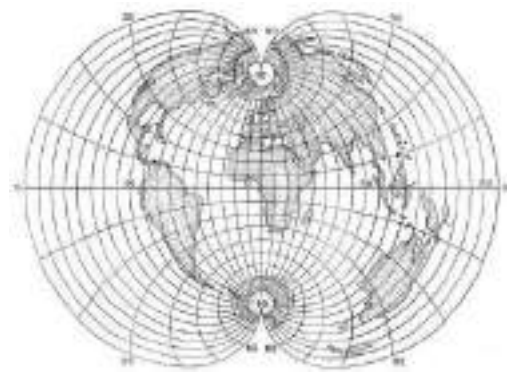


Рис. 21. Поликоническая проекция.



Псевдоконические проекции (рис. 19) – проекции, в которых параллели изображаются концентрическими окружностями, средний меридиан — прямой линией, остальные меридианы – кривыми. Часто применяется равновеликая псевдоконическая проекция Бонна; в ней с 1847 составлялась трёхвёрстная (1: 126 000) карта Европейской части России.

Псевдоцилиндрические проекции (рис. 20) – проекции, в которых параллели изображаются параллельными прямыми, средний меридиан – прямой линией, перпендикулярной этим прямым и являющейся осью симметрии проекций, остальные меридианы – кривыми.

Поликонические проекции (рис. 21) – проекции, в которых параллели изображаются окружностями с центрами, расположенными на одной прямой, изображающей средний меридиан. Одна из поликонических проекций рекомендована для международной (1: 1 000 000) карты.

Существует много проекций, не относящихся к указанным видам. Цилиндрические, конические и азимутальные проекции, называемые простейшими, часто относят к круговым проекциям в широком смысле, выделяя из них круговые проекции в узком смысле – проекции, в которых все меридианы и параллели изображаются окружностями, например конформные проекции Лагранжа, проекция Гринтена и др.

В геодезии удобнее применять такую проекцию, которая бы обеспечивала соответствие угловых величин на карте и местности. Это позволит обеспечить подобие изображаемых фигур. В России топографические карты строят в ортогональной, равноугольной, поперечной цилиндрической проекции и соответствующей, ей системе плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера.

### 3.2. Картографическая проекция Гаусса-Крюгера

Проекция Гаусса-Крюгера – это изображение поверхности земного эллипсоида на плоскость, при котором осевой меридиан и экватор изображаются взаимно перпендикулярными прямыми, а все остальные меридианы и параллели – кривыми.



Рис. 22. К.Ф.Гаусс

Проекция названа по имени немецких ученых, предложивших и разработавших формулы для применения ее в геодезии. Гаусс (Gauss) Карл Фридрих (1777–1855), немецкий математик, внёсший фундаментальный вклад в астрономию и геодезию. **Крюгер** (Krüger) Иоганнес Генрих Луис (1857–1923), немецкий геодезист.

Как уже отмечалось проекция Гаусса-Крюгера яв-

ляется **ортогональной, равноугольной, поперечной цилиндрической**.

«Ортогональная» (прямоугольная) означает, что все точки земной поверхности, находящиеся выше или ниже уровенной поверхности, спроецированы на нее по перпендикулярам (по отвесным линиям). «Равноугольная» означает, что направления и углы на местности и на карте совпадают без искажений.

Сущность поперечно – цилиндрической проекции Гаусса - Крюгера заключается в том, что, условно поместив земной шар в цилиндр, проецируют земную поверхность на стенки цилиндра, затем разворачивают цилиндр на плоскость (рис.23).

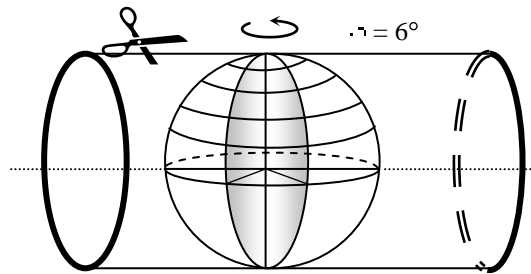


Рис. 23. Сущность проекции Гаусса-Крюгера.

Чтобы искажения длины линий не превышали пределов точности масштаба карты, проецируемую часть земной поверхности ограничивают меридианами с разностью долгот  $6^\circ$  (рис. 24), а при составлении крупномасштабных планов (1: 5000 и крупнее) –  $3^\circ$ . Такой участок называют **зоной**.

Таким образом получают 60 (120) зон земной поверхности. В каждой зоне различают линию экватора и осевой меридиан зоны. Средний меридиан каждой зоны называется **осевым меридианом**. Счет зон ведется от Гринвичского меридиана на восток (рис.19).

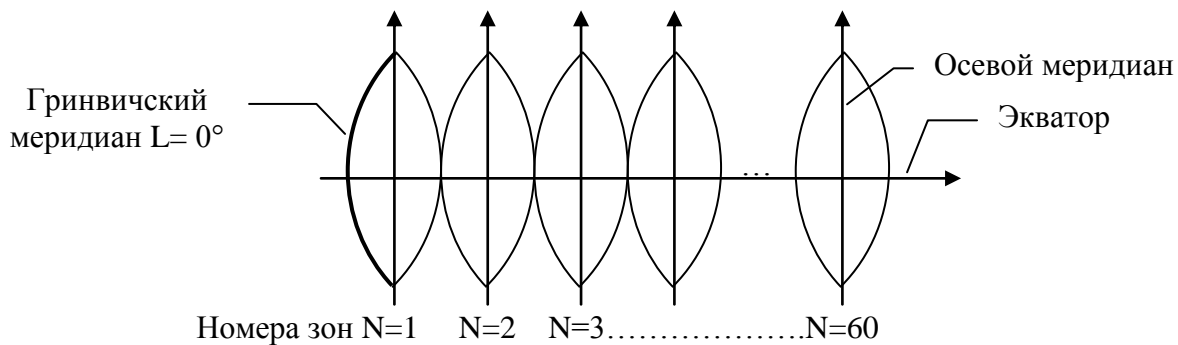


Рис. 24. Зональное изображение земной поверхности на плоскости.

Так как при проектировании цилиндр соприкасался с каждой зоной по осевому меридиану, то очевидно, что все эти меридианы изображаются в данной проекции без искажения длин и сохраняют масштаб на всем своем протяжении. Остальные меридианы в каждой зоне изображаются в проекции

кривыми линиями, поэтому все они длиннее осевого меридиана, т.е. искажены. Все параллели также изображаются кривыми и с некоторым искажением. Эти искажения длин всех линий увеличиваются по мере удаления от осевого меридиана на восток и запад. Наибольшие искажения получаются на краях зоны, где они могут достигать величины порядка 1:1000 длины линии, измеряемой по карте. Это значит, что если, например, вдоль осевого меридиана, где нет искажений длин, масштаб карты равен 500 м в 1 см, то на краю зоны он будет равен 499,5 м в 1 см.

При решении задач инженерной геодезии такими искажениями можно пренебречь, поэтому масштаб любой топографической карты для всех ее участков можно считать постоянным.

Основные преимущества проекции Гаусса-Крюгера, применяемой для наших топографических карт, заключаются в следующем:

1. Вследствие незначительности искажений она полностью отвечает всем требованиям, предъявляемым к топографическим картам масштаба 1:10 000 и мельче, максимальные линейные искажения, которые получаются на краях зоны, не превосходят 0,1% длины измеряемых линий, что даже для карт масштаба 1:10 000 не выходит за пределы графической точности.

2. Данная проекция отличается универсальностью: она применяется для топографических карт различных масштабов, начиная с 1:500 000 и крупнее, и для любой части земного шара.

3. Благодаря единой проекции все наши топографические карты связаны с системой плоских прямоугольных координат, в которой определяется положение геодезических пунктов на территории РФ. Это также является значительным преимуществом наших карт, так как позволяет получать координаты точек в одной и той же системе координат, как по карте, так и по непосредственным измерениям на местности.

## Глава 4. Топографические карты России

### 4.1. Свойства топографических карт и их классификация

Основная хозяйственная деятельность человека связана в той или иной мере с использованием земной поверхности. Необходимым условием планомерного и рационального использования земельных ресурсов служит исследование и изучение свойств и характеристик земной поверхности. Такие изучения могут проводиться натурно, посредством геодезических изысканий на местности или по топографической карте (плану).

Испокон веку люди жили бок обок с природой, пользовались ее ресурсами, занимались строительством, выращивали хлеб, разводили скот, ловили

рыбу, торговали. Все виды деятельности человека в той или иной мере были связаны с изучением местности, умением выполнять на ней измерительные работы, проводить геометрические построения, ориентироваться, составлять схемы и карты местности.

В настоящее время созданием топографических карт занимается наука картография. Картография представляет собой одну из наиболее древних отраслей человеческих знаний, ее истоки уходят в далекое прошлое. Картография развивалась совместно с географией, в задачу которой входило изображение земной поверхности на чертеже. Такие чертежи у разных народов назывались по-разному. Современное название «топографическая карта» происходит от латинского *charte*, означающее «письмо» и греческого *topos* – место. Таким образом, получается, что топографическая карта это графическое описание местности.

История создания карт – увлекательное и поучительное повествование о том, как люди постепенно освобождались от примитивных и наивных взглядов на окружающий их мир, как постепенно осваивали они Землю.

Трудно определить, когда появились первые картографические изображения. Среди археологических находок на всех континентах можно увидеть примитивные рисунки местности, сделанные на камнях, костяных пластинках, бересте, дереве, возраст которых ученые, определяют примерно в 15 тыс. лет.

Ученые предполагают, что еще задолго до появления письменности люди уже умели составлять рисунки, изображающие местность. Так, в районе Майкопа на Северном Кавказе при раскопке одного из курганов была найдена серебряная ваза, с выгравированным на ней картографическим рисунком, изображающим горы, откуда брали начало две реки, впадающие в озеро или море. Происхождение майкопской вазы ученые относят ко времени более 3000 лет до нашей эры.

Первыми составителями карт были путешественники и мореплаватели, торговцы и кочевники. Эпоха великих географических открытий создала условия для развития картографической науки. Исключительно важное значение имели путешествия, совершенные в конце XV и начале XVII вв. Наиболее крупными из них были путешествия Х. Колумба, открывшего Америку, и кругосветное путешествие Ф. Магеллана. В эту эпоху неизмеримо расширился горизонт знаний человека.

Русская картография имеет свою самобытную, чрезвычайно богатую историю. Ее делали блистательные землепроходцы, ходившие вдоль Амура и Тихого океана: Василий Поярков, Ерофей Хабаров, разведчик Охотского моря Михаил Стадухин, храбрый первопроходчик реки Лены Василий Бугров, искусный художник, составитель карт Семен Ремезов, устроитель Русской

Америки Григории Шелехов, отважный казак Семен Дежнев, открывший пролив между Азией и Америкой, и многие другие, часто безвестные, составители "чертежей", как тогда на Руси называли карты.

Так что же такое топографическая карта?

**Топографической картой** называется уменьшенное изображение на плоскости физической поверхности Земли, построенное по определенным математическим законам и наглядно показывающее при помощи системы условных знаков размещение и связи различных предметов и явлений, а также их качественные и количественные характеристики.

Топографическая карта – основной графический документ о местности, содержащий точное, подробное и наглядное изображение местных предметов и рельефа.

По ним изучают и оценивают местность, решают различные инженерные задачи, связанные с определением расстояний, углов и площадей, высот, превышений и взаимной видимости точек местности, крутизны и видов скагов и т.п.

Топографические карты служат надежным путеводителем геодезистам, геологам, строителям, путешественникам и многим другим людям для ориентирования и движения на местности.

Карты и планы классифицируются в основном по содержанию и по масштабам.

По содержанию изображения карты подразделяются на общегеографические и тематические, а по назначению на многоцелевые (топографические) и специальные.

К специальным картам относятся карты направленного содержания, используемые для детального изучения местности и несущие в себе специальную информацию. К таким картам относятся политические, обзорно-географические, рельефные, аэронавигационные, карты полезных ископаемых, геодезических данных, горных проходов, участков рек, водоснабжения и т.п.

Принятый в РФ масштабный ряд позволяет классифицировать топографические карты на:

крупномасштабные – 1:10 000; 1:25 000, 1:50 000;

среднемасштабные – 1:100 000, 1:200 000;

мелкомасштабные – 1:500 000, 1:1000 000.

Мелкомасштабные карты – это карты обзорного характера и в геодезии практически не применяются. Если изображение участка земной поверхности выполнено в более крупных масштабах (1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500), то оно будет называться **планом**. В строительстве иногда составляются топографические планы в масштабах 1:100, 1:50 и крупнее.

Размеры территории покрываемой одним листом карты соответствующего масштаба приведены в табл. 4.

Все топографические карты создаются в соответствии с принятыми стандартами, обеспечивающими единство их содержания, оформления и точности изображения. Основными свойствами топографических карт являются их **достоверность, наглядность, точность и информационность**.

Достоверность достигается отображением на картах современного состояния местности и установленной периодичностью их обновления и переиздания.

Топографические карты должны быть не только точными в смысле, нанесения на них местных предметов в данном масштабе, но и наглядно передавать действительную картину местности.

Таблица 4. Размеры участка земной поверхности, изображенной на карте

Классификация карт	Масштаб	Размеры рамок листов		Площадь, покрываемая листом карты на широте 54°, кв. км.
		по широте угл. мин	по долготе угл. мин	
Точные измерительные карты (крупномасштабные)	1:10000 (в 1 см 100 м)	2,5	3,75	18,75
	1:25000 (в 1 см 250 м)	5	7,5	75
	1:50000 (в 1 см 500 м)	10	15	300
Среднемасштабные	1:100000 (в 1 см 1 км)	20	30	1200
	1:200000 (в 1 см 2 км)	40	1	5000
Мелкомасштабные	1:500000 (в 1 см 5 км)	2°	3°	44000
	1:1000000 (в 1 см 10 км)	4°	6°	175000

Основное требование к наглядности топографических карт заключается в том, чтобы изображение местных предметов на карте легко воспринималось и помогало воссоздать в мыслях образ данного предмета в натуре. Это возможно путем применения на картах общепринятой системы условных обозначений, которая облегчает чтение карты, дает возможность понять, что представляет собой в действительности данная местность, помогает быстро ориентироваться на местности, определять свое местоположение.

Предельную точность карты и плана определяет отрезок 0,1 мм, видимый невооруженным глазом. Величина 0,2 мм считается графической точностью плана, карты и характеризует точность нанесения условного знака. Точность определения местоположения объекта на карте характеризуется величиной 0,5 мм в масштабе карты. Например, для карты масштаба 1: 50 000 предельная точность составит – 5 м, графическая – 10 м, а точность самой карты – 25 метров.

Информационность карты обусловлена не только нанесением на нее местных предметов с помощью условных знаков, но и передачей их отдельных вербально-цифровых характеристик (название, абсолютная высота, скорость течения, характер грунта дна, грузоподъемность и т.п.). Наличие таких характеристик на карте позволяет проводить не только детальную рекогносцировку (разведку) местности без выезда, но и решать сложные инженерные и экономические задачи.

#### 4.2. Разграфка и номенклатура топографических карт

В конце XIX века в условиях бурного развития картографии в различных государствах и отсутствие согласованности среди издателей, появились определенные сложности. Карты издавались в различных системах измерения длин линий, для изображения местности применялись не стандартные условные знаки, масштабный ряд был разнообразным. Все это крайне затрудняло их использование на практике.

В 1891 году на V Международном конгрессе в Берне профессор Венского университета Альбрехт Пенк внес предложения о систематизации издания топографических карт. Конгрессом было принято решение о единообразии составления карты масштаба 1:1000 000 на территории всей Земли, в единой системе условных знаков, с единым отбором содержания.

Так появилась международная карта масштаба 1:1000 000, которая легла в основу создания системы нумерации карт более крупных масштабов. Нумерация листов одного масштаба должна быть связана с нумерацией карт других масштабов.

При создании топографических карт на значительные площади применяется система деления карт мелких масштабов на отдельные листы более крупных масштабов.

Разделение многолистной карты на отдельные листы по определенной системе называется *разграфкой* карты.

Обозначение отдельных листов многолистной карты по определенной системе называется *номенклатурой* листов карт.

Номенклатура необходима для подбора карт нужных масштабов на определенный район, для учета, выдачи, систематизации карт при хранении на складах и для одновременной работы со многими листами карт.

В основу системы разграфки и номенклатуры топографических карт положена разграфка и номенклатура карты масштаба 1:1 000 000.

Размеры листов карты масштаба 1:1 000 000 определяются делением всей земной поверхности параллелями, начиная от экватора к северу и югу, через 4° по широте и меридианами через 6° по долготе, начиная от Гринвичского меридиана (рис. 17).

Листы карт, заключенные между соседними параллелями, образуют **ряды** или пояса, а листы карт, заключенные между смежными меридианами - **колонки**.

Ряды (пояса) листов обозначаются заглавными буквами латинского алфавита от А до Z. Счет их ведется от экватора к полюсам (табл. 5).

Колонки листов нумеруются арабскими цифрами. Счет колонок ведется от меридиана с долготой 180°, с запада на восток. Таким образом, колонка, заключенная между Гринвичским меридианом и меридианом 6° восточной долготы, имеет номер 31. Всего колонок будет 60. Номер колонки будет отличаться от номера координатной зоны на 30. Номера колонок охватывающих территорию РФ представлены в табл. 6.

Таблица 5. Буквенное обозначение рядов

Граничная широта В°	Обозначение рядов	Граничная широта В°	Обозначение рядов	Граничная широта В°	Обозначение рядов
0° - 4°	А	28° - 32°	Н	56° - 60°	О
4° - 8°	В	32° - 36°	І	60° - 64°	Р
8° - 12°	С	36° - 40°	Ј	64° - 68°	Q
12° - 16°	D	40° - 44°	К	68° - 72°	R
16° - 20°	E	44° - 48°	L	72° - 76°	S
20° - 24°	F	48° - 52°	M	76° - 80°	T
24° - 28°	G	52° - 56°	N	80° - 84°	U

Таблица 6. Номера колонок и координатных зон для территории РФ

Граничная долгота L°	18°-24°	24°-30°	30°-36°	36°-42°	42°-48°	48°-54°	54°-60°	60°-66°
Номер колонки	34	35	36	37	38	39	40	41
Номер координатной зоны	4	5	6	7	8	8	10	11

Номенклатура листа карты масштаба 1:1 000 000 складывается из обозначений ряда и колонки. Например, точка с геодезическими координатами Пул-



ковской обсерватории:  $59^{\circ} 46' \text{с.ш.}$  и  $30^{\circ} 20' \text{в.д.}$ , будет изображена на карте масштаба 1:1 000 000, имеющего номенклатуру О-36 (рис. 25).

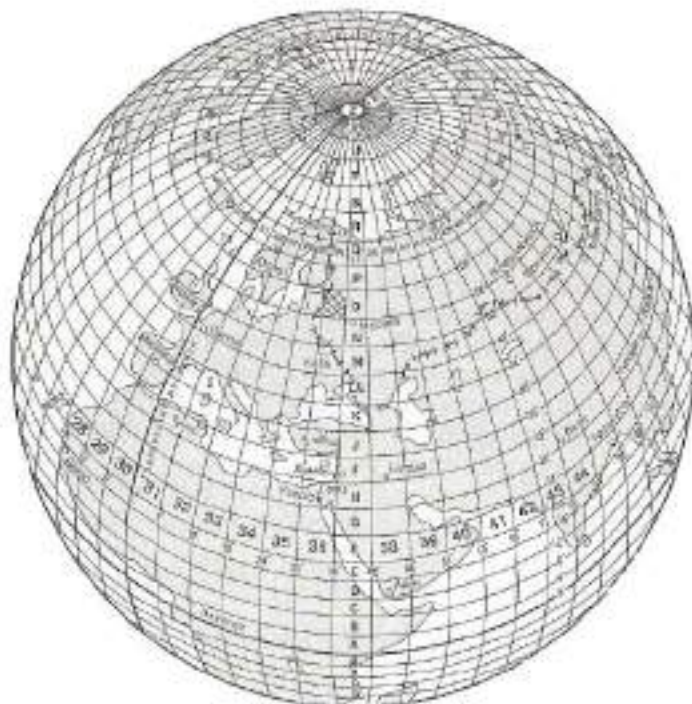


Рис. 25. Разграфка карт на европейскую территорию РФ.

Номенклатура каждого листа указывается над северной стороной его рамки (посередине или справа). Рядом с номенклатурой листа, кроме того, подписывается название наиболее крупного из расположенных на нем населенных пунктов. На каждом листе также указывается номенклатура смежных, непосредственно прилегающих к нему листов. Эти подписи помещаются посередине внешней рамки со всех ее четырех сторон.

Расположение листов карт различных масштабов в пределах листа миллионной карты, а также порядок их нумерации показаны на рис. 26.

Как видно из рисунка (рис. 26), территория земной поверхности изображаемая на одном листе миллионной карты может быть изображена соответственно на:

- 4 листах карты масштаба 1:500 000, которые обозначаются заглавными буквами А, Б, В, Г;
- 36 листах карты масштаба 1:200 000, которые обозначаются римскими цифрами от I до XXXVI;
- 144 листах карты масштаба 1:100 000, которые обозначаются арабскими цифрами от 1 до 144.

Номенклатура карт более крупных масштабов образуется на основе номенклатуры карты масштаба 1:100 000.

Территория земной поверхности, изображаемая на одном листе карты масштаба 1:100 000, может быть изображена в масштабе 1:50 000 на 4 листах, которые обозначаются заглавными буквами русского алфавита – А, Б, В, Г.

Обозначение листа карты 1:50 000 складывается из номенклатуры данного листа карты 1:100 000 с присоединением к ней соответствующей буквы.

Например, карта с номенклатурой О-36-121-А, обозначает, что ее масштаб 1:50 000. Дальнейшее деление листа карты масштаба 1:100 000, на карты (планы) более крупных масштабов происходит аналогично.

Одному листу карты масштаба 1:50 000 соответствуют 4 листа карты масштаба 1:25 000, которые обозначаются строчными русскими буквами *а, б, в, г*. Номенклатура листа карты 1:25 000 складывается из номенклатуры листа карты 1:50 000 с присоединением к ней соответствующей буквы.

Одному листу карты масштаба 1:25 000 соответствуют 4 листа масштаба 1:10 000, обозначаемых арабскими цифрами 1, 2, 3, 4. Например, О-36-121-А-а -1.

В виду того, что меридианы к полюсам сближаются и, следовательно, линейные размеры северных и южных сторон рамок с увеличением широты уменьшаются, листы карт северных и южных районов могут оказаться узкими и неудобными для использования. Этот недостаток устраняется тем, что севернее параллели 60° с.ш. и южнее параллели 60° ю.ш. карты всех масштабов издаются со сдвоенными по долготе листами, севернее параллели 76° с.ш. и южнее параллели 76° ю.ш. карта масштаба 1:200 000 издается со строенными листами, а карты остальных масштабов со счетверенными листами.

Например: Т-42-XXII, XXIII, XXIV, Т-42-9, 10, 11, 12.

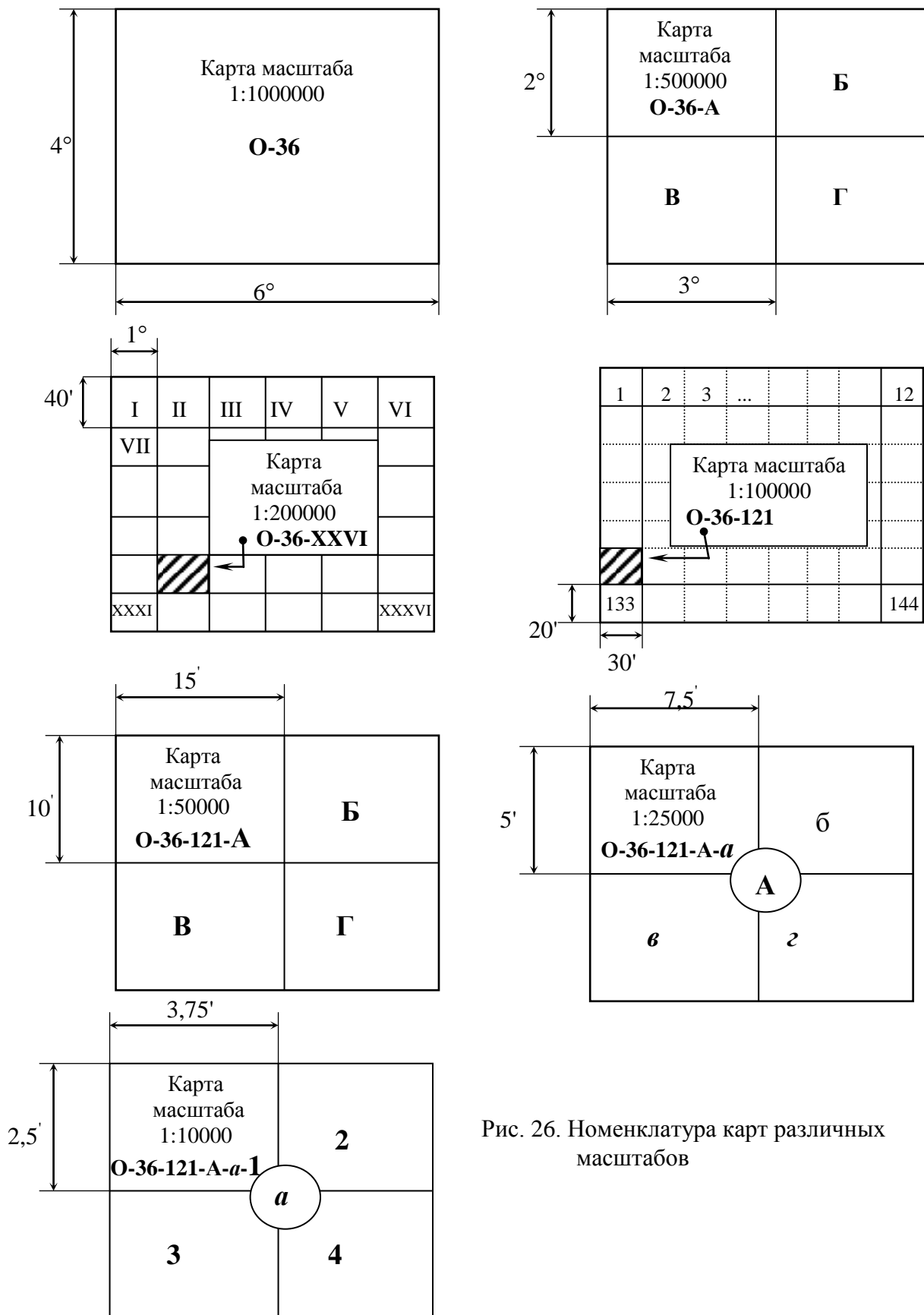


Рис. 26. Номенклатура карт различных масштабов

### Пример.

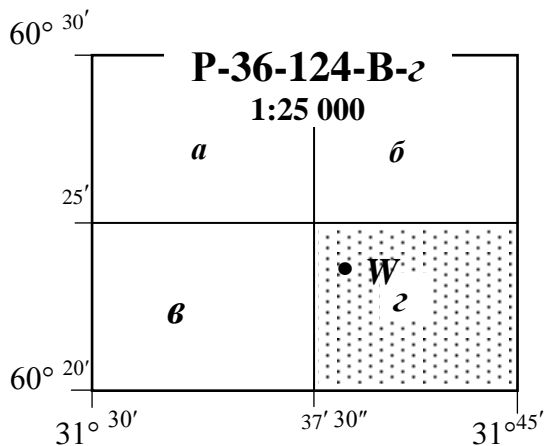
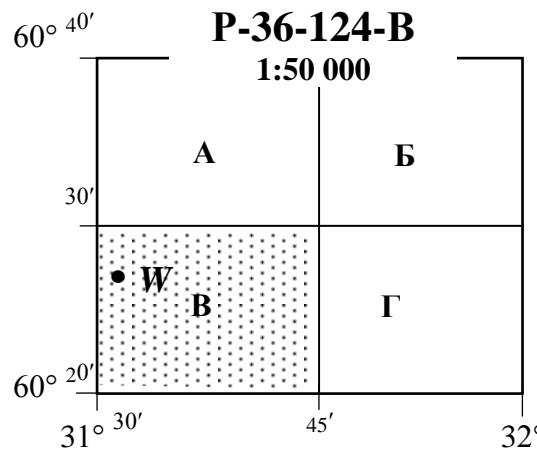
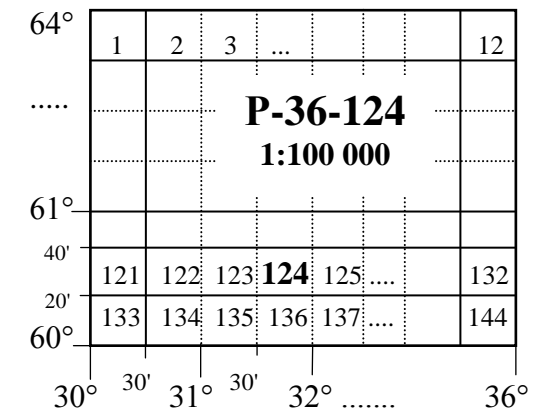
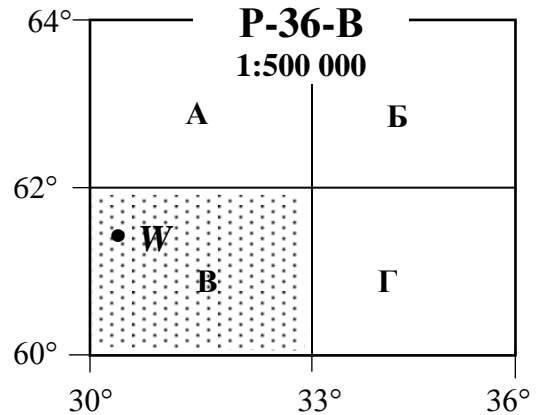
Подобрать номенклатуру листа карты масштаба 1:25 000 на котором будет изображена точка **W** с геодезическими координатами  $60^{\circ}20'17''$  с.ш.;  $31^{\circ}43'28''$  в.д.

### Решение.

Сначала необходимо найти номенклатуру листа карты масштаба 1:1000000, на котором будет изображена точка с указанными координатами. Для этого воспользуемся таблицами 5 и 6. Значение указанной широты лежит в пределах  $60^{\circ}...64^{\circ}$ , а долгота  $30^{\circ}...36^{\circ}$ . Следовательно это ряд **P**, а колонка **36**, тогда номенклатура листа карты будет **P-36**.

Зная порядок образования номенклатуры листов карт более крупных масштабов, а также их размеры вычислим последовательно номенклатуру листов карт масштабов 1:500000; 1:100000; 1:50000; 1:25000.

В результате вычислений получим, что точка **W** с геодезическими координатами  $60^{\circ}20'17''$  с.ш.;  $31^{\circ}43'28''$  в.д. будет изображаться на карте масштаба 1:25000 с номенклатурой **P-36-124-B-2**.



С увеличением масштаба листа карты, соответственно уменьшается и площадь изображаемой на ней территории.

Угловые размеры рамок листов карт различного масштаба и пример номенклатуры листов приведены в табл. 7.

Таблица 7. Пример номенклатуры для листов карт различных масштабов

Масштаб карты	Размеры листа карты		Пример номенклатуры
	по широте	по долготе	
1:1 000 000	4°	6°	N-32
1:500 000	2°	3°	N-32-A
1:200 000	40'	1°	N-32-XXVI
1:100 000	20'	30'	N-32-121
1:50 000	10'	15'	N-32-121-A
1:25 000	5'	7'30"	N-32-121-A-a
1:10 000	2'30"	3'45"	N-32-121-A-a-1

### 4.3. Масштаб карты

При создании топографических карт, спроецированные на уровенную поверхность линейные размеры всех объектов местности уменьшают в определенное количество раз. Степень такого уменьшения называется масштабом.

**Масштаб** (от немецкого Maßstab, от Maß – мера, размер и Stab – палка), отношение длины отрезков на чертеже, плане, аэрофотоснимке или карте к длинам соответствующих им отрезков в натуре.

Масштаб может быть выражен в числовой форме (численный масштаб) или в графической (линейный, поперечный) – в виде графика.

**Численный масштаб** – это масштаб карты, выраженный простой дробью, числитель которой – единица, а знаменатель – число, показывающее, во сколько раз уменьшены на карте проекции линий местности. Чем меньше знаменатель, тем крупнее масштаб карты. Например, масштаб 1:25 000 показывает, что все линейные размеры объектов местности при изображении на карте уменьшены в 25000 раз.

Расстояние на местности в метрах и километрах, соответствующее 1 см на карте, называется **величиной масштаба**. Например: в 1 сантиметре 250 метров. Величина масштаба указывается на карте под численным масштабом.

При пользовании численным масштабом расстояние, измеренное на карте в сантиметрах, умножают на знаменатель численного масштаба в метрах. Например, на карте масштаба 1:50 000 (в 1 сантиметре 500 метров) расстояние между двумя местными предметами равно 4,7 см. На местности же оно будет равно  $4,7 \times 500 = 2350$  м. Если расстояние, измеренное на местно-

сти, необходимо отложить на карте, его надо разделить на знаменатель численного масштаба.

Например, на местности расстояние между двумя местными предметами составляет 1525 м. На карте масштаба 1:50 000 оно будет соответственно равно  $1525:500 = 3,05$  см.

**Линейный масштаб** представляет собой графическое выражение численного масштаба (рис. 27). На шкале линейного масштаба оцифрованы отрезки, соответствующие расстояниям на местности в метрах или километрах. Это облегчает процесс измерения расстояний, так как не требуется производить вычисления. Измерения по линейному масштабу выполняют с помощью циркуля-измерителя, оценивая десятые доли малого деления на глаз. В связи с этим линейный масштаб во многих случаях не позволяет измерять расстояния с необходимой точностью.

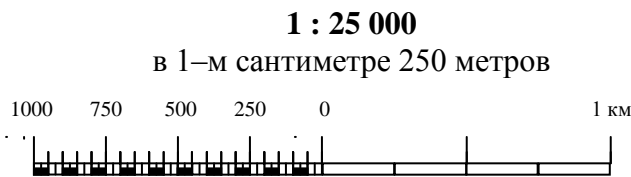


Рис. 27. Численный масштаб, величина масштаба, линейный масштаб.

Для более точного нанесения и измерения линий на планах строят так называемый поперечный масштаб. Это линейный масштаб, параллельно которому проведён ряд равноотстоящих друг от друга горизонтальных линий, пересечённых перпендикулярами (вертикали) и наклонными линиями.

**Поперечный масштаб** – это специальный график, выгравированный на металлической пластинке или построенный на бумаге (рис. 28). Построение его основано на пропорциональности отрезков параллельных линий, пересекающих стороны угла.

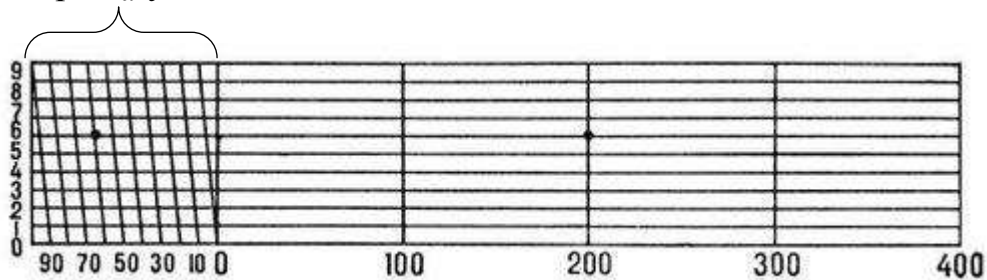


Рис. 28. Поперечный масштаб.

Для построения поперечного масштаба на бумаге на прямой откладывают несколько раз отрезок длиной  $a$  (основание масштаба) и из полученных точек восстанавливают перпендикуляры. Через равные промежутки на перпендикулярах (например, через 3 мм) проводят прямые, параллельные осно-

ванию масштаба. Как правило, таких прямых проводят 10. Крайний левый отрезок делят на 10 равных частей и на правом его конце ставят 0, а на левом – число метров (километров), которое соответствует основанию в заданном масштабе. Начало каждого нижнего отрезка соединяют с концом верхнего. Полученные наклонные линии называются *трансверсальями*.

Расстояния по карте с помощью поперечного масштаба и циркуля-измерителя определяют в следующем порядке:

берут раствор циркуля соответствующий длине отрезка на карте;

не меняя раствора циркуля, устанавливают его ножки на нижней горизонтальной линии масштаба так, чтобы правая ножка находилась на одной из вертикальных линий масштаба, а левая – в пределах участка масштаба с наклонными линиями;

не смещая правую ножку с вертикальной линии, передвигают циркуль вверх до тех пор, пока левая ножка не попадет на одну из наклонных линий масштаба, при этом обе ножки должны быть на одной горизонтальной линии;

определяют величину измеряемого расстояния, используя шкалу масштаба.

Длина каждой линии складывается из трех частей: числа целых оснований, взятых от нулевого перпендикуляра до правой ножки циркуля; числа малых делений (десятых долей основания), взятых от нулевого перпендикуляра до левой ножки циркуля; сотых долей основания, расположенных между вертикальной линией и трансверсалью.

Пример: отрезку поперечного масштаба, помеченному на рисунке 28 точками, соответствует на местности линия длиной

$$L = 2 \times 100 + 6 \times 0,1 \times 100 + 6 \times 0,01 \times 100 = 266 \text{ м.}$$

#### 4.4. Зарамочное оформление карт

В отличие от реального изучения и оценки местности, ее изучение по топографической карте дает возможность пользователю получить гораздо больше информации, даже при беглом осмотре и оценки листа карты. Значительная часть такой информации дана на полях карты в ее зарамочном оформлении (рис. 29).

В заголовке листа карты дают название наиболее значительного населенного пункта из числа изображенных на листе, а если населенных пунктов на данной карте нет, то помещают название какого-либо важного или крупного местного объекта (горы, реки, урочища и т.п.).

В северо-западном углу листа карты указывают систему плоских прямоугольных координат и политико-административную принадлежность территории, изображенной на карте (государство, республика, край, область ...).

Справа над рамкой указывают гриф секретности карты, номенклатуру, машинный код, для автоматического учета карт и год издания.

Под нижней (южной) стороной рамки слева в пояснительном тексте и на чертеже приводят данные о магнитном склонении, сближении меридианов и поправке направления на данный район для центра листа карты.

Если в данном районе отмечается магнитная аномалия, то на соответствующих листах карты величину склонения магнитной стрелки на чертеже не подписывают, а величины склонения магнитной стрелки и сближения меридианов приводят в тексте.

Под южной рамкой карты посередине помещают линейный и численный масштабы карты, указывают величину масштаба и высоту сечения рельефа, правее масштаба строят *шкалу (график) заложений*, предназначенную для определения крутизны скатов (уклонов).



Рис. 29. Схема компоновки листа топографической карты.

Под рамкой справа приводят текст, в котором излагают сведения о способе создания карты, времени съемки, а также о картографических материалах, использованных при составлении и обновлении листа карты.

За рамкой листа (с восточной стороны) могут приводиться различные дополнительные сведения (о геодезической основе, проходимости местности и т.д.), а также дополнительные условные знаки.



Для карт масштаба 1:200 000 и мельче на оборотной стороне листа приводятся наиболее важные сведения о физико-географических характеристиках местности, ее особенностях, состоянии железнодорожной и автомобильной сети, почво-грунтах, населении и другие данные.

Между внутренней и внешней линиями рамки листа карты дают оцифровку вертикальных и горизонтальных линий координатной (километровой) сетки и подписывают геодезические координаты углов рамки. Вертикальные стороны рамки карты соответствуют направлению истинных меридианов, а горизонтальные стороны – параллелям. Стороны рамки разбиты чередующимися черными и белыми отрезками на минутные деления (по широте и долготе), а каждое минутное деление разбито точками на шесть частей по десять секунд каждая.

У выходов за рамку карты железных и шоссейных дорог помещают название ближайшего города или поселка, куда ведет данная дорога, с указанием расстояния в километрах от рамки до этого населенного пункта.

На каждой из четырех сторон рамки карты дается номенклатура соседнего листа карты того же масштаба для склейки.

#### 4.5. Система условных знаков

Карты как средство передачи информации, имеют более древнюю историю, чем письменные документы. В наскальных рисунках первобытный человек пытался передать образы тех объектов и событий, которые его окружали. Так появились условные обозначения.

Условные обозначения, как и карты, для которых они предназначены, прошли длительный путь развития. Изображение местных предметов на картах ранних эпох имели картинный характер. Каждый предмет передавался рисунком, понятным без каких-либо пояснений. Такое изображение местных предметов не позволяло точно нанести на карту местные объекты, а, следовательно, и выполнить измерительные работы. В настоящее время от карт требуется достоверность отображения местности, ясность и понятность изображения. Благодаря разработке единой системы картографических условных обозначений, которые несут в себе количественно-качественную информацию о местных предметах, топографические карты становятся наглядными, легко читаемыми и содержательными.

##### 4.5.1. Содержание системы условных обозначений на карте

В систему условных обозначений входят следующие составляющие:

- картографические условные знаки;
- расцветка изображения;
- пояснительные надписи;

- цифровые обозначения.

Чтобы хорошо читать современную топографическую карту и полностью понимать все богатство ее содержания, необходимо знать основные принципы и правила построения и применения на картах условных обозначений.

Топографическая карта представляет собой изображение местности, наблюдаемое как бы сверху. Аналогичную картину мы можем наблюдать с борта летящего самолета, причем, чем выше высота полета (мельче масштаб карты), тем большее число местных предметов становится неразличимо, а другие в силу своих незначительных размеров, превращаются в едва заметные точки и линии, по которым невозможно определить, что представляют они собой в натуре. Поэтому все объекты на карте изображают условными знаками, присвоенными местным предметам в соответствии с их видом и значением.

Итак, **картографические условные знаки** – это графические символы, с помощью которых на картах (планах) обозначают вид объектов, их местоположение, форму, размеры, качественные и количественные характеристики.

Картографические условные знаки подразделяются на четыре вида:

- линейные;
- внемасштабные;
- площадные;
- пояснительные.

**Линейными** картографическими условными знаками изображают местные предметы, имеющие значительные линейные размеры, которые выражаются в масштабе карты – это дороги, нефтепроводы, реки, линии электропередач и т.п.

**Внемасштабными** картографическими условными знаками изображаются объекты, размеры которых невозможно выдержать в масштабе карты.

Действительному положению объекта на местности при этом будут соответствовать главные точки условного знака, изображенного на карте:

у знаков, имеющих форму правильных геометрических фигур (квадрат, круг, треугольник, звезда, прямоугольник), – геометрический центр знака (рис. 30 а);

у знаков, имеющих форму фигуры с широким основанием (отдельно лежащие камни, памятники, каменные ветряные мельницы и т.п.), – середина основания знака (рис. 30 б);

у знаков, имеющих форму фигуры с прямым углом в основании (отдельно стоящие деревья и т.п.), – вершину прямого угла (рис. 30 в);

у знаков, представляющих собой сочетание различных фигур (сооружения башенного типа и т. п.), – центр нижней фигуры (рис. 30 г).

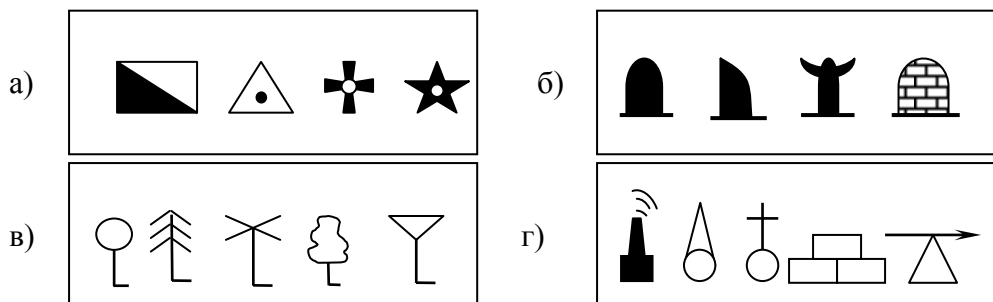


Рис. 30. Внемасштабные условные знаки.

**Площадные** картографические условные знаки отображают в масштабе карты положение на местности границ объектов, имеющих значительные размеры (болота, леса, сады, пески и т.д.). При этом условные знаки, вычерченные внутри контура (заполненные), не указывают их действительного положения на местности, а лишь отражают общий характер изображаемого объекта.

**Пояснительные** условные знаки применяются в сочетании с площадными, внемасштабными и линейными условными знаками и дают дополнительные характеристики местных предметов. Примерами пояснительных условных знаков являются: стрелка, указывающая направление течения реки; двойная стрелка – участок дороги с малым радиусом и т.п.

Для повышения наглядности и выразительности картографического изображения карты печатают в красках. **Расцветка изображения** также играет роль условных обозначений. При этом цвета подбирают таким образом, чтобы они более или менее соответствовали окраске изображаемых местных предметов в летний период. Например, растительный покров изображают зеленым цветом, рельеф – коричневым, гидрографию – синим и т.д. Такая расцветка топографических карт значительно повышает их читаемость.

При планировании инженерно-геодезических изысканий по карте мало иметь общее представление о характере местности и местных предметах, необходимо знать и их количественно-качественные характеристики: грузоподъемность мостов, скорость течения рек, высотные отметки точек и т.д. Такие характеристики на топографической карте даны в виде **пояснительных надписей и цифровых обозначений**.

Они уточняют сущность изображенных на карте объектов, а также их количественные и качественные характеристики. Например, материал постройки моста (Д – деревянный, ЖБ – железобетонный и т.п.), его длину и ширину проезжей части, грузоподъемность; преобладающую породу деревьев в лесу, их среднюю высоту и диаметр, расстояние между ними и т.д. По характеру знаков пояснительные надписи могут быть:

- буквенные – сар., шк., береза, ЖБ и т. д.;
- цифровые – скорость течения реки, глубина болота и др.;
- смешанные – преобладающая порода деревьев и характеристики древостоя, ширина проезжей части и материал покрытия и т.п.

По своему содержанию картографические условные знаки подразделяются на следующие группы:

- населенные пункты;
- промышленные, социально-культурные и сельскохозяйственные объекты;
- растительный покров и грунты;
- дорожная сеть;
- гидрография.

#### 4.5.2. Населенные пункты

В зависимости от характера производственной деятельности населения и числа жителей населенные пункты подразделяют на города, поселки городского типа, поселки при промышленных предприятиях, железнодорожные станции, поселки сельского и дачного типа.

Наиболее важное значение имеют города: крупные – более 100 тыс. жителей, средние – от 50 до 100 тыс. жителей и малые – менее 50 тыс. жителей.

Основными показателями города являются площадь и конфигурация городской территории, особенности местности в черте города и в окрестности, характер планировки, плотность застройки, наличие подземных сооружений.

Застройка городских кварталов может быть сплошной (почти без разрывов между фасадами отдельных зданий), плотной (с небольшими промежутками между зданиями) и рассредоточенной (с постройками, разбросанными на значительном пространстве вне связи друг с другом). Плотная и рассредоточенная застройки типичны для малых и некоторых средних городов, пригородов и различных поселков.

Населенные пункты при изображении на картах подразделяют по типу поселения, численности жителей и политико-административному значению.

Типы (категории) населенных пунктов и численность жителей в них показывают на картах начертанием шрифтов, применяемых для подписи их названий.

Политико-административное значение населенных пунктов отображают на картах выделением столиц государств, административных центров и населенных пунктов, в которых расположены местные органы власти. Столицы и административные центры выделяют начертанием и размером шрифтов подписи их названий.

На картах масштабов 1:25000–1:200000 показывают, как правило, все населенные пункты. На картах масштабов 1:100000 и 1:200000 для густонаселенных районов отдельные населенные пункты сельского типа с числом жителей менее 100 человек показывают без подписи их названий. В малообжитых районах обычно отображают все жилые и нежилые строения, а также разрушенные и полуразрушенные населенные пункты, отдельные строения (развалины), имеющие значение ориентиров.

При изображении городов и поселков с квартальной и рядовой застройкой выделяют плотно застроенные кварталы, а также части кварталов, в которых расстояния между строениями не превышают 50 м. Плотно застроенные кварталы с преобладанием (более 50%) огнестойких строений (каменных, кирпичных, железобетонных) выделяют фоновой окраской оранжевого цвета, а с преобладанием неогнестойких строений (деревянных, глинобитных, саманных и т. п.) – желтого цвета.

На карте масштаба 1:25000 при изображении плотно застроенных кварталов на фоне окраски оранжевого или желтого цвета показывают, как правило, все здания.

Плотно застроенные кварталы крупных городов на картах масштабов 1:50000 и 1:100000 показывают без подробного отображения застройки, но на фоне окраски оранжевого или желтого цвета на карте масштаба 1:50000 и оранжевого цвета на карте масштаба 1:100000 изображают выдающиеся здания, крупные промышленные строения и сооружения, имеющие значение ориентиров.

Плотно застроенные кварталы малых городов, поселков городского типа, а также поселков сельского типа с квартальной планировкой на карте масштаба 1:50000 показывают с подробным отображением застройки, как на карте масштаба 1:25000. На карте масштаба 1:100000 застройку в кварталах таких населенных пунктов отображают залитыми фигурами и полосами, в которые объединяют изображения близко расположенных друг к другу строений. При этом выделяют незастроенные участки внутри кварталов и характерные разрывы в застройке вдоль улиц.

При изображении поселков сельского типа с рядовой (ленточной) застройкой плотно застроенные ряды показывают на картах масштабов 1:25000 и 1:50000. В зависимости от огнестойкости преобладающих строений дают окраску, на фоне которой показывают строения с отображением их ориентировки.

На картах изображают разрушенные и полуразрушенные кварталы.

Жилые и нежилые строения в кварталах населенных пунктов с бессистемной застройкой, а также отдельно расположенные строения показывают с отображением их размеров, конфигурации и ориентировки.

Выдающиеся огнестойкие строения, расположенные вне населенных пунктов и в населенных пунктах, если они служат хорошими ориентирами, на картах масштабов 1:25000 и 1:50000 выделяют особым условным знаком. При высоте выдающихся строений 50 м и более дают подпись его высоты.

Отдельно расположенные дворы показывают на картах условным знаком, в котором залитый прямоугольник обозначает местоположение жилого дома.

#### 4.5.3. Промышленные, социально-культурные и сельскохозяйственные объекты

Заводы, фабрики и электростанции, территория которых выражается в масштабе карты, изображают условными знаками строений и сооружений с подписью рода объекта или производства. Если эти объекты в масштабе карты не выражаются, их изображают соответствующими немасштабными условными знаками, которые в необходимых случаях сопровождаются подписями.

Обозначения заводских и фабричных труб, радио- и телевизионных мачт, сооружений башенного типа высотой 50 м и более, а также терриконов, расположенных в населенных пунктах, сопровождаются подписями высот этих сооружений в метрах, а если эти объекты расположены вне населенных пунктов, то, кроме того, – подписью высоты над уровнем моря.

Аэропорты, аэродромы и посадочные площадки изображают на картах с сохранением действительных размеров в масштабе карты. Границы их обозначают условным знаком ограждения или пунктиром, а внутри контура дают условный знак аэродрома (посадочной площадки). Аэровокзалы, ангары, мастерские и другие здания, относящиеся к аэродрому, изображают условными знаками строений. Гидроаэродромы и посадочные площадки для гидросамолетов показывают на картах соответствующими условными знаками, которые располагают на площади изображаемого водного пространства.

Нефтяные и газовые вышки, скважины без вышек показывают на картах соответствующими условными знаками, как правило, все, а при большом их количестве – с отбором, но с обязательным отображением крайних объектов в группах.

Шахты, штольни и рудники при изображении на картах подразделяют на действующие и недействующие, их обозначения сопровождаются подписями: шах. (шахта), шт. (штольня) или руд. (рудник). Места добычи полезных ископаемых открытым способом (карьеры) показывают по контуру освоенной площади.

Участки торфоразработок и соляных разработок, выражающиеся в масштабе карты, показывают по контуру освоенной площади и на их изображениях ставят соответствующие условные знаки. Участки, не выражающиеся в масштабе карты, показывают немасштабными условными знаками.

Нефтепроводы, газопроводы и другие трубопроводы (наземные и подземные) показывают на картах, как правило, все, за исключением проходящих внутри населенных пунктов.

Линии электропередачи изображаются условными знаками в соответствии с видом опор: линии на деревянных опорах и линии на металлических или железобетонных опорах. На картах через 6–8 см подписывают высоту опор в метрах. Линии электропередачи и связи внутри населенных пунктов, а также в полосе отчуждения железных и шоссейных дорог на картах не показывают.

На картах изображают обычно все радиостанции и телевизионные центры, а также метеорологические станции.

Бензоколонки, трансформаторные будки, дома лесников, лесопильни, мельницы и другие подобные объекты на картах показывают немасштабными условными знаками. Объекты, имеющие значение ориентиров, сопровождаются соответствующими подписями.

#### 4.5.4. Растительный покров и грунты

Отображение растительности и грунтов тесно связано с другими элементами карты и помогает оценить проходимость территории, ее хозяйственное значение.

При изображении на картах различают следующие группы растительности:

- древесную (леса, урочища, рощи и отдельные деревья);
- кустарниковую;
- полукустарниковую, травянистую, моховую и лишайниковую;
- искусственные насаждения (сады, парки, плантации).

Древесная растительность изображается на карте масштабным условным знаком, с заливкой контура зеленой краской.

Низкорослые (карликовые) леса (высотой до 4 м), поросль леса, лесные питомники, и молодые посадки леса выделяются своими условными знаками с зеленой фоновой окраской более светлого тона.

Участки редкого, вырубленного, горелого и сухостойного леса, расположенные на открытой местности и являющиеся ориентирами, выделяются своими условными знаками без закраски.

Буреломы, то есть участки леса, на которых повалено более половины деревьев, находящиеся среди лесных массивов, выделяются зеленой краской светлого тона. Если на участке повалено менее половины деревьев и лес в этом месте стал труднопроходимым, то на изображении такого участка ставят штрихи знака бурелома.

Отдельно стоящие деревья, имеющие значение ориентиров, изображают соответствующими условными знаками с делением на хвойные и лиственные породы.

В характеристике древостоя указывают среднюю высоту деревьев, среднюю толщину стволов на уровне груди человека и среднее расстояние между деревьями в метрах. При обозначении породы поросли, лесных питомников и молодых посадок леса подписывают только среднюю высоту деревьев в метрах.

Просеки на картах изображают двумя прерывистыми тонкими линиями в соответствии с их действительной шириной в масштабе карты. Изображения просек сопровождаются надписями их ширины в метрах.

Для облегчения ориентирования в лесу на картах подписывают номера лесных кварталов, которые нанесены на квартальных столбах, установленных в местах пересечения просек.

Кустарники при изображении на картах подразделяют на сплошные заросли и отдельные кусты или группы кустов. Своими условными знаками выделяют сплошные заросли колючих кустарников, а также узкие полосы кустарников и живые изгороди. Их изображение сопровождается надписью породы (хвойные, лиственные, смешанные) и средней высоты кустов.

Отдельные кусты, имеющие значение ориентиров, изображают так, что положение кружка условного знака соответствует положению куста на местности.

Узкие полосы кустарников и живые изгороди на картах изображают при их расположении вдоль дорог, рек, каналов и канав, а также, когда они являются ориентирами.

Травянистая растительность в зависимости от места произрастания подразделяется на луговую, низкотравную влаголюбивую (осока, пушица), высокотравную (выше 1 м) и степную. Моховая и лишайниковая растительность преобладает в зоне тундры, встречается также на болотах, в лесах и на гребнях гор (горная тундра). В тундре мхи занимают преимущественно пониженные и более влажные места, а лишайники – возвышенные и сухие участки.

Отдельным условным знаком выделяют камышовые и тростниковые заросли. Моховую и лишайниковую растительность на карте масштаба



1:25000 изображают разными условными знаками, а на картах масштабов 1:50 000-1:100 000 – одним общим условным знаком.

Отдельные участки камышовых и тростниковых зарослей, мокрые участки лугов и заболоченные участки без растительности, имеющие значение ориентиров или необходимые для характеристики местности, выделяют на картах контуром.

К культурной растительности относятся многочисленные искусственные посадки и сельскохозяйственные посевы (фруктовые сады, плантации цитрусовых культур, тутового дерева, плодоягодные кустарники, виноградники, чайные плантации, посевы и посадки полевых и огородных культур).

Фруктовые и цитрусовые сады и плантации древесных культур вне населенных пунктов показывают контуром, который может сопровождаться надписью (хмель, чай, ябл. и т. д.).

При отображении территории не занятой естественной и культурной растительностью, показываются некоторые виды грунтов.

Грунты подразделяют на скальные и рыхлые. Скальные грунты – это монолиты твердых горных пород (граниты, базальты, песчаники). Они распространены преимущественно в горах. Рыхлые грунты образуются в результате выветривания. К ним относятся каменистые россыпи, галечники, пески всех типов, солончаки, болота.

Болота на картах показывают синей горизонтальной штриховкой. При этом их делят по степени проходимости для пешеходов на проходимые, труднопроходимые и непроходимые.

Проходимыми изображают болота, по которым летом в любом направлении возможно движение пешеходов. К ним относятся моховые болота с плотным торфом на поверхности или под небольшим (0,3–0,4 м) слоем воды, покрытые обычно травянистой растительностью, а также болота со сплошным моховым покровом и большим количеством кустарников (багульника, вереска, голубики и др.).

Труднопроходимыми считают болота, по которым возможно движение пешеходов с большими трудностями (вязнут ноги, след быстро заполняется водой). К ним относятся болота с большим количеством мочажин, участками с открытой водой, рыхлым слоем торфа при большом количестве осоки и пушицы, плавни, заросшие камышом и тростником, кочковатые болота с березой или ольхой, не имеющие сплошного травяного покрова.

Непроходимыми считают глубокие топкие болота, по которым движение пешеходов практически невозможно. К ним относятся сплавинные и топяные болота, а также болота с вязким грунтом, покрытые в течение лета значительным слоем воды.

На изображении болот показывают растительный покров: травянистый, моховой, камышовый и тростниковый. Различные по степени проходимости и растительному покрову болота на картах контурами не разделяют.

Болота глубиной от 0,5 до 2 м сопровождают надписью глубины до десятых долей метра. Если болото имеет глубину более 2 м, дается надпись «Глубже 2 м». Место измерения глубины болота обозначают стрелкой.

#### 4.5.5. Дорожная сеть

Дорожная сеть на картах подразделяется на автомобильные, железные, грунтовые дороги, и тропы.

Автомобильные дороги могут быть с покрытием (автострады, усовершенствованные шоссе и шоссе) и без покрытия (улучшенные грунтовые дороги). Наиболее существенное влияние на движение техники оказывают ширина проезжей части, тип покрытия, величины продольных уклонов и радиусов поворота, наличие и характер дорожных сооружений.

Грунтовые, полевые и лесные дороги пригодны для движения автотранспорта в основном в сухое время года. Проходимость их во многом зависит от характера грунта и степени его увлажненности. При интенсивном движении они быстро разрушаются.

Автомобильные и грунтовые дороги при изображении на картах подразделяют в зависимости от их технического совершенства или проходимости.

Автострады, усовершенствованные шоссе и шоссе на картах показывают все. Улучшенные грунтовые дороги на картах масштабов 1:25000 и 1:50000 показывают все, а на карте масштаба 1:100000 и мельче – с отбором. Грунтовые (проселочные) дороги на карте масштаба 1:25000 показывают все, а на карте масштаба 1:50000 и мельче – основные.

Изображения автострэд и шоссейных дорог сопровождаются надписью их характеристик: шириной проезжей части, шириной дороги с учетом обочин и материала покрытия (А – асфальт, Б – булыжник, Г – гравий, Ц – цементобетон, Щ – щебень и т.д.).

Изображение улучшенных грунтовых дорог сопровождается надписью ширины проезжей части. Ширину грунтовых (проселочных) дорог подписывают в местах, где возможен проезд лишь по самой дороге, например в лесу, на болоте и т. д.

В малообжитых и труднодоступных районах изображение дороги может сопровождаться надписью, характеризующей проходимость дороги или местности вне дороги для различных видов транспорта, например: «Возможно движение с июля по сентябрь со скоростью до 40 км/ч».

Железные дороги при изображении на картах подразделяют:  
по ширине колеи – на ширококолейные (1435 мм и более), и узкоколейные (менее 1435 мм);  
по числу путей – на однопутные, двухпутные, трехпутные;  
по виду тяги – на электрифицированные и прочие (с дизельной или паровой тягой);  
по состоянию – на действующие, строящиеся и разобранные.

Строящиеся и узкоколейные железные дороги изображают без деления по числу путей и виду тяги.

Особым условным знаком изображают полотно разобранных железных дорог.

Железнодорожные станции, разъезды, платформы и остановочные пункты, не выражающиеся в масштабе карты, независимо от их класса показывают одним условным знаком.

При изображении железнодорожных станций, выражающихся в масштабе карты, показывают депо, вокзалы, станционные пути, поворотные круги, пешеходные мостики через станционные пути и другие объекты. Обозначения депо, вокзалов обычно сопровождаются подписями (депо, вокз.).

Собственные названия станций, разъездов, платформ и остановочных пунктов, расположенных вне населенных пунктов, на картах подписывают, как правило, все. При их расположении в одноименных населенных пунктах или вблизи них названия не подписывают, а подписи названий населенных пунктов (за исключением городов) подчеркивают тонкими линиями. Названия станций, расположенных не в одноименных населенных пунктах, подписывают.

Условные знаки разъездов, платформ и остановочных пунктов на картах сопровождаются подписью (раз., пл., ост. п.).

Дорожные сооружения (мосты и путепроводы), выражающиеся в масштабе карты, изображают по их действительным размерам с отображением материала постройки (деревянный, металлический, каменный, железобетонный) и конструкции (обыкновенный, двухъярусный, подъемный, разводной, наплавной). Остальные мосты независимо от материала постройки и особенностей конструкции показывают немасштабными условными знаками с делением на мосты длиной 3 м и более и мосты длиной менее 3 м (мосты через незначительные препятствия, трубы для стока воды).

Обозначения мостов на шоссейных и грунтовых дорогах сопровождаются надписью при длине моста более 3 м. При этом указывают материал постройки, длину и ширину моста в метрах, грузоподъемность в тоннах.

Туннели на железных и автомобильных дорогах показывают на картах все. Их обозначения сопровождаются подписью «тун.» с указанием высоты, ширины и длины туннеля.

#### 4.5.6. Гидрография

Береговые линии морей, озер и водохранилищ при изображении на картах подразделяют на постоянные (определенные) и непостоянные (неопределенные). Береговая линия моря на картах соответствует линии уреза воды при наиболее высоком ее уровне во время прилива, а при отсутствии приливно-отливных явлений – линии прибоя. Береговая линия озера соответствует линии уреза воды в межень (уровень воды в сезон наиболее низкого ее стояния), а крупного водохранилища – линии нормального подпорного уровня.

Реки и ручьи при изображении на картах подразделяют на постоянные и пересыхающие. Особым условным знаком отображают подземные и пропадающие участки рек, когда русло реки четко не выражено. Все реки изображают в одну или две линии в зависимости от их ширины.

Береговая линия рек, изображаемых с сохранением их действительной ширины в масштабе карты, соответствует линии уреза воды в межень. Условный знак крупных рек сопровождается качественными и количественными их характеристиками – скорость и направление течения, ширина и глубина, характер грунта дна, отметки уреза воды, наличие переправ, мостов, бродов, порогов и т.п. Если название реки написано заглавными буквами, то на этом участке река судоходна.

Озера и водохранилища отображают в масштабе карты. Пресные озера независимо от размера обязательно отображают на картах, создаваемых на засушливые и безводные районы.

На картах подписывают собственные названия морей, озер, рек, водохранилищ, каналов, колодцев, родников и т.д.

Важную роль в формировании общего представления о местности играет рельеф. Многообразие форм и характеристик рельефа земной поверхности должно найти свое отражение и при создании ее картографического изображения.

#### 4.6. Изображение рельефа местности на картах

Точное и детальное изображение физической поверхности Земли (рельефа) на топографических картах дает возможность пользователю решать широкий круг инженерных задач, связанных с проектированием, строитель-

ством, лесоустройством и другими видами деятельности, направленными на рациональное использование земельных ресурсов.

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

Необходимо отметить, что рельеф является наиболее устойчивым элементом местности. Формы его претерпевают заметные изменения лишь в течение десятков и даже сотен лет. Он не подвержен сезонным изменениям.

Рельеф является одним из основных элементов местности, определяющих ее свойства. Основным источником сведений о рельефе при его изучении и оценке его свойств являются топографические карты. Поэтому необходимо, чтобы изображение рельефа на топографических картах давало четкое представление о строении земной поверхности; высоте территории над уровнем моря, степени ее горизонтального и вертикального расчленения, преобладающей крутизне склонов, характерных формах и типах рельефа.

Объем и характер требований к изображению рельефа на топографических картах различных масштабов зависят от назначения этих карт. Изображение рельефа на топографических картах – одна из сложных задач топографии. Сложность заключается в том, что на плоскости необходимо показать все разнообразие неровностей земной поверхности, представлявших собой объемные формы.

Известны различные способы изображения рельефа: перспективное, штриховка линиями разной толщины, цветной отмывкой, подписи отметок точек, горизонтали. Наиболее совершенные с инженерной точки зрения способы изображения рельефа горизонталями в сочетании с подписью отметок характерных точек. Поэтому в настоящее время почти во всех странах мира применяют геометрический способ, основанный на применении горизонталей – линий одинаковой высоты.

На топографических картах РФ рельеф изображается горизонталями в сочетании с условными знаками обрывов, скал, оврагов, промоин, осыпей, карстовых воронок и т.д. Изображение рельефа дополняется отметками характерных точек местности, подписями горизонталей и отдельных форм рельефа. На картах масштабов 1:500 000 и 1:1000 000 изображение горного рельефа дополняется гипсометрической раскраской и отмывкой.

#### 4.6.1. Сущность изображения рельефа горизонталями

**Горизонталью** называется замкнутая кривая линия, соединяющая точки земной поверхности с одинаковой абсолютной высотой. Горизонтали

можно представить как линии, полученные в результате пересечения местности плоскостями, которые параллельны уровенной поверхности.

Представим себе, что участок земной поверхности секут горизонтальные плоскости  $P_0, P_1, P_2$  и т.д., расположенные друг относительно друга на расстоянии  $h$  (рис. 31). В результате пересечения плоскостей с рельефом образуются замкнутые кривые линии, имеющие форму элемента рельефа на соответствующей высоте. Все точки каждой линии будут иметь одну и ту же абсолютную высоту  $H, H+h, H+2h$  и т.д.

Если все эти линии равных высот спроектировать отвесными линиями на уровенную поверхность  $O$  и изобразить в заданном масштабе на карте, то получим изображение формы рельефа в виде кривых линий – горизонталей. Горизонталы никогда не пересекаются.

Расстояние  $h$  между смежными секущими плоскостями при изображении рельефа горизонталями называется **высотой сечения рельефа**.

При работе с картой всегда следует помнить, что все точки любой горизонтали имеют одну и ту же высоту над уровнем моря, а высоты этих точек отличаются от высот точек смежных горизонталей на высоту сечения.

От значения высоты сечения зависит, насколько детально будет изображен рельеф на карте. Действительно, казалось бы, чем чаще проводить секущие плоскости, тем подробнее будет изображение рельефа. Однако это может привести к тому, что горизонтали на карте просто сольются и проводить какие-либо измерительные работы на ней станет невозможно.

Общепринятое значение высоты сечения на топографических картах равно 0,2 мм ее масштаба. Для карты 1:25 000 высота сечения будет равна соответственно 5 метрам, для 1:50 000 – 10 м. Для топографических планов крупных масштабов высота сечения может быть произвольной.

Горизонталы подразделяются на основные, дополнительные и вспомогательные.

Основные горизонталы соответствуют высоте сечения рельефа и вычерчиваются на карте сплошными линиями (рис. 32). Для облегчения работы с картой, каждая пятая основная горизонталь показывается утолщенной линией. На некоторых горизонталях подписывают их отметки, причем так, чтобы

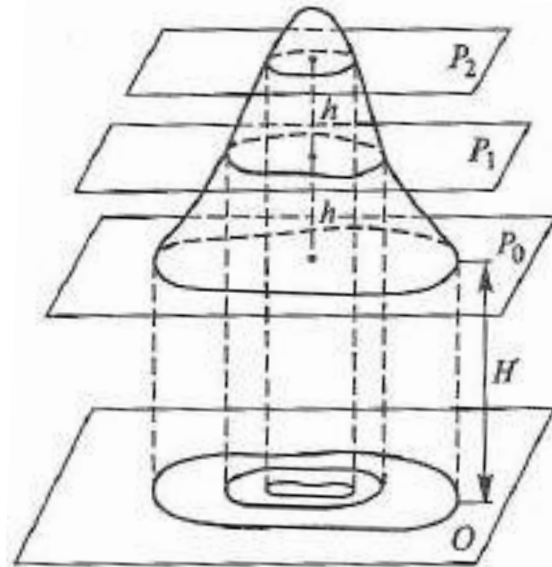


Рис. 31. Изображения рельефа горизонталями

верх цифр был направлен в сторону повышения ската.

Нередко бывает, что основными горизонталями не представляется возможным выразить те или иные формы рельефа, которые попадают в промежуток между ними. В этих случаях помимо основных горизонталей применяют дополнительные (полугоризонтالي), которые проводятся на карте при высоте сечения рельефа, равной половине основной. Они изображаются в виде прерывистых линий только в тех местах, где ими нужно выразить характерные формы и детали рельефа.

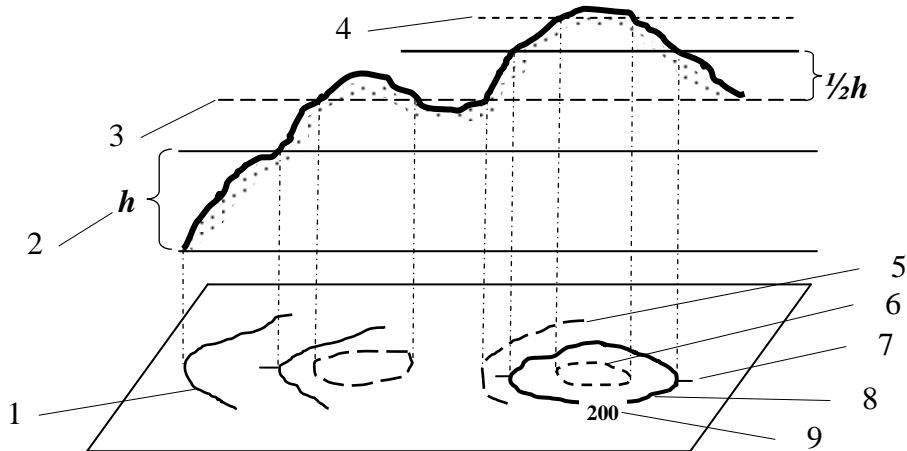


Рис. 32. Основные, дополнительные и вспомогательные горизонтали:

- 1 – основные (сплошные) горизонтали;
- 2 – основная высота сечения рельефа;
- 3 – дополнительная плоскость на половине высоты сечения рельефа;
- 4 – вспомогательная плоскость на произвольной высоте;
- 5 – дополнительные горизонтали (полугоризонтали);
- 6 – вспомогательная горизонталь;
- 7 – указатель направления ската (бергштрих);
- 8 – основная утолщенная горизонталь;
- 9 – отметка горизонтали.

В некоторых местностях, где отдельные детали рельефа не выражаются основными и дополнительными горизонталями, проводят между ними еще и вспомогательные горизонтали. Они проводятся на произвольной высоте, при которой лучше всего передается данная форма, и изображаются тоже прерывистыми линиями, но с более короткими звеньями.

Для удобства определения высот точек местности на картах каждая пятая основная горизонталь, начиная с нулевой, утолщаются. Такие горизонтали называются утолщенными. Высота утолщенной горизонтали всегда будет кратна высоте сечения.

На картах масштаба 1:25 000, создаваемых на плоскоравнинные районы, и масштаба 1:10 000 высота сечения рельефа установлена равной 2,5 м. На таких картах утолщается каждая десятая основная горизонталь.

Горизонтали, как линии, соединяющие точки земной поверхности с одинаковыми высотами, еще не показывают, в какую сторону от них скат понижается. Чтобы судить об этом, на горизонталях ставятся короткие штрихи – указатели направления скатов (бергштрихи). Расстояние между смежными горизонталями называется *заложением*. По величине заложения можно судить о крутизне склона.

#### 4.6.2. Основные формы и характеристики рельефа местности

Все многообразие неровностей, из которых складывается рельеф земной поверхности, можно свести к следующим пяти типовым формам (рис. 33).

**Гора, холм** – значительное по высоте куполообразное или коническое возвышение с более или менее ясно выраженным основанием – подошвой. Небольшая гора называется холмом (высотой), а искусственный холм – курганом. Гора на топографических картах изображается замкнутыми горизонталями. Бергштрихи, расставленные на горизонталях, направлены к подошве.

**Котловина, или впадина** – замкнутая чашеобразная впадина обычно с пологими скатами. В некоторых котловинах дно заболочено или занято озером. Котловина на топографических картах изображается замкнутыми горизонталями, но бергштрихи направлены к ее дну.

**Хребет** – линейно вытянутое возвышение, постепенно понижающееся к одному или обоим своим концам. Линия, соединяющая противоположные скаты хребта, называется водоразделом.

Горный хребет – цепь гор, простирающаяся в одном направлении. Выступающие части образуют вершины. В плане хребет обычно имеет весьма извилистый и ветвистый вид, который придают ему отходящие в сторону горные отроги. Вытянутые возвышения с очень пологими скатами, незаметно переходящими в равнину, называются увалами.

**Лощина** – вытянутое углубление, понижающееся в одном направлении, имеет скаты с четко выраженным верхним перегибом – бровкой. Линию по дну, к которой направлены скаты лощины, называют водосливом или тальвегом, иногда она является руслом ручья. Скаты лощины обычно хорошо задернованы. Большие и широкие лощины с пологими скатами и слабонаклонным дном называются долинами.

В горной местности встречаются узкие и глубокие долины с почти отвесными и обрывистыми скатами, они называются ущельями.

К разновидностям лощин относятся овраги и балки. Овраги – это большие глубокие промоины с крутыми незадернованными скатами, образованные временными водостоками. Овраги имеют широкое распространение и встречаются на равнинной и холмистой местности, на склонах гор и долин. С течением времени овраг перестает расти в глубину, скаты его зарастают тра-



вой, овраг превращается в балку.

В предгорьях и на возвышенных каменистых равнинах иногда встречаются узкие, глубоко прорезанные реками расщелины с почти отвесными стенками – это каньоны. Их глубина может достигать нескольких десятков, а иногда и сотен метров.

**Седловина** – понижение на гребне хребта между двумя смежными вершинами. К ней с двух противоположных направлений, поперечных к хребту, подходят своими верховьями лощины. В горах дороги и тропы через хребты проходят по седловинам, которые называются перевалами.

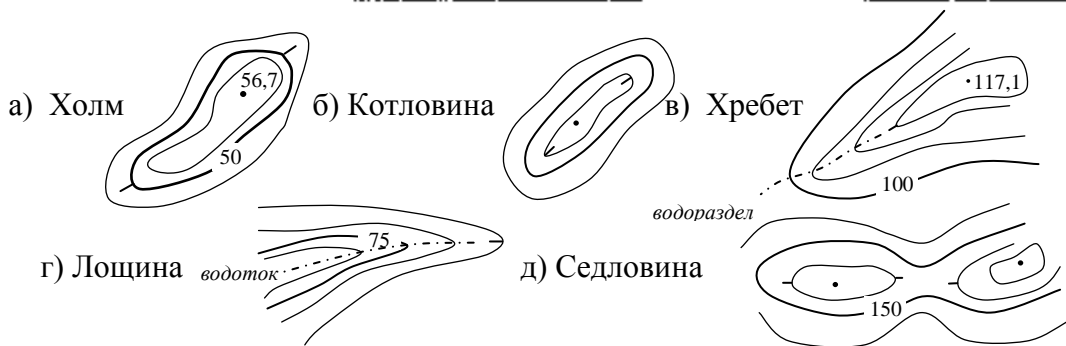
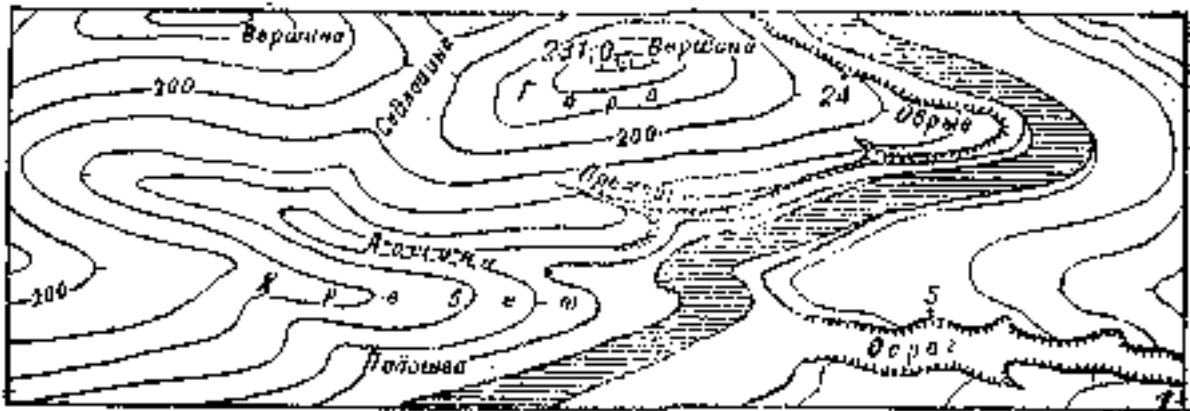


Рис. 33. Изображение горизонталями типовых форм рельефа.

Вершина горы, дно котловины, самая низкая точка седловины и точка перегиба скатов называются *характерными точками рельефа*, линии водораздела и водостока (тальвеги) – *характерными линиями рельефа*.

Все формы рельефа образуются наклонными поверхностями – *скатами*. По своей форме все скаты подразделяются на ровные, выпуклые, вогнутые и волнистые (рис. 34).

**Ровный скат** на всем протяжении от вершины до подошвы имеет одинаковую крутизну и хорошо просматривается. На карте он изображается горизонталями, расположенными на равных расстояниях одна от другой, то есть заложение между горизонталями одинаково.

**Выпуклый скат** положе к вершине и круче к подошве. Нижняя часть его не просматривается со стороны вершины, а верхняя часть – со стороны подошвы. При изображении на карте выпуклого ската расстояние между горизонталями уменьшается к подошве.

**Вогнутый скат** круче к вершине и положе к подошве, хорошо просматривается с вершины возвышенности до подошвы. При изображении на карте вогнутого ската расстояние между горизонталями уменьшается к вершине.

**Волнистый скат** представляет собой сочетание скатов различной формы, его профиль имеет вид извилистой линии. Наличие на таком скате перегибов создает неблагоприятные условия для обзора местности, так как скат полностью не просматривается. Частота горизонталей, изображающих волнистый скат, изменяется в зависимости от количества перегибов ската и крутизны участка между точками перегиба.

Разновидностью волнистого ската является ступенчатый скат. Такие скаты характерны главным образом для горной местности, они отличаются большой крутизной отдельных участков и резкими перегибами, образующими уступы.

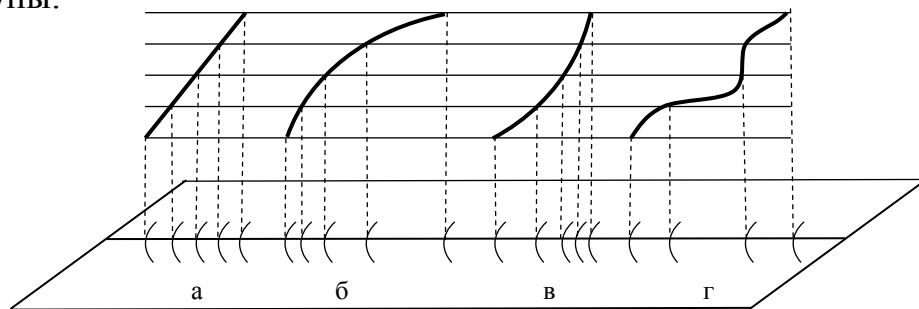


Рис. 34. Формы скатов: а) ровный; б) выпуклый; в) вогнутый; г) волнистый

Основной характеристикой форм рельефа является крутизна ската. Крутизна ската характеризуется величиной угла наклона  $\nu$ , который образуется линией ската и плоскостью горизонта (рис. 35). В инженерной геодезии этот

угол еще называют *уклоном линии*.

Как следует из рис. 35, заложению  $av = d$  соответствует на местности линия АВ, которая называется *линией ската*.

Очевидно, что при заданном значении длины линии ската и высоте сечения, величина заложения будет зависеть от крутизны ската. Исходя из этой зависимости, можно сформулировать правило: *чем меньше величина заложения, тем скат круче и наоборот, чем больше заложение, тем скат положе*.

В практике решения инженерных задач на топографической карте часто возникает необходимость рассчитать точное значение уклона линии.

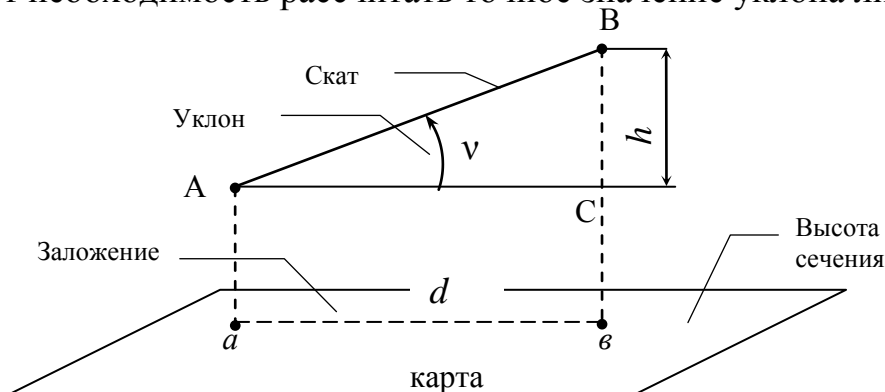


Рис. 35. Основные характеристики рельефа.

Из прямоугольного треугольника ABC (рис. 35) следует:

$$\operatorname{tg} v = \frac{h}{d}; v^{\circ} = \operatorname{arctg} \frac{h}{d},$$

где:  $h$  – высота сечения;  $d$  – заложение.

При решении инженерных задач уклон часто выражается в процентах или промилле (‰), т.е. в тысячных долях единицы.

Например:  $h = 5$  м,  $d = 100$  м. Тогда

$$v' = \frac{h}{d} = \frac{5}{100} = 0.05 = 5\% = 50 \text{ ‰}.$$

По величине уклона можно судить о доступности ската. Доступность ската во многом зависит не только от его крутизны, но и от протяженности, а также от свойств и состояния почво-грунтов. Классификация скатов по крутизне и ориентировочные данные, характеризующие их доступность, приведены в таблице 8.

Таблица 8. Доступность скатов различной крутизны.

Скат	Уклон	Доступность
Очень пологий	До 5°	При сухом грунте легко преодолевается гусеничными и колесными машинами
Пологий	5-10°	Преодолевается гусеничными машинами. Колесными машинами преодолевается с трудом. Является предельным уклоном автомобильных дорог высших классов
Средней крутизны	10-20°	Преодолевается с трудом гусеничными машинами. Колесными машинами преодолевается с большим трудом только на малых скоростях
Крутой	20-30°	Гусеничными машинами преодолевается с большим трудом только на малых скоростях. Для колесных машин недоступен
Большой крутизны	Более 30°	Практически недоступен для всех видов колесных и гусеничных машин

Примечание – При влажности грунта 50% (в обычном состоянии грунты имеют влажность 20%) преодолеваемые уклоны меньше в 2 раза.

## Глава 5. Системы координат и высот применяемые в геодезии

В настоящее время в геодезии и топографии получили широкое применение системы географических, геодезических (астрономических), плоских прямоугольных, полярных и биполярных координат.

Система координат представляет собой совокупность линий и плоскостей, ориентированных определенным образом в пространстве относительно которых определяют положение точек (объектов). Линии, принятые за начальные, служат осями координат, а плоскости – координатными плоскостями. Угловые и (или) линейные величины, которые определяют в той или иной системе координат положение точек на поверхности Земли, называются **координатами**.

Пространственное положение точек в каждой системе координат дополнительно определяется высотой этих точек над уровенной поверхностью, принятой за начало отсчета высот. Напомним, что такая высота называется **абсолютной**.

### 5.1 Геодезические (астрономические) и географические координаты

Геодезическими координатами называются угловые величины, определяющие положение какой-либо точки на поверхности земного шара.

Способ выражения местоположения точки на земной поверхности с помощью угловых координат (широты и долготы) разработал древнегреческий ученый, астроном Гиппарх (150-100 гг. до н.э.).

В системе геодезических координат положение точки на поверхности

земного эллипсоида задается двумя угловыми величинами: геодезической широтой  $B^\circ$  и геодезической долготой  $L^\circ$  (рис. 36).

**Геодезической широтой** точки называется угол, образованный нормалью к поверхности земного эллипсоида в данной точке и плоскостью экватора. Широта отсчитывается по меридиану в обе стороны от экватора и может принимать значения от 0 до  $90^\circ$ . Широты точек, расположенных к северу от экватора, называются северными (положительными), а к югу – южными (отрицательными).

**Геодезической долготой** точки называется двугранный угол между плоскостями истинного меридиана данной точки и начального (нулевого) меридиана. Плоскость истинного меридиана проходит через нормаль к поверхности земного эллипсоида в данной точке параллельно его малой оси.

Долготы точек отсчитываются от начального меридиана к востоку и западу и называются соответственно восточными и западными. Счет их ведется от 0 до  $180^\circ$  в каждую сторону.

В качестве начального меридиана в 1884 г. был принят меридиан, проходящий через старейшую в Европе астрономическую обсерваторию в Гринвиче, в окрестностях Лондона. Следует отметить, что на почетную роль начального меридиана в разное время претендовали Пулковский, Парижский, Лиссабонский и другие меридианы.

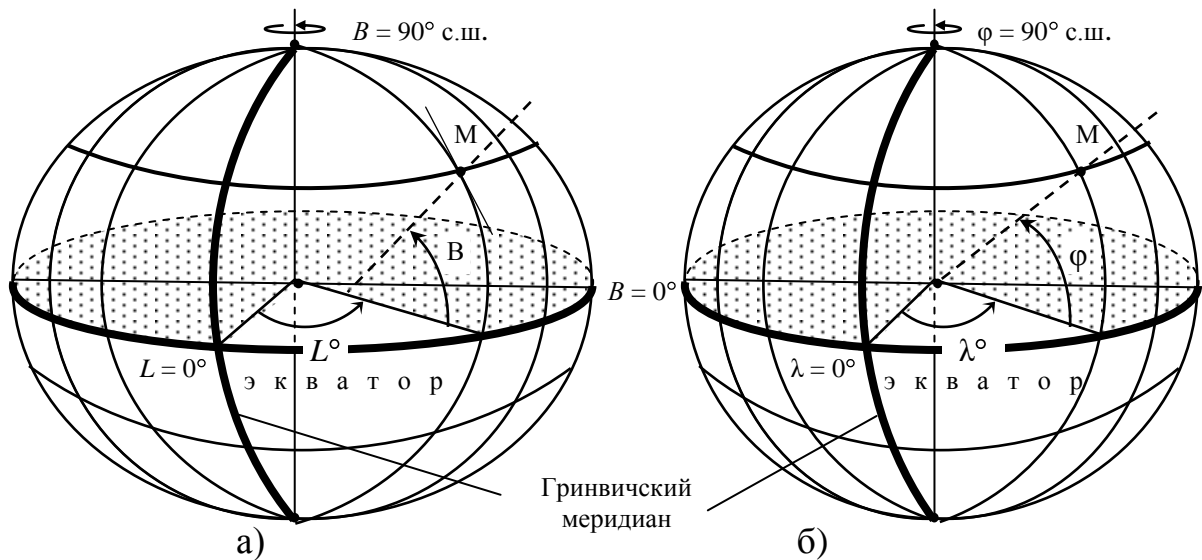


Рис. 36. а) геодезические координаты; б) географические координаты

Изначально широту места определяли специальным прибором (квadrантом, секстантом) по величине угла между направлением на Полярную звезду (Солнце) и отвесной линией. Вопрос определения долготы оставался без ответа столетиями. И только в 1759 г., когда английский механик Джон Харрисон изобрел хронометр, вопрос определения долготы был решен. Те-

перь долготу точки можно было вычислить по разности времен на произвольно выбранном меридиане и в данной точке, зная, что за 1 час Земля поворачивается на  $15^\circ$ , за 1 мин – на  $15'$  (угловых минут), за 1 с – на  $15''$  (угловых секунд).

С развитием теоретической геодезии и появлением высокоточных приборов, координаты точки на поверхности Земли стали вычислять из непосредственных наблюдений небесных светил, такие координаты стали называть **астрономическими** (астрономическая широта  $\varphi$ , астрономическая долгота  $\lambda$ ).

За счет уклонения отвесных линий от нормалей астрономические координаты точки могут отличаться от ее геодезических координат в среднем на  $3...4''$ , а в отдельных районах Земли эти расхождения могут достигать нескольких десятков секунд.

При выполнении инженерно-геодезических работ этими различиями можно пренебречь, в связи с чем пользуются системой **географических координат**. Данная система представляет обобщенное понятие об астрономических и геодезических координатах, которое основано на допущении, что  $B = \varphi$ ,  $L = \lambda$ .

Система географическая координат нашла наибольшее применение во всех направлениях географических наук, в морской и воздушной навигации и является единой для всех точек Земли. При создании географической системы координат Земля принимается за шар.

## 5.2 Плоские прямоугольные координаты

Применение на практике геодезических координат связано с определенными трудностями и требует сложных вычислений для обоснования съемочных и инженерных работ. Погрешность координат, даже при точных вычислениях, остается довольно большой и составляет в среднем  $0,1...0,5''$ , что в линейной мере равно  $3...10$  м. Поэтому в практику геодезических и топографических работ была введена система плоских прямоугольных координат, но ее распространение на обширные площади ограничено тем, что при переносе изображения с поверхности эллипсоида на плоскость в определенной проекции возникают различные искажения. Поэтому система плоских прямоугольных координат является зональной, т.е. создается для каждой зоны в отдельности.

Напомним, что для изображения на топографических картах в проекции Гаусса-Крюгера весь земной шар делится на шестьдесят зон, по шесть градусов каждая. В любой из этих зон осевой меридиан и экватор изображаются на плоскости взаимно перпендикулярными линиями. Это дает возможность при-

нять их соответственно за ось абсцисс ( $X$ ) и ось ординат ( $Y$ ), а их пересечение за начало отсчета координат. В каждой зоне имеется свой осевой меридиан, экватор пересекает все зоны, следовательно, каждая из 60 зон имеет собственные оси и начало координат, т.е. свою систему координат. Прямые, параллельные осям  $X$  и  $Y$ , образуют прямоугольную **координатную сетку** (рис. 37).

Плоские прямоугольные координаты – это линейные величины, определяющие положение точек на плоскости.

Координаты точек, определенные относительно такой системы координат, будут называться **действительными**. Как видно из рис. 37(а) абсциссы  $X$  всех точек, расположенных в северной части зоны, имеют положительное значение, а в южной части – отрицательное значение. Отрицательные значения абсцисс для Южного полушария неудобств в работе не вызывают и знак абсциссы, как правило, не ставится. Ведь она просто показывает удаление точки от экватора.

Ординаты  $Y$  также имеют разные знаки: к востоку от осевого меридиана – знак "плюс", к западу – знак "минус", что затрудняет решение геодезических задач по значениям прямоугольных координат.

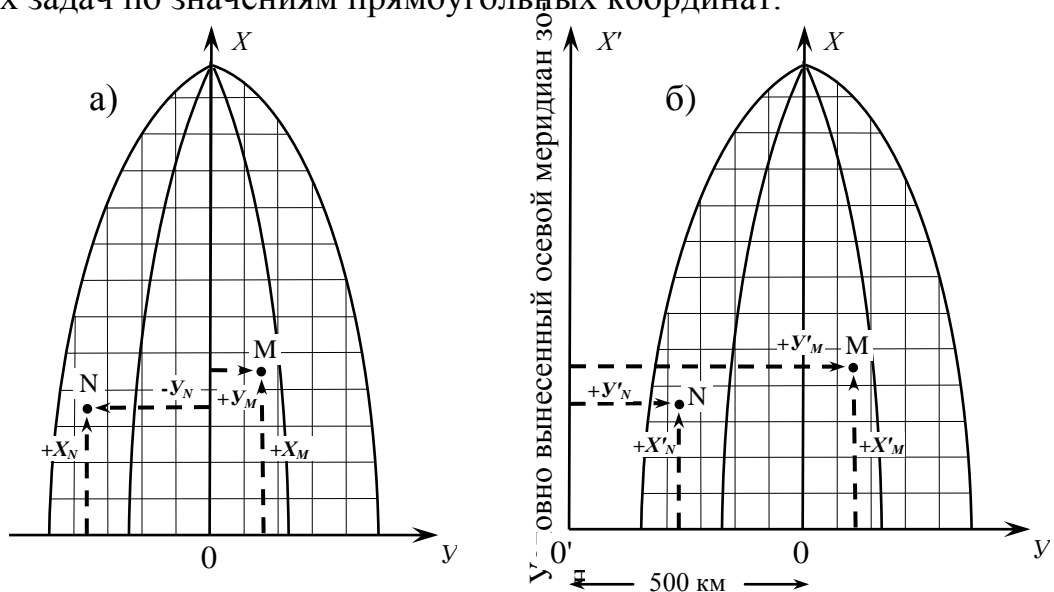


Рис. 37. Система плоских прямоугольных координат

Чтобы не иметь отрицательных ординат, необходимо чтобы начало отсчета координат находилось левее любой точки зоны. Исходя из того, что на экваторе длина дуги в  $1^\circ$  примерно равна 111 км (следовательно, половина зоны будет равна  $\sim 333$  км), ось абсцисс как бы перемещают к западу (влево) от осевого меридиана зоны на 500 км (500 000 м) (рис. 37б). При этом ось

абсцисс остается параллельна осевому меридиану зоны и называется **условно вынесенным осевым меридианом зоны**.

В результате этого перемещения все ординаты в пределах данной зоны будут иметь лишь положительные значения и будут возрастать с запада на восток. К востоку от осевого меридиана они будут больше 500 км, а к западу меньше. Точка пересечения экватора с осевым меридианом зоны будет иметь координаты:  $X = 0$ ,  $Y = 500\,000$  м. Такие координаты точки называются **условными**. Координатная сетка топографических карт РФ оцифрована в условной системе прямоугольных координат.

Для перехода от действительных координат к условным используют формулы:

для точки лежащей в западной части зоны (левее осевого меридиана)

$$Y'_B = 500\,000 - Y_B,$$

для точки лежащей в восточной части зоны (правее осевого меридиана)

$$Y'_A = 500\,000 + Y_A.$$

Максимальное значение абсциссы  $X$  в зоне – это расстояние от экватора до полюса. Оно равно 10 002,137 км. Максимальное значение ординаты в зоне, будет равно примерно 833 км (500 км + 333 км).

Оси координат и начало координат в каждой зоне имеют вполне определенное географическое положение, а следовательно, и связь как с системой геодезических координат, так и с системой прямоугольных координат всех остальных зон.

В каждой зоне числовые значения координат  $X$  и  $Y$  будут повторяться и число таких повторений будет 60, по числу зон. Чтобы можно было однозначно определить к какой зоне относится точка с указанными координатами, и тем самым найти ее положение на земном шаре, к значению ординаты  $Y$  слева приписывается цифра (или две), означающая номер зоны.

Координаты  $X$  – это расстояние в метрах от оси ординат (экватора) до точки, координаты которой определяются. На листах топографических карт, расположенных в Северном полушарии, подписи линий километровой сетки возрастают с юга на север, а на топографических картах, расположенных в Южном полушарии, – с севера на юг.

Например: координата  $X = 6357785$  означает, что точка удалена от экватора на 6357,785 км или на 6357785 м. Координата  $Y$  – это удаление точки от условно вынесенного осевого меридиана зоны, с добавлением в начале номера данной зоны.

Например:  $Y = 12\,468835$ , где 12 – номер зоны, а число 468835 – количество метров на которые удалена точка от условно вынесенного осевого ме-



ридиана зоны. Такие координаты точки  $X = 6\ 357\ 785$ ;  $Y = 12\ 468\ 835$  называются *полными*.

На практике, при проведении различных инженерно-геодезических измерений и расчетов, пользоваться такими большими числами неудобно. Это значительно увеличивает время расчетов и повышает вероятность допустить случайную ошибку. Поэтому переходят к сокращенным координатам. *Сокращенными координатами* точки называются линейные величины, характеризующие ее удаление от ближайших линий координатной сетки карты, соответствующих целым значениям сотен километров.

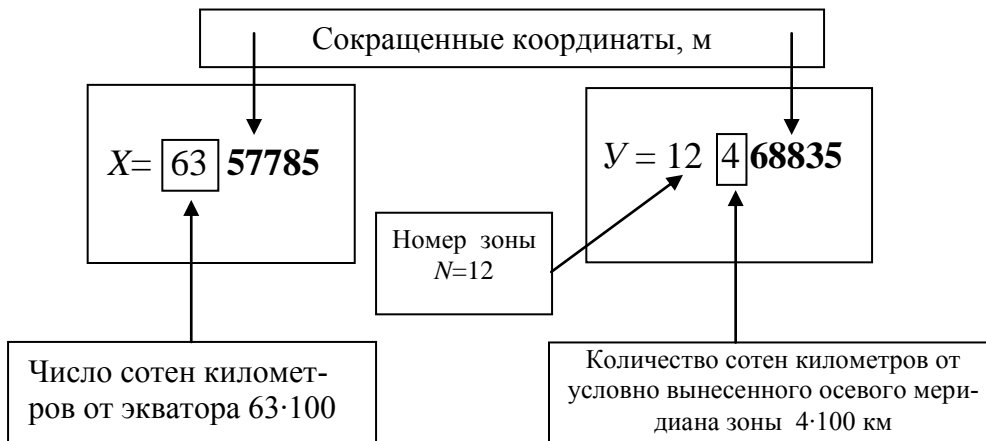


Рис. 38. Полные и сокращенные координаты

Таким образом, для перехода к сокращенным координатам в известном значении полных координат необходимо отделить последние пять цифр, т.е. число километров и метров. В нашем примере сокращенные координаты точки будут равны:  $X = 57785$  м,  $Y = 68835$  м (рис. 38).

Сокращенные координаты точки показывают ее местоположение внутри квадрата размерами  $100 \times 100$  км. Задачи же инженерной геодезии, как правило, решаются на площади значительно меньших размеров.

### 5.3. Полярные и биполярные координаты

Задача определения положения точек на земной поверхности относительно точки, принятой за начальную, решается с помощью системы полярных координат.

*Полярными координатами* точки  $C$  на плоскости служат:  $\beta_C$  – горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от полярной оси до направления на точку и  $D_C$  – расстояние от полюса (точки  $P$ ) до точки  $C$  (рис. 39а). Система полярных координат проста и может быть построена в любой точке местности, принятой за полюс. Углы и расстояния на местности необходимые для определения местоположения точек в этой системе изме-

ряют с помощью приборов. Полярной осью в этой системе координат может служить истинный или магнитный меридиан, вертикальная линия координатной сетки карты, также иное направление, принятое за начальное. Система полярных координат получила в инженерной геодезии очень широкое применение.

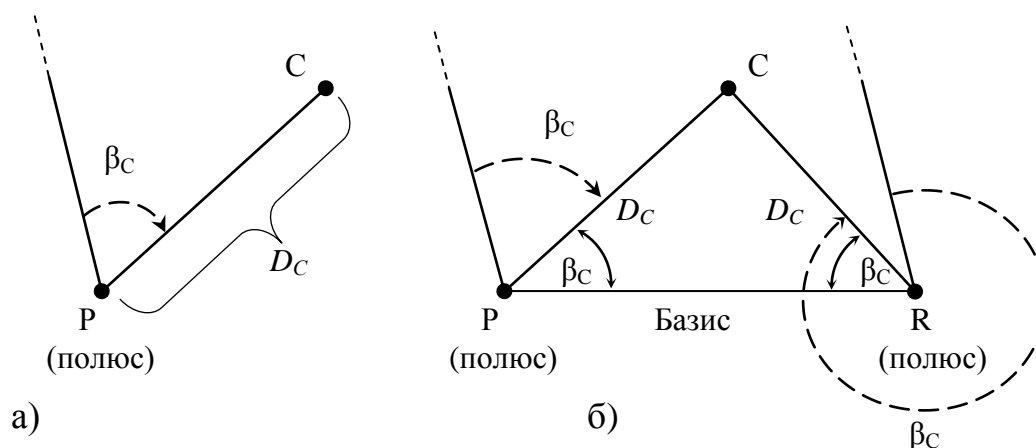


Рис. 39. Полярные координаты (а), биполярные координаты (б).

Биполярные координаты (рис. 39б) это две линейные или две угловые величины, которые определяют положение точки на местности или на карте относительно двух полюсов. Биполярные координаты представляет собой разновидность полярных координат. Линейными величинами служат расстояния до определяемой точки от полюсов, а угловыми величинами могут быть истинные азимуты, магнитные азимуты, или углы направлений (горизонтальные углы), которые измеряют от линии (базиса), соединяющей полюсы.

Биполярная система координат в инженерной геодезии применяется при выносе проектных точек в натуру, разбивке и в других случаях. Для более точного определения местоположения точки указывают две угловые и две линейные величины.

## 5.4 Связь между системами координат на земной поверхности

### 5.4.1. Связь между прямоугольными и геодезическими координатами

Как отмечалось ранее, координатные оси и начало координат в каждой шестиградусной зоне имеют вполне определенное географическое положение на земной поверхности. Это обеспечивает взаимосвязь прямоугольных координат отдельных зон между собой и системой геодезических координат на земном эллипсоиде, что позволяет при необходимости сравнительно просто пересчитывать прямоугольные координаты объектов из одной зоны в другую,

а также вычислять прямоугольные координаты точек по известным геодезическим координатам и наоборот.

Точный пересчет прямоугольных координат точек в геодезические производят по специальным таблицам для геодезических вычислений. Когда при пересчете не требуется высокая точность определения координат, эллипсоид заменяют шаром, и для вычисления используют формулы:

$$B = \frac{X}{111,2}; \quad L = N \cdot 6^\circ - 3^\circ + \frac{Y - 500}{111,2 \cos B}$$

где:  $B$  и  $L$  – геодезические широта и долгота точки в градусах;  $X$  – абсцисса точки в километрах;  $N$  – номер зоны;  $Y$  – ордината точки в километрах; 111,2 – средняя длина дуги меридиана в километрах, приходящаяся на  $1^\circ$ .

**Пример.** Прямоугольные координаты объекта, определенные по карте равны  $X = 5785$  км;  $Y = 7564$  км. Необходимо вычислить приближенные геодезические координаты точки.

Решение:

$$B = \frac{5785}{111,2} \approx 52^\circ \quad L = 7 \cdot 6^\circ - 3^\circ + \frac{564 - 500}{111,2 \cos 52^\circ} \approx 39 + 1 \approx 40^\circ$$

#### 5.4.2. Связь между прямоугольными и полярными координатами

Полярные и прямоугольные координаты наиболее широко применяются при решении задач инженерной геодезии. При этом между ними существует строгая зависимость.

От полярных координат точек к их прямоугольным координатам и наоборот, переходят путем решения прямой и обратной геодезических задач.

Решение *прямой геодезической задачи* на плоскости заключается в нахождении прямоугольных координат точки по известным прямоугольным координатам исходной точки (полюса) и полярным координатам определяемой точки (расстоянию от полюса до этой точки и дирекционному углу направления на нее). Более подробно о сущности дирекционного угла и румба будет изложено в главе 6.

Пусть точка  $A$  – исходная точка с известными прямоугольными координатами  $X_A$  и  $Y_A$ ;  $D_{AB}$  – расстояние от точки  $A$  до точки  $B$ , измеренное на местности с помощью приборов;  $\alpha_{AB}$  – известный дирекционный угол с точки  $A$  на точку  $B$ . Требуется вычислить прямоугольные координаты точки  $B$ . Из рис. 40. видно, что  $X_B = X_A + \Delta X$ ;  $Y_B = Y_A + \Delta Y$ .

Величины  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  в геодезии называют *приращениями координат*.

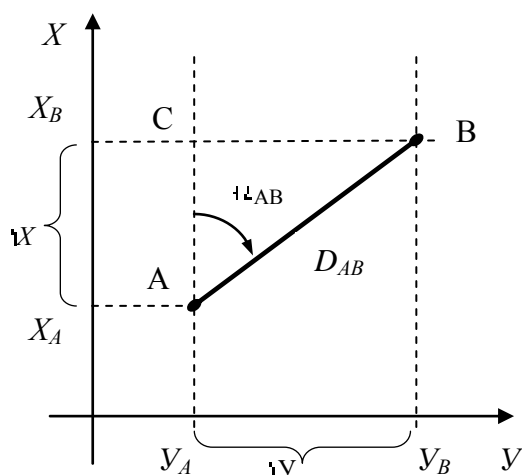


Рис. 40. Прямая геодезическая задача

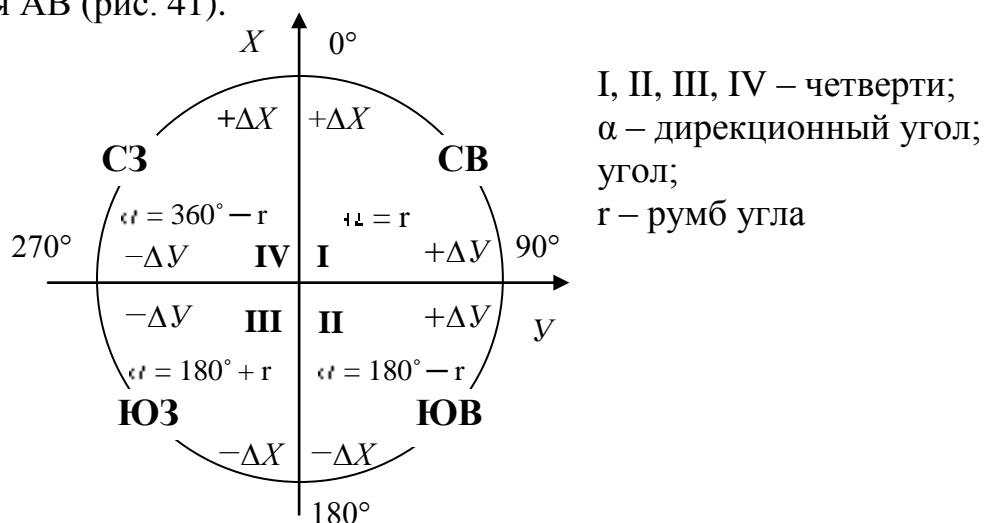
Значения приращений координат можно определить из решения прямоугольного треугольника ABC:

$$\Delta X = D_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB}; \quad \Delta Y = D_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB}$$

Таким образом, общие формулы для определения координат точки В будут иметь вид:

$$X_B = X_A + D_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB}, \quad Y_B = Y_A + D_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB}$$

Приращение координат  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  могут быть как положительными, так и отрицательными. Это зависит от того, в какой четверти лежит дирекционный угол направления АВ (рис. 41).



I, II, III, IV – четверти;  
 $\alpha$  – дирекционный угол;  
 угол;  
 $r$  – румб угла

Рис. 41. Знаки приращений координат в разных четвертях

**Обратная геодезическая** задача состоит в том, чтобы по известным прямоугольным координатам точек А и В, найти длину  $D_{AB}$  и дирекционный угол направление линии АВ –  $\alpha_{AB}$ . Данная задача решается следующим образом.

Вычисляют приращение координат, вычитая из координат конечной точки координаты начальной:

$$\Delta X = X_B - X_A; \Delta Y = Y_B - Y_A.$$

Зная приращения координат, которые являются катетами в прямоугольном треугольнике, находят румб искомого дирекционного угла направления АВ по формулам:

$$\operatorname{tg} r_{AB} = \Delta Y / \Delta X, \text{ тогда } r_{AB} = \operatorname{arctg} (\Delta Y / \Delta X)$$

Следует отметить, что при вычислении румба направления знаки приращений координат не учитываются, т.е. значения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  берутся по абсолютной величине.

По знакам приращений координат определяют четверть в которой лежит дирекционный угол направления АВ и переходят от румба к его истинному значению.

Расстояние между точками вычисляют для контроля по двум из трех следующих формул:

$$D_{AB} = \Delta Y / \sin \alpha_{AB}; D_{AB} = \Delta X / \cos \alpha_{AB}; D_{AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}.$$

Пример. Вычислить дирекционный угол  $\alpha_{AB}$  и расстояние  $D_{AB}$ , если известно:  $X_A = 58107,4$ ;  $Y_A = 46925,4$ ;  $X_B = 58425,6$ ;  $Y_B = 46738,9$ .

Решение:

1. Вычисляем приращение координат

$$\Delta X = 58425,6 - 58107,4 = +318,2$$

$$\Delta Y = 46738,9 - 46925,4 = -186,5$$

2. Рассчитываем румб направления

$$r_{AB} = \operatorname{arctg}(186,5 : 318,2) = 30^\circ 22,5'$$

3. По знакам приращения координат определяем четверть, в которой находится дирекционный угол и вычисляем его значение.

$$\text{Четверть IV (СЗ – северо-западная). } \alpha_{AB} = 360^\circ - r = 329^\circ 37,5'$$

4. Вычисляем расстояние АВ

$$D_{AB} = 186,5 / \sin 329^\circ 37,5' = 368,83 \text{ м;}$$

$$D_{AB} = 318,2 / \cos 329^\circ 37,5' = 368,83 \text{ м.}$$

## 5.5. Система высот

Для полной характеристики положения точки на поверхности Земли необходимо знать еще третью координату – высоту. **Высотой точки** называется расстояние по отвесному направлению от уровенной поверхности и до этой точки. Числовое значение высоты называется **отметкой** данной точки.

Высоты бывают абсолютные, условные и относительные. **Абсолютные высоты ( $H$ )** отсчитывают от исходной уровенной поверхности – среднего уровня Мирового океана. **Условной высотой** называется отвесное расстояние от условной уровенной поверхности, т.е. любой точки, принятой за исходную (нулевую). Относительной высотой, или **превышением ( $h$ )** точки называется высота ее над другой точкой земной поверхности (например, точки  $A$  над точкой  $B$  (рис. 42)).

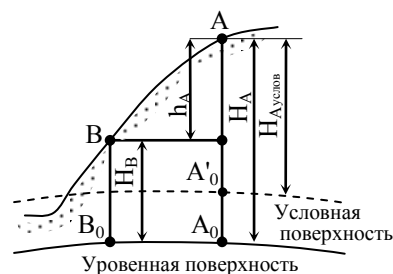


Рис. 42. Абсолютные и условные отметки, превышения

В Российской Федерации абсолютные высоты точек определяют относительно уровенной поверхности, совпадающей со средним уровнем Балтийского моря в Финском заливе. Эту систему высот называют Балтийской.

Наблюдения за колебаниями уровня Балтийского моря начались с 1703 года, а в 1707 года указом Петра I в Кронштадте была создана первая футшточная служба.

Для определения высоты уровня моря на его берегу надежно закрепляют в вертикальном положении рейку с делениями – футшток и периодически фиксируют уровень моря относительно этой рейки.

В 1840 году по предложению гидрографа М.Ф. Рейнеке на каменном устье Синего моста через кронштадтский Обводный канал была нанесена черта, соответствовавшая среднему уровню воды Финского залива по наблюдениям с 1825 по 1839 годы (рис. 43).



Рис. 44. Павильон для мареографа

С этой чертой и совмещен нуль Кронштадтского футштока, от которого исчисляются абсолютные высоты поверхности Земли, глубины морей и океанов.

Первоначально уровень воды измерялся вручную, а с 1898 года с помощью самопишущего прибора – мареографа, фиксирующего изменения уровня Балтийского моря автоматически. Сначала мареограф располагался в деревянной будке, затем в специально построенном павильоне с колодцем (рис. 44).



Рис. 43. Памятная доска

## Глава 6. Ориентирование линий в пространстве

В практике решения задач инженерной геодезии, а также при работе с топографической картой или планом часто возникает необходимость в определении углов на какие-либо точки местности или построении углов по заданным величинам. Для однозначного понимания направления ориентируемой линии, необходимо задаться исходным направлением, от которого и будут производиться измерения.

Таким образом, направление *ориентируемой линии* будет заключаться в измерение величины угла на местности или карте (плане) относительно начального направления.

### 6.1 Основные направления и углы

Через любую точку на поверхности земли проходит только один истинный (геодезический) меридиан, один магнитный меридиан и одна вертикальная линия параллельная линиям координатной сетки данной зоны. Поскольку это однозначно понимаемые линии, направление которых может быть установлено как на местности, так и на карте, то они могут быть приняты в качестве исходных. Таким образом, в качестве начального направления в геодезии принимают:

- направление истинного (геодезического) меридиана точки;
- направление магнитного меридиана;
- северное направление вертикальной линии координатной сетки карты.

В зависимости от того, какое направление принято за начальное, различают три вида углов, определяющих направление на точки: истинный азимут  $A_{и}$ , магнитный азимут  $A_{м}$  и дирекционный угол  $\alpha$  (рис. 45).

**Истинным азимутом  $A_{и}$**  называется угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана точки до направления на заданную точку. Истинный азимут может иметь значение от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

На местности направление истинного меридиана определяется из астрономических наблюдений или специальным прибором – гирокомпасом. Для того чтобы по карте измерить истинный азимут какого-либо направления, через исходную точку предварительно проводят истинный меридиан, т. е. линию параллельную вертикальным сторонам рамки карты.

**Магнитным азимутом  $A_{м}$**  называется горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки (от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ ) от северного направления магнитного меридиана до направления на точку. Магнитные азимуты определяются на местности с помощью угломерных приборов, у которых имеется магнитная стрелка (компасы и буссоли). Использование этого простого спо-

соба ориентирования невозможно в районах магнитных аномалий и магнитных полюсов. Кроме того, следует учитывать тот факт, что величина магнитного азимута изменяется со временем.

**Дирекционным углом  $\alpha$**  называется горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от северного направления вертикальной линии координатной сетки карты до направления на точку. Изменяется дирекционный угол в пределах от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

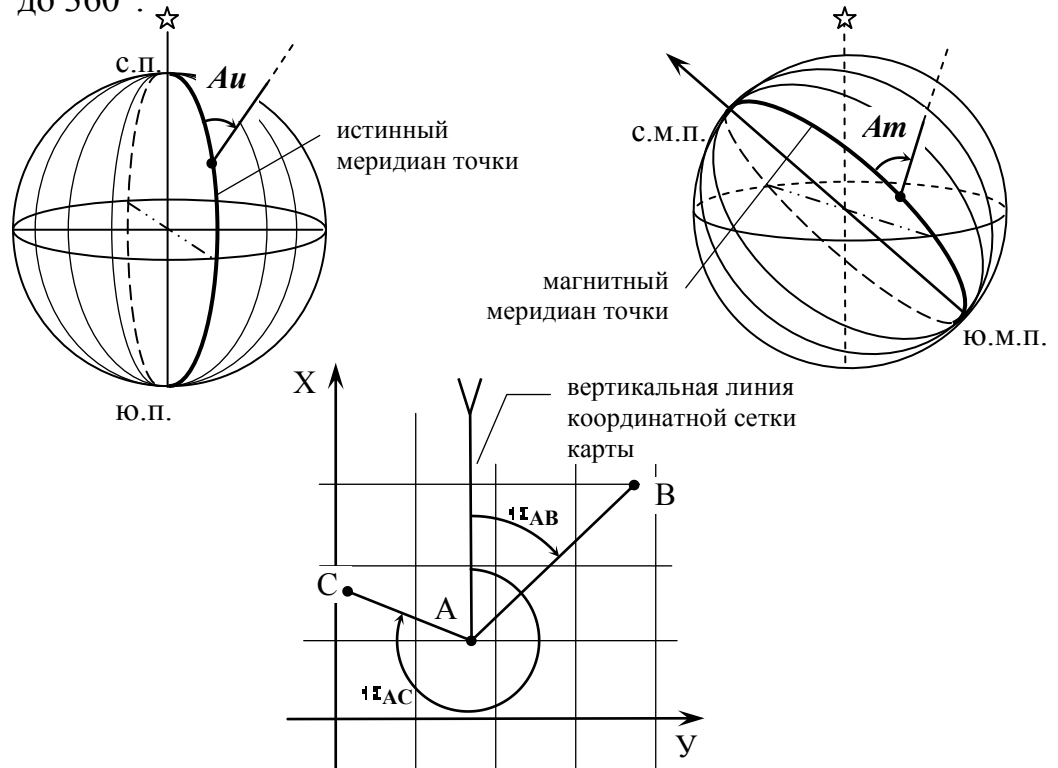


Рис. 45. Основные направления и углы в геодезии

## 6.2. Дополнительные углы

В зависимости от местоположения точки на земной поверхности линии начальных направлений образуют между собой соответствующие горизонтальные углы (рис. 46). Умение вычислять значения этих углов, позволяет осуществлять переход от одного основного угла направления к другому.

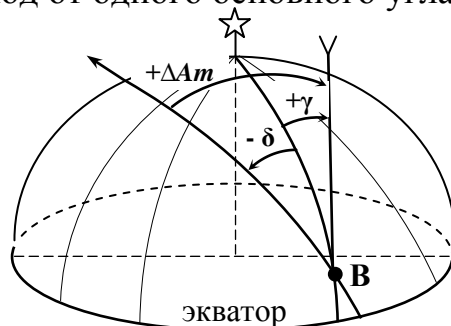


Рис. 46. Взаимосвязь между углами



Вертикальные линии координатной сетки не совпадают с направлением истинных меридианов, а образуют с ними некоторый угол (рис. 46). Происходит это потому, что меридианы сходятся у полюсов в одной точке, в то время как вертикальные линии координатной сетки остаются параллельны между собой.

**Угол образованный истинным меридианом точки и координатной линией сетки карты называется сближением меридианов –  $\gamma$**  (рис. 47).

Величина сближения меридианов зависит от широты точки  $B^\circ$  и ее удаления от осевого меридиана зоны, в которой она находится. Поскольку ширина зоны равна  $6^\circ$ , то сближение меридианов может изменяться только в пределах  $-3^\circ \leq \gamma \leq +3^\circ$ . Для точек лежащих на осевом меридиане зоны сближение меридианов равно  $0^\circ$ . На топографических картах среднее значение сближения меридианов (для центра листа карты) дано на южном поле в информационной справке зарамочного оформления (рис. 43). При необходимости получить точное значение сближения меридианов используют зависимости:

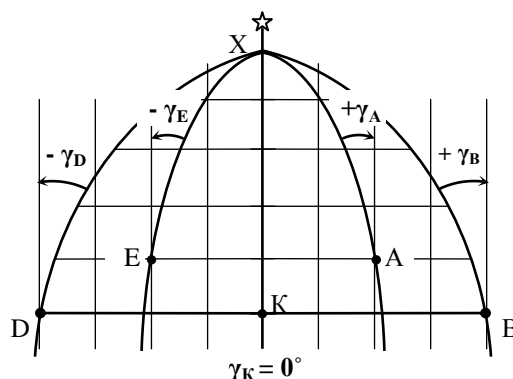


Рис. 47. Сближение меридианов

$$\gamma = l \cdot \sin B^\circ;$$

$$l = L - L_0;$$

$$L_0 = 6^\circ \cdot N - 3^\circ.$$

где:  $B$ ,  $L$  – геодезические координаты точки;

$L_0$  – долгота осевого меридиана зоны;

$N$  – номер зоны в которой находится точка.

Сближение меридианов величина постоянная для данной точки, которая со временем не меняется. В зависимости от положения точки относительно осевого меридиана зоны, сближение меридианов называется восточное и имеет знак « $+\gamma$ » или западное, которое имеет знак « $-\gamma$ ».

**Угол между истинным и магнитным меридианами точки называется магнитным склонением –  $\delta$** .

В зависимости от того куда, к востоку или к западу, отклоняется магнитный меридиан относительно истинного, магнитное склонение называется восточное и имеет знак « $+\delta$ » или западное, которое имеет знак « $-\delta$ » (рис. 48).

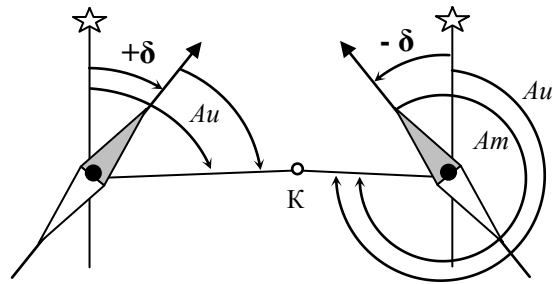


Рис. 48. Магнитное склонение  $\delta$

Магнитное склонение со временем изменяется. Это зависит от того, что магнитный полюс земли дрейфует, т.е. изменяет свое местоположение на Земном шаре. По данным на 1970 год координаты северного магнитного полюса составляли:  $B = 78^{\circ}31'$  с.ш.,  $L = 70^{\circ}01'$  з.д.

Таким образом, северный магнитный полюс земли располагается в районе канадского архипелага (рис. 49).

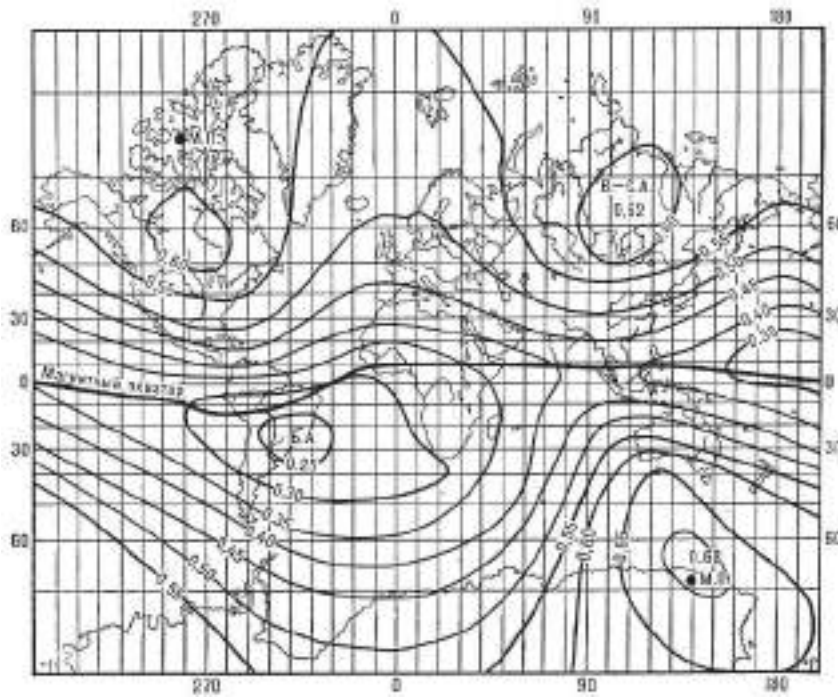


Рис. 49. Магнитная картограмма Земли.

Перемещение магнитного полюса Земли поддается прогнозированию и имеет определенную динамику. Это дает возможность рассчитать годовое изменение магнитного склонения, которое указывается на топографической карте. Зная величину склонения на год съемки карты и его годовое изменение, не составляет труда рассчитать магнитное склонение на любой год.

В различных точках Земли магнитная стрелка имеет разное склонение. Так, на территории Российской Федерации оно колеблется в диапазоне  $\pm 15^\circ$ .

Склонение магнитной стрелки не остается постоянным и в данной точке Земли. Различают вековое, годовое и суточное изменение склонений. Больше всего изменяется суточное склонение, колебания которого достигает  $15'$ , поэтому ориентировать линии по магнитному азимуту можно когда не требуется высокая точность измерений.

*Угол между магнитным меридианом и вертикальной линией координатной сетки карты называется поправка направления –  $\Pi$  или поправка буссоли –  $\Delta Am$ .*

Поправка направления и поправка буссоли равны по абсолютной величине, но противоположны по знаку, т.к. поправка направления отсчитывается от координатной линии сетки карты и применяется при работе на карте при переходе от дирекционного угла к магнитному азимуту. Поправка буссоли используется при работе на местности, для перехода от магнитного азимута к дирекционному углу направления (рис. 50).

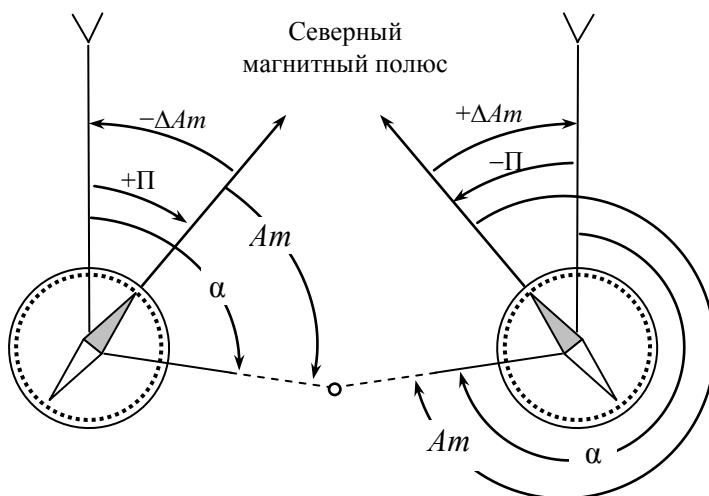


Рис. 50. Поправка буссоли, поправка направления.

Рассмотренные дополнительные углы позволяют осуществить переход от одного основного угла направления к другому по формулам:

$$\begin{aligned} Au &= \alpha + (\pm \gamma); \\ Au &= Am + (\pm \delta); \\ \Pi &= (\pm \delta) - (\pm \gamma); \\ Am &= \alpha - (\pm \Pi); \\ \alpha &= Am - (\pm \Delta Am). \end{aligned}$$

Величину поправки буссоли вычисляют непосредственно на местности при работе с буссо-

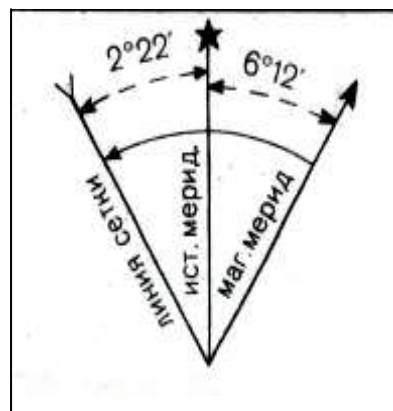


Рис. 51. Схема расположения линий направлений

лю. Значение всех остальных дополнительных углов на данный район местности можно найти на топографической карте в информационной справке (рис. 51).

Пример. Склонение на 1971г. восточное  $6^{\circ}12'$ . Среднее сближение меридианов западное  $2^{\circ}22'$ . При прикладывании буссоли (компаса) к вертикальным линиям координатной сетки среднее отклонение магнитной стрелки восточное  $8^{\circ}34'$ . Годовое изменение склонения восточное  $0^{\circ}02'$ . Поправка в дирекционный угол при переходе к магнитному азимуту минус  $8^{\circ}34'$ . Примечание. В скобках показаны деления угломера (одно деление угломера =  $3',6$ ).

### 6.3. Румбы

В практике решения задач инженерной геодезии азимуты и дирекционные углы иногда заменяют их румбами. **Румбом** ( $r$ ) называется острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего (северного или южного) направления меридиана до направления на точку. Румбы, как и азимуты, бывают истинные и магнитные. Румбы дирекционных углов обозначают и вычисляют так же, как румбы азимутов, только отсчитывают их от оси абсцисс ( $X$ ). Величина румба может меняться в пределах от  $0^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ , т.е. не превышать величины угла принадлежащего первой четверти. При записи румба указывают его четверть по сторонам света и числовое значение, например:  $r = СЗ: 47^{\circ}26'$ ,  $r = ЮВ: 63^{\circ}52'$

В табл. 9 представлены соотношения и примеры записи румбов и дирекционных углов направлений.

Таблица 9. Взаимосвязь дирекционных углов и румбов

Четверть	Формула вычисления		Пример. Числовое значение	
	румб	дирекционный угол	румба	дирекционного угла
I — СВ	$r = \alpha$	$\alpha = r$	СВ: $54^{\circ}30'$	$54^{\circ}30'$
II — ЮВ	$r = 180^{\circ} - \alpha$	$\alpha = 180^{\circ} - r$	ЮВ: $78^{\circ}25'$	$101^{\circ}35'$
III — ЮЗ	$r = \alpha - 180^{\circ}$	$\alpha = r + 180^{\circ}$	ЮЗ: $36^{\circ}40'$	$216^{\circ}40'$
IV — СЗ	$r = 360^{\circ} - \alpha$	$\alpha = 360^{\circ} - r$	СЗ: $68^{\circ}55'$	$291^{\circ}05'$

### 6.4. Углы прямого и обратного направления

В инженерной геодезии при проведении различного рода измерений, а также в ходе вычислений часто возникает необходимость в определении угла обратного направления. Рассмотрим зависимость между дирекционными углами линии АВ прямого направления  $\alpha_{AB}$  и обратного  $\alpha_{BA}$ . Из рис. 52 имеем

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BA} \pm 180^{\circ}.$$

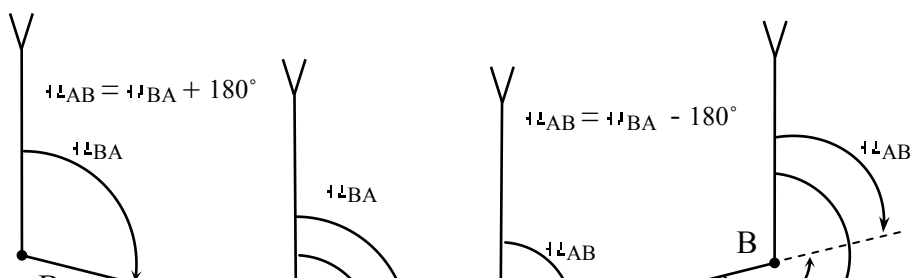


Рис. 52. Зависимость между прямым и обратным дирекционными углами

Для определения зависимости между истинными азимутами линий АВ и ВА воспользуемся рис. 53. Если  $\gamma$  сближение меридианов для точек А и В соответственно, то

$$Au_{BA} = Au_{AB} \pm 180^\circ + (\gamma_B - \gamma_A).$$

Пример 1:  $\alpha_{AB} = 72^\circ 30'$ , тогда

$$\alpha_{BA} = 72^\circ 30' + 180^\circ = 252^\circ 30'.$$

Пример 2:  $\alpha_{AB} = 265^\circ 20'$ , тогда

$$\alpha_{BA} = 265^\circ 20' - 180^\circ = 85^\circ 20'$$

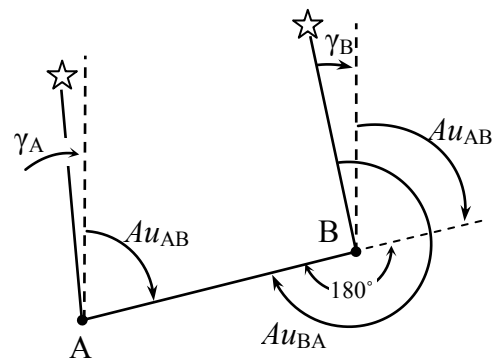


Рис. 53. Азимут истинный прямого и обратного направлений

## Глава 7. Решение инженерных задач по топографической карте (плану)

### 7.1. Измерение расстояний и длин линий

Отрезки прямых линий по карте измеряют циркулем-измерителем, а при его отсутствии линейкой с миллиметровыми делениями.

Короткие прямолинейные расстояния измеряются одним раствором измерителя. При этом измерителем определяют только промежуток между началом и концом отрезка АВ. Численное значение длины определяют путем перенесения раствора циркуля-измерителя на линейный или поперечный масштабы (рис. 54).

Если длина линии измерялась линейкой, то полученный отсчет умножают на величину масштаба данной карты (плана).

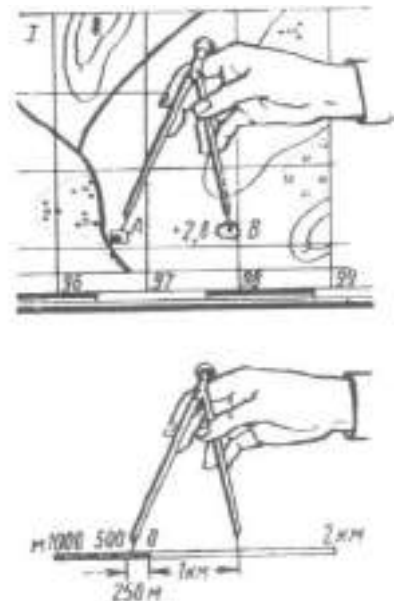


Рис. 54. Измерение расстояния циркулем

**Пример.** Пусть измеренный на карте масштаба 1:25 000 отрезок АВ равен 2,3 см. Тогда длина соответствующей линии на местности будет равна  $2,3 \times 250 = 575$  м.

Если измеряемое расстояние представляет собой ломаную линию, то расстояние измеряется способом «наращивания раствора циркуля-измерителя». При данном способе длину ломаной линии измеряют путем суммирования длин ее отрезков между поворотными точками (рис. 55). При этом задняя ножка циркуля каждый раз разворачивается при неизменном растворе циркуля по направлению продолжения очередного отрезка. Общую длину ломаной линии определяют по линейному или поперечному масштабу.

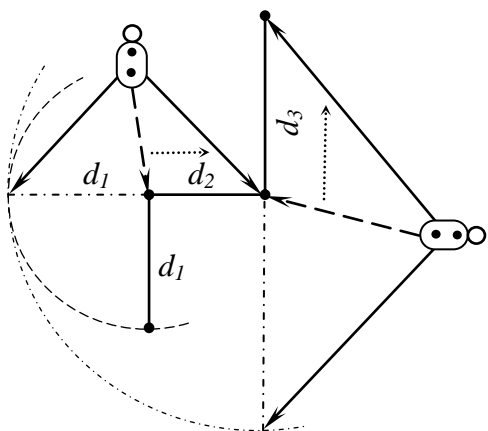


Рис. 55. Измерение длины ломаной линии

Точность измерения расстояний указанным способом составляет с применением линейного масштаба 0,5 – 1,0 мм в масштабе карты, а с применением поперечного масштаба увеличится до 0,2 – 0,3 мм.

Длину извилистых линий (рек, дорог и т.п.) определяют по частям – «шагом» измерителя или с помощью курвиметра.

Шаг – это установленный промежуток между иглами, имеющий определенную длину кратную, как правило, числу сотен (десятков) метров (рис. 56). Если длина измеряемой линии не кратна величине выбранного шага, то в конце измеряют остаток метров (а). Длина линии вычисляется по формуле:

$$D_{AB} = Nd + a,$$

где: N – число перестановок; d – величина «шага»; a – остаток.

Курвиметр (рис. 57) прост в применении и широко используется на практике, например туристами, геологами, но не дает точных результатов.



Рис. 57. Курвиметр

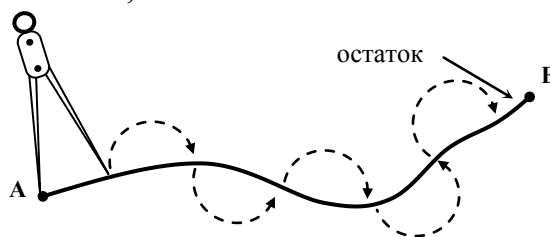


Рис. 56. Измерение длин линий «шагом»

Перед измерением следует вращением колесика установить на шкале курвиметра отсчет 0. Затем прокатить его вдоль линии, следя за тем, чтобы стрелка вращалась по ходу часов. Показания стрелки будут соответствовать длине линии в сантиметрах. С помощью величины масштаба карты, показания курвиметра переводят в реальные расстояния на мест-

ности. Следует учитывать, чем более извилистая линия, тем ниже точность ее измерения. В среднем точность измерения длин извилистых линий курвиметром не превышает 10%, для точных измерительных работ он не пригоден.

Чтобы получить более точный результат при всех описанных способах, измерения следует проводить несколько раз в прямом и обратном направлениях. За истинное значение длины линии принимают среднюю величину из приемов. В этом случае можно снизить ошибку результата до 3%.

## 7.2. Определение координат точек

### 7.2.1. Определение прямоугольных координат точек

На топографических картах у выходов линий координатной сетки за внутренней рамкой листа и в девяти местах на каждом листе карты подписывают значения абсцисс и ординат координатных линий. Полные значения абсцисс и ординат в километрах подписывают около ближайших к углам рамки карты координатных линий, около линий, ограничивающих квадраты координатной сетки по сто километров, и около ближайшего к северо-западному углу пересечения координатных линий (рис. 58). Остальные координатные линии подписывают сокращенно двумя цифрами (десятки и единицы километров). Подписи около горизонтальных линий координатной сетки соответствуют расстояниям от оси ординат в километрах. Подписи около вертикальных линий обозначают номер зоны (одна или две первые цифры) и расстояние в километрах от начала координат, условно перенесенного к западу от осевого меридиана зоны на 500 км. Например, подпись 124 означает: 12 – номер зоны, 4 – расстояние от условного начала координат в сотнях километров.

При определении сокращенных координат точки по оцифровке координатной линии, образующей южную сторону квадрата, в котором расположена точка, находят и записывают полное значение абсцисс в километрах. Затем циркулем-измерителем (линейкой) измеряют по перпендикуляру от этой координатной линии до точки расстояние  $l_x$  в см. Полученное значение умножают на величину масштаба и вычисленное значение приращения координаты  $\Delta X$  в метрах прибавляют к абсциссе  $X$ .

После этого определяют значение ординаты  $У$  этой точки, для чего находят по северной или южной стороне рамки карты и записывают значение ординаты  $У$  вертикальной линии, образующей западную сторону квадрата, в котором находится точка. По перпендикуляру от западной координатной линии до точки измеряют расстояние  $l_y$ , которое затем умножают на величину масштаба карты. Приращение координаты  $\Delta У$  в метрах, прибавляют к ординате  $У$  точки.

Если необходимо записать полные координаты точки, то к абсциссе  $X$  слева приписывают число сотен километров от экватора, а к ординате  $Y$  – номер зоны и число сотен километров от условно вынесенного меридиана данной зоны.

Нанесение точки на карту по известным координатам выполняется в обратной последовательности.

Пример. Определить на карте масштаба 1:25000 прямоугольные координаты точки  $A$  (рис. 58).

Решение. Точка  $A$  лежит в квадрате образованном километровыми линиями сетки карты  $X$  – 57 км,  $Y$  – 68 км. Измерим величины  $l_x$  и  $l_y$ . Пусть они будут равны  $l_x = 3,15$  см,  $l_y = 3,4$  см. С учетом величины масштаба карты вычислим  $\Delta X = 3,15 \times 250 = 787,5$ ;  $\Delta Y = 3,4 \times 250 = 850,0$ .

Ответ: Координаты точки  $A$   
 $X = 57787,5$ ;  $Y = 68850,0$ .

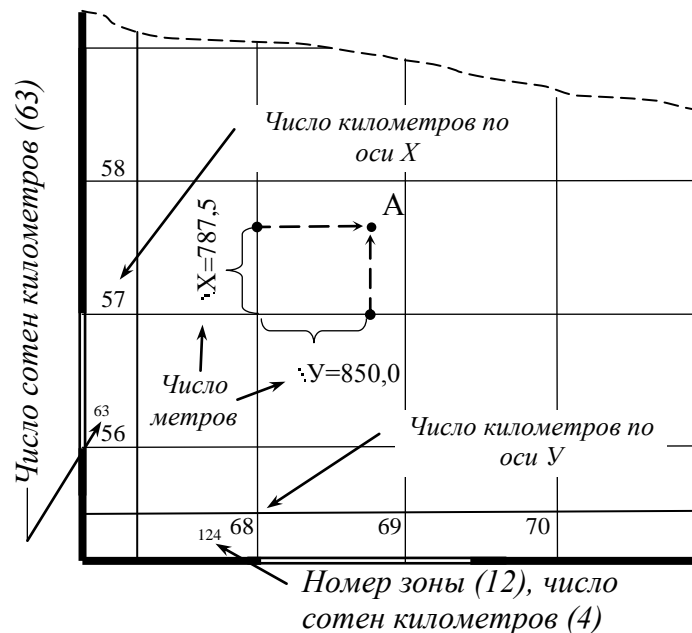


Рис. 58. Определение прямоугольных координат

### 7.2.2. Определение геодезических координат точек

Геодезические координаты точки определяют от ближайших к ней параллели и меридиана, широта и долгота которых известны. Для этого соединяют прямыми линиями ближайшие к точке одноименные минутные деления по широте к югу от точки и по долготе к западу от нее. Затем определяют размеры отрезков по широте и долготе от прочерченных линий до положения точки и суммируют их соответственно с широтой и долготой прочерченных линий (параллели и меридиана).

Геодезические координаты могут также определяться путем опускания перпендикуляров от искомой точки на западную (восточную) и южную (северную) стороны минутной рамки карты. При этом значения широты и долготы считывается в точках пересечения перпендикуляров с соответствующими сторонами рамки (рис. 59).



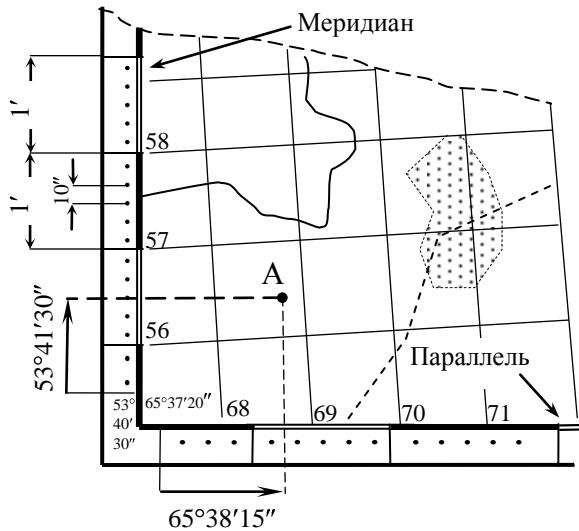


Рис. 59. Определение геодезических координат точки

Пример. Определить геодезические координаты точки А по карте.

Решение. Из точки А опустим перпендикуляры на ближайшие стороны рамки карты. Найдем исходное значение геодезических координат для юго-западного угла листа карты: широта -  $53^{\circ}40'30''$ ; долгота -  $65^{\circ}37'20''$ .

Зная цену деления шкалы геодезических координат, найдем значение долготы и широты точки А: широта -  $53^{\circ}41'30''$ ; долгота -  $65^{\circ}38'15''$ .

### 7.2.3. Определение полярных координат

динат

Для определения по карте полярных координат точки В относительно исходной точки А, необходимо выполнить следующие действия.

Через точку А, являющуюся полюсом для системы полярных координат, проводят вертикальную линию параллельно координатной сетке карты, а также линию, соединяющую точки. С помощью транспортира, относительно полюса, измеряют дирекционный угол направления линии  $\alpha_{AB}$ , а с помощью циркуля-измерителя (линейки) находят длину отрезка  $l_{AB}$  (рис. 60). Затем, зная величину масштаба карты, вычисляют расстояние между точками:  $d_{AB} = M \times l_{AB}$ .

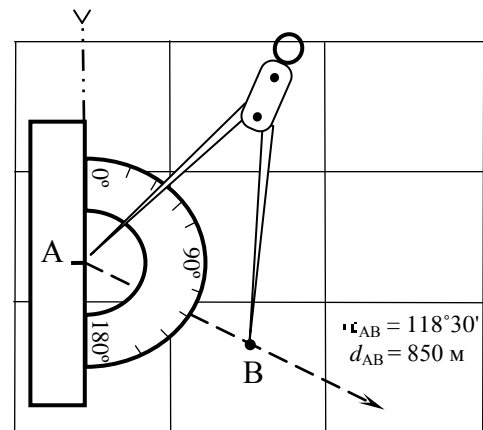


Рис. 60. Определение полярных координат точки

Нанесение точки на карту по ее полярным координатам выполняется в обратной последовательности.

Пример. Определить полярные координаты точки В на карте масштаба 1:25000.

Решение. Первоначально необходимо нанести или отыскать на карте полюс (точку А), построить полярную ось и соединить точки. Затем последовательно измерить дирекционный угол  $\alpha_{AB}$  (накладывая транспортир нулевым отсчетом на вертикальную линию сетки карты в направлении «север») и длину отрезка АВ. Пусть  $l_{AB} = 3,4$  см, тогда  $d_{AB} = 250 \times 3,4 = 850$  м.

Ответ. Полярные координаты точки В:  $\alpha_{AB} = 118^\circ 30'$ ,  $d_{AB} = 850$  м.

### 7.3. Измерение углов на топографической карте (плане)

Как уже отмечалось, непосредственно на карте можно измерить дирекционный угол и истинный азимут направления. Измерение углов выполняют с использованием геодезического транспортира, который отличается от обычного только точностью нанесения шкалы. Для измерения дирекционного угла направления АВ необходимо отыскать указанные точки на карте и соединить их. Затем, из исходной точки провести линию, параллельную вертикальным линиям сетки карты. Приложить к построенной линии транспортир, ориентируя его отсчетом  $0^\circ$  на север, и измерить величину угла  $\alpha_{AB}$ .

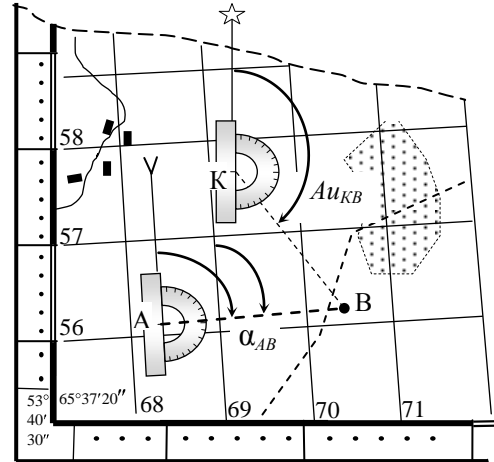


Рис. 61. Определение углов

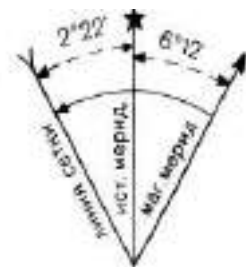
Если линия АВ пересекает хотя бы одну вертикальную линию сетки карты, то линию исходного направления можно не строить. При этом дирекционный угол измеряют относительно пересекаемой линии сетки карты (рис. 61). Для измерения величины истинного азимута направления необходимо выполнить те же действия, но линию исходного направления проводят параллельно западной или восточной сторонам рамки карты.

Для вычисления магнитного азимута направления необходимо сначала рассчитать значение магнитного склонения на текущий год. Для этого воспользуемся содержанием легенды, расположенной в юго-западном углу листа карты. В легенде указывается кроме среднего значения сближения меридианов на данный район, величина магнитного склонения на год съемки и ее годовое изменение.

Пример. Вычислить значение магнитного азимута направления на 2010 год, если истинный азимут равен  $Au_{AB} = 110^\circ 30'$ .

Решение. Пусть легенда карты содержит следующую информацию.

Склонение на 1985г. восточное  $6^\circ 12'$ . Среднее сближение меридианов западное  $2^\circ 22'$ . При прикладывании буссоли (компы) к вертикальным линиям координатной сетки среднее отклонение магнитной стрелки восточное  $8^\circ 34'$ . Годовое изменение склонения восточное  $0^\circ 05'$ . Поправка в дирекционный угол при переходе к магнитному азимуту минус  $8^\circ 34'$



Первоначально вычисляют суммарное изменение магнитного склонения за количество лет, прошедшее после съемки:

$$\Delta\delta = (2010 - 1985) \cdot (+ 0^\circ 05') = + 2^\circ 05'.$$

Затем рассчитывают магнитное склонение на 2010 год

$$\delta_{2010} = 6^\circ 12' + 2^\circ 05' = + 8^\circ 17'.$$

Используя формулу перехода от истинного азимута направления к магнитному азимуту, получим:

$$Am_{AB} = Au_{AB} - (\pm\delta) = 110^\circ 30' - 8^\circ 17' = 102^\circ 13'$$

#### 7.4. Определение абсолютных высот точек

Если точка лежит на горизонтали, то ее абсолютная высота (отметка) равна высоте самой горизонтали. Если точка лежит между горизонталями, то ее отметка определяется одним из способов.

Способ 1. Относительно основной (утолщенной) горизонтали, абсолютная высота которой обозначена на карте. Для этого необходимо выполнить следующие действия:

Найти на карте ближайшую к точке основную горизонталь с обозначенной абсолютной высотой. В зависимости от масштаба карты определить высоту сечения и направление ската (т.е. понижение высоты). Рассчитать абсолютные высоты горизонталей, между которыми располагается точка. С помощью линейки измерить величину заложения  $d$  между этими горизонталями и удаление точки от каждой из них (рис. 62).

Отметку точки А находят по зависимости

$$H_A = H_1 + \frac{h_c \cdot a}{d} = H_2 - \frac{h_c \cdot b}{d}$$

Пример. Найти отметку точки А на карте масштаба 1:25000 (рис. 62).

Решение. Зная отметку основной горизонтали, направление ската и высоту сечения найдем отметки  $H_1 = 130$  м,  $H_2 = 135$  м. Измерим величину заложения  $d$  и расстояния  $a$  и  $b$ . Пусть  $d = 1,0$  см,  $a = 0,6$  см,  $b = 0,4$  см.

Ответ:  $H_A = 130 + 0,6 \cdot 5 = 135 - 0,4 \cdot 5 = 133$  м

Способ 2. Относительно точки на карте с указанной абсолютной высотой (рис. 63). Для решения задачи данным способом необходимо первоначально определить отметку ближайшей к исходной точке горизонтали. Следует помнить, что от-

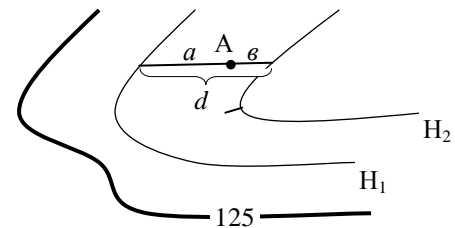


Рис. 62. Определение отметки точки

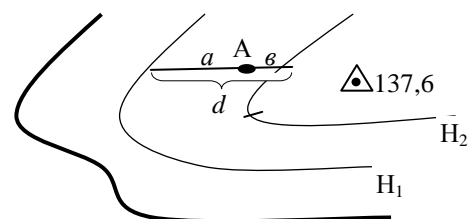


Рис. 63. Определение отметки точки

метки горизонталей всегда кратны высоте сечения. В зависимости от направления ската, отметка ближайшей горизонтали будет иметь значение ближайшее меньшее (большее) к исходной отметки и кратное высоте сечения. На рис. 63 отметка горизонтали  $H_2$  будет равна 135,0 м. Дальнейшее решение задачи аналогично первому способу.

### 7.5. Определение уклона линии

Под **уклоном линии** понимают вертикальный угол, образованный данной линией (скатом) с плоскостью горизонта.

Средний уклон линии можно найти двумя способами: графически и аналитически.

Для определения уклона линии (крутизны ската) графическим способом на топографической карте имеются специальные графики, называемые масштабом заложений. Один график построен для высоты сечения соответствующей масштабу карты, второй – ее пятикратному значению (рис. 64). Вторым графикам пользуются тогда, когда величина уклона большая и измерить заложение между соседними горизонталями с помощью циркуля-измерителя не представляется возможным. Для этого определяют величину заложения между утолщенными горизонталями.

Пример. Определить уклон линии АВ на карте масштаба 1:25000.

Решение. Взяв длину отрезка в раствор циркуля-измерителя, переносят его на график и считывают полученную величину уклона в градусах.

Ответ. В данном примере средний уклон линии равен примерно  $9^\circ$ .

Для определения уклона линии АВ аналитически используют зависимость:

$$i'_{AB} \% = \frac{H_B - H_A}{S_{AB}} \cdot 1000;$$

где:  $H_A$  – отметка точки А;

$H_B$  – отметка точки В;

$S_{AB}$  – расстояние между точками.

Пример. Найти уклон линии АВ, если по карте определены отметки точек и измерено расстояние:  $H_A = 133$  м;  $H_B = 158$  м;  $S_{AB} = 750$  м.

Решение. Подставляем найденные величины в формулу и находим уклон:

$$i'_{AB} \% = \frac{158 - 133}{750} \cdot 1000 = +33\%;$$

Следует иметь в виду, что если точки лежат на разных скатах, то необходимо вычислять несколько значений уклона относительно точки перегиба рельефа, при этом знаки уклонов будут чередоваться (рис. 65).

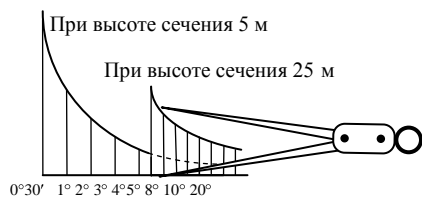


Рис. 64. Масштаб заложений

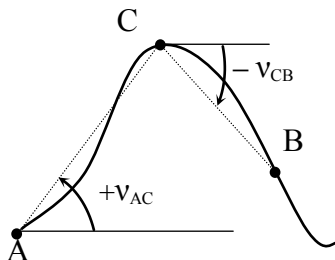


Рис. 65. Определение уклона относительно точки перегиба рельефа

## 7.6. Построение линии заданного уклона

При выполнении проектных работ различного рода часто возникает необходимость наметить на топографической карте (плане) трассу будущего сооружения с заданным уклоном. Пусть на карте масштаба 1:25 000 требуется наметить трассу шоссейной дороги между точками М и К, так чтобы ее уклон на всех участках не превышал  $v = 25\%$ . Высота сечения рельефа на плане  $h_c = 5$  м. Для решения задачи рассчитывают величину заложения, соответствующую заданному уклону и высоте сечения рельефа.

$$d = \frac{h_c}{i} = \frac{5}{0.025} = 200 \text{ м}$$

Полученное значение выражают в масштабе плана:

$$d' = \frac{200}{250} = 0,8 \text{ см.}$$

Раствором циркуля, равным заложению  $d'$ , из точки К засекают соседнюю горизонталь и получают точку 1, из точки 1 тем же раствором засекают следующую горизонталь, получая точку 2 и т. д. Соединив полученные точки, проводят линию с заданным уклоном (рис. 66).

Если рассчитанное заложение  $d'$  окажется меньше заложения между соседними горизонталями (т. е. уклон ската на данном участке меньше заданного), то на данном участке трасса проводится по направлению к конечной точке. Такой участок называется «вольным ходом» и при проектировании дорог расценивается как положительный фактор.

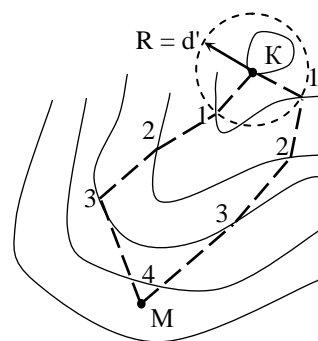


Рис. 66. Построение линии заданного уклона

Решение данной задачи позволяет наметить несколько вариантов трассы, из которых выбирают наиболее приемлемый с инженерно-экономической точки зрения.

### 7.7. Измерение площади объекта

Для определения площадей объектов, выраженных в масштабе карты, (участков леса, пашен, лугов, озер и т.п.) применяются различные способы: графический, аналитический или механический. Применение того или иного способа зависит от наличия времени, требуемой точности результата, размеров участка, условий местности и других факторов.

Различают следующие способы вычисления площадей объектов:

- геометрический;
- графический;
- аналитический;
- механический.

Сущность *геометрического способа* состоит в том, что участок на карте разбивается на простейшие геометрические фигуры – прямоугольники, трапеции, треугольники, площади которых вычисляются по общеизвестным формулам геометрии. Точность определения площади участка зависит от числа взятых фигур, масштаба карты и углов границ участка. Для повышения точности результата проводят повторные вычисления при новой разбивке участка. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из всех измерений.

Быстрый и сравнительно точный результат измерения площадей небольших участков с криволинейными контурами обеспечивает *графический способ* с применением квадратной или параллельной палеток. Палетку изготавливают из прозрачного материала и покрывают сеткой квадратов произвольных размеров исходя из условия, что чем меньше сторона квадрата, тем точнее будут результаты измерения. Палетку накладывают на измеряемую площадь и подсчитывают количество квадратиков (рис. 67а). При этом неполные квадраты подбирают на глаз так, чтобы они дополняли друг друга до целого. Затем, зная цену деления палетки, подсчитывают площадь по формуле:

$$S = n \cdot c,$$

где:  $n$  – число квадратиков в пределах площади;

$c$  – цена деления палетки (число единиц площади для данного масштаба карты). Например, при стороне квадратика 4 мм, площадь покрываемого им участка на плане масштаба 1:5000 составит  $400 \text{ м}^2$  ( $20 \text{ м} \times 20 \text{ м}$ ), а для масштаба 1:1000 соответственно  $16 \text{ м}^2$  ( $4 \text{ м} \times 4 \text{ м}$ ).

Для контроля измерения проводят неоднократно, поворачивая каждый раз палетку на 30...60°.

Недостатком применения квадратных палеток является то, что доли квадратиков оцениваются на глаз и подсчет число клеток затруднителен. Этого недостатка можно избежать при применении параллельных палеток (рис. 67б). Палетку накладывают на криволинейный контур участка так, чтобы какие-нибудь две линии палетки касались контура и измеряют длины отрезков  $a_1, a_2, \dots, a_n$ . Общая площадь участка будет равна:

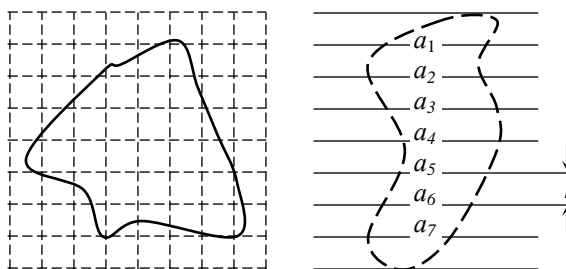


Рис. 67. Палетки:  
а) - квадратная; б) - параллельная.

$$S = h \sum_{i=1}^n (a_i \cdot M),$$

где:  $h$  – расстояние между линиями палетки, выраженное в масштабе карты;  
 $M$  – величина масштаба.

Полученное значение является площадью проекции реального участка местности на карте. Поэтому, если средний уклон участка превышает 3°, то фактическая его площадь будет равна:

$$S_{\phi} = \frac{S}{\cos i}.$$

Погрешность определения площади палеткой составляет 0,5...2,0%.

**Аналитический способ** вычисления площади применяется тогда, когда участок представляет собой многоугольник и известны или могут быть определены по карте координаты его вершин. Если участок имеет криволинейную форму, то его можно аппроксимировать прямолинейной фигурой. При этом, чем больше число точек аппроксимации, тем точнее будет вычислена площадь фигуры. Вычисления площади производят по одной из формул:

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1});$$

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}).$$

В этих формулах, если  $i = 1$ , то  $i-1 = n$ , и если  $i = n$ , то  $i+1 = 1$ . Записи и расчеты делают в специальном бланке (табл. 10).

Таблица 10. Ведомость вычисления площади полигона

№ точки	Координаты, м		$y_{i+1} - y_{i-1}$	$x_{i-1} - x_{i+1}$	$x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$	$y_i (x_{i-1} - x_{i+1})$
	$x$	$y$				

1	2	3	4	5	6	7
1	60580	74275	- 660	570	- 39982800	42336750
2	59050	74125	510	960	30115500	71160000
3	59620	74785	150	- 1530	8943000	- 114421050
			$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = - 924300$	$\Sigma = - 924300$
					$S = 462150 \text{ м}^2$	$S = 462150 \text{ м}^2$
					$S = 0.46 \text{ км}^2$	$S = 0.46 \text{ км}^2$
					$S = 46 \text{ га}$	$S = 46 \text{ га}$

Если в результате вычислений конечная сумма в графах 6 и 7 получается отрицательной, то знак минус опускают (не учитывают).

**Механический способ** определения площадей достаточно больших участков по планам и картам предполагает использование специального прибора – планиметра.

Планиметр был разработан в 1814 г. английским ученым Дж. Германом. Его усовершенствованная механическая модель была одновременно предложена в 1854 г. нашим соотечественником механиком А.Н. Зарубиным и немецким ученым А. Амслером. Такая модель получила название полярного планиметра.

Механический планиметр (рис. 68а) представляет собой устройство, состоящее из двух рычагов: полюсного 1 и обводного 2, соединенных шарнирно.

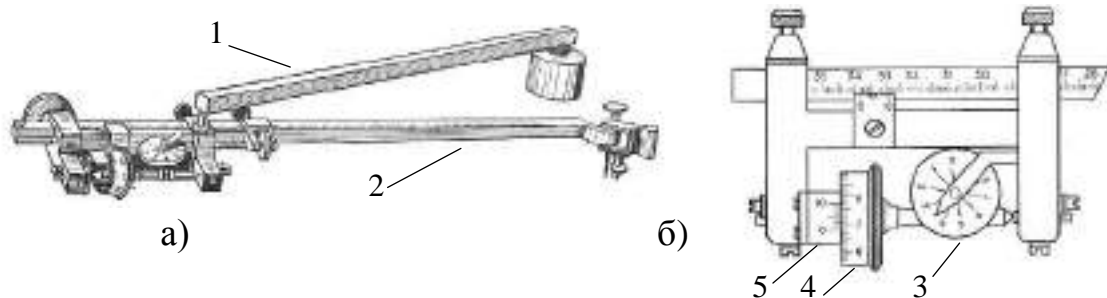


Рис. 68. Механический полярный планиметр

Один конец полюсного рычага закрепляется неподвижно на карте с помощью иглы или грузика. На конце обводного рычага имеется игла или линза, на которой нанесена окружность с обводной точкой в центре. Каретка имеет счетный механизм, который может передвигаться по обводному рычагу, меняя длину его плеча. Счетный механизм (рис. 68б) состоит из трех шкал: циферблата 3 – для снятия целого числа тысяч; барабана 4 – для снятия целого числа сотен и десятков; нониуса 5 – для снятия единиц отсчета.

При обводе контура участка обводной точкой линзы, ободок барабана катится или скользит по карте, при этом счетный механизм планиметра накапливает счет. Отсчеты со шкал счетного механизма берутся дважды: до начала обвода –  $N_{нач}$  и в конце –  $N_{кон}$ .



Перед измерением определяют цену деления планиметра, которая будет зависеть от масштаба карты и длины плеча обводного рычага. Для этого осуществляют обводку фигуры, площадь которой известна. В качестве такой фигуры удобно принимать один или несколько квадратов, образованных координатными линиями сетки карты. Вычисляют цену деления планиметра по формуле:

$$c = \frac{S_{\text{этал}}}{N_{\text{кон}} - N_{\text{нач}}},$$

где:  $S_{\text{этал}}$  – площадь эталонной фигуры;

$N_{\text{нач(кон)}}$  – начальный (конечный) отсчеты.

Выполняя измерения площади, обводку участка осуществляют трижды, каждый раз сбивая начальный отсчет  $N_{\text{нач}}$ . Расхождения в разности отсчетов в каждом приеме не должно превышать 5 единиц. Из трех полученных величин находят их среднее значение и вычисляют площадь по формуле:

$$S = c \cdot n_{\text{ср}},$$

где:  $n_{\text{ср}}$  – среднее значение разности отсчетов до и после обвода участка.

## 7.8. Решение прикладных задач на топографической карте

### 7.8. 1. Построение продольного профиля местности

**Профилем местности** называется чертеж, изображающий разрез местности вертикальной плоскостью, а направление на карте, вдоль которого строится профиль, – **профильной линией**.

Профиль дает наглядное представление о строении земной поверхности, по нему можно выявить закономерности размещения и взаимосвязи рельефа с другими элементами природной и социальной среды. Профили местности широко используются для решения многих научно-практических задач при разнообразных географических исследованиях, в инженерных изысканиях, в лесном и садово-парковом деле.

При построении профиля всегда следует учитывать, что на карте разности высот точек всегда меньше расстояний между ними. Поэтому для придания выразительности профилю применяют два масштаба - горизонтальный и вертикальный. При этом вертикальный масштаб, как правило, принимается в 5 – 10 раз крупнее горизонтального.

Профиль называется **полным**, если при его построении использованы все высотные данные по профильной линии (все горизонтали, полугоризонтالي и отметки высот). Для определения видимости между точками иногда достаточно построить не полный, а **сокращенный** профиль. Для построения

сокращенного профиля используют не все горизонтали, а только те, которые определяют границы подъемов и спусков, а также резкие перегибы скатов.

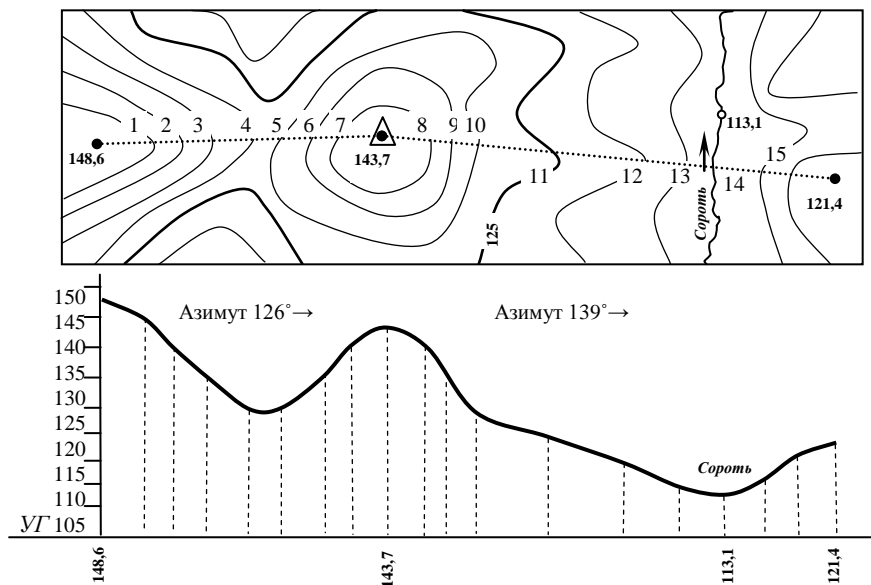


Рис. 69. Продольный профиль участка местности

Порядок построения полного профиля участка местности (рис. 69):  
соединить на карте точки, между которыми строится профиль, прямой линией и отметить точки пересечения с горизонталями и местными предметами линейного типа;

с учетом высоты сечения и направления ската, вычислить отметки (высоты) полученных точек;

определить превышение между самой высокой и самой низкой точками и установить вертикальный масштаб профиля;

выбрать значение условного горизонта таким образом, чтобы его линия не пересекалась с линией профиля (например,  $УГ = 105$  м);

измерить расстояние между точками 1, 2, 3 и т.д., выбрать горизонтальный масштаб построения профиля;

на листе бумаги провести горизонтальную линию и на ней в выбранном горизонтальном масштабе последовательно отложить отрезки равные измеренным расстояниям;

из конца каждого отрезка восстанавливают перпендикуляр до отметки соответствующей его высоте;

полученные точки соединяют от руки плавной линией.

### 7.8.2. Определение объемов элементов рельефа

По топографической карте можно вычислить объемы горы или котловины. Для этого формы рельефа делят на части, ограниченные двумя соседними горизонталями. Каждую такую часть можно приближенно принять за усеченный конус (рис. 70), объем которого будет равен:

$$V_i = 0,5(S_i + S_{i+1})h_c;$$

где:  $S_i$  и  $S_{i+1}$  – площади участков ограниченные соседними горизонталями;  $h_c$  – высота сечения рельефа.

Площади  $S$  измеряют планиметром. Объем верхней части  $V_B$  вычисляют как объем конуса, площадь основания которого равна  $S_B$ , а высота  $h$  – разность отметок верхней точки и горизонтали, ограничивающей основание конуса:

$$V_B = \frac{1}{3} \cdot S_B \cdot h.$$

Объем всей фигуры будет равен сумме объемов ее отдельных частей.

### 7.8.3. Построение полей невидимости

Участок земной поверхности, не просматриваемый из какой-либо точки наблюдения, называется **полем невидимости**. Для того, чтобы определить участки местности ненаблюдаемые вдоль профильной линии с какой-либо точки необходимо (рис. 71):

нанести точку наблюдения на профиль местности;

провести от точки наблюдения прямые линии (лучи зрения), касающиеся вершин укрытий, и отметить за укрытиями ненаблюдаемые участки. На рисунке 71 не просматриваемые с точки наблюдения А участки местности затенены.

Если из точки наблюдения провести лучи зрения в нескольких направлениях и определить не просматриваемые участки, а затем объединить их, то получим не просматриваемую зону.

### 7.8.4. Решение специальных прикладных задач

Основу содержания топографических карт составляют графические условные знаки. В дополнение к ним для количественно-качественных характеристик местных предметов применяют буквенно-цифровые обозначения. По буквенно-цифровым обозначениям можно решать различные практиче-

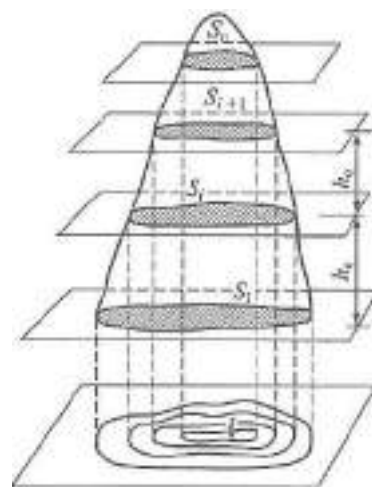


Рис. 70. Схема определения объема по карте



Рис. 71. Поля невидимости

ские задачи. Например, по цифровым характеристикам условных знаков можно определить примерный объем заготовки древесины с 1га площади лесного массива (рис. 72).

Расчеты производятся в следующем порядке:

1. Определяют средние характеристики лесного массива по цифровым обозначениям условного знака: породу деревьев, высота стволов –  $h$ , диаметр –  $D$ , расстояние между деревьями –  $L$ .

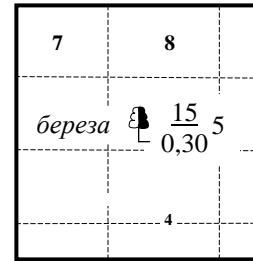


Рис. 72. Участок лесного массива

2. Принимая ствол дерева за усеченный конус, определяют его объем в кубических метрах:

$$V_1 = \pi \cdot R^2 \cdot h \cdot K ;$$

где:  $R$  – радиус ствола;

$K$  – видовое число, характеризующее полезный объем древесины (ель, сосна – 0,6-0,7; бук, осина – 0,5; береза – 0,35-0,4).

3. Вычисляют площадь, занимаемую одним деревом:

$$S_1 = \pi \cdot \frac{L^2}{4} ;$$

4. Определяют количество деревьев (стволов), которое произрастает на площади в 1га:

$$N = \frac{10000}{S_1} ;$$

5. Находят объем заготовки березовой древесины:

$$V = V_1 \times N$$

Пример. По характеристикам лесного массива на топографической карте (рис. 72) определяем: средняя высота стволов – 15м., диаметр – 0,3м., среднее расстояние между деревьями – 5м. Необходимо определить примерный объем заготовки древесины с 1га площади леса.

Решение.  $V_1 = 3,14 \times 0,15^2 \times 15 \times 0,4 = 0,42$  куб.м.;  $S_1 = 3,14 \times 5^2 : 4 = 19.64$  кв.м.

$N = 10000 : 19.64 = 509$  шт.

Ответ:  $V = 509 \times 0,42 = 214$  куб.м.

Знание условных знаков и умение грамотно читать топографическую карту, позволяет решать и другие специализированные задачи. Так, например, определять границы водосборной площади, с которой по условиям рельефа вода атмосферных осадков стекает в водоток. Для решения этой задачи на указанной территории (рис. 73) определяют седловину (точка В) и примыкающие к ней вершины (точки А, С) и намечают линию водораздела АВС. От заданной точки водотока Р по водоразделам проводят линии до точек А и С.

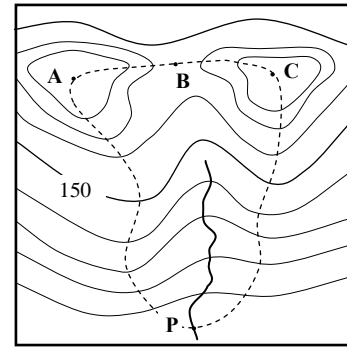


Рис. 73. Водосборная площадь

Полученная замкнутая кривая линия, ограничивает водосборную площадь для точки Р.

Если нужно представить вид земной поверхности с какой-либо точки,

необходимо построить силуэт местности. Для этого вначале находят все водораздельные линии и на каждую из них строят продольный профиль. Изображают при этом только те части профиля, которые не закрываются впереди лежащими возвышенностями (рис. 74).

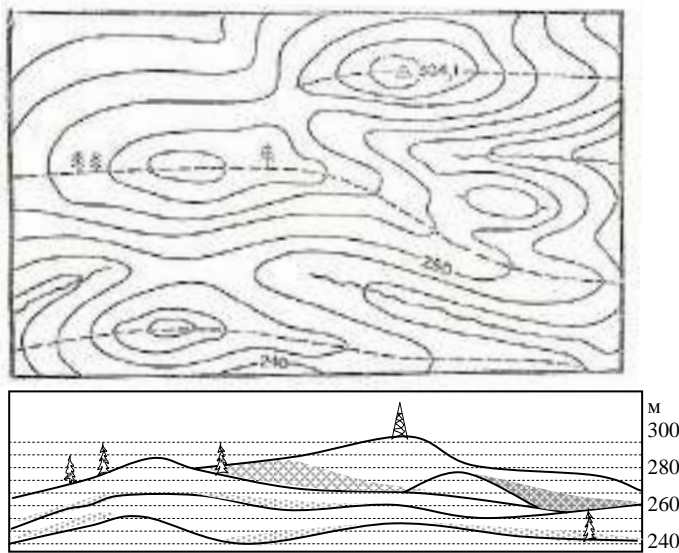


Рис. 74. Силуэт местности

Если две поверхности, изображенные горизонталями на картах одного масштаба, совместить, то можно произвести сложение и вычитание рельефа поверхностей. При

этом получится новая карта с горизонталями сумм или разностей. Задача сложения поверхностей может возникнуть, например, при подсчете мощности различных отложений. Вычитание одной поверхности из другой применяется при подсчете объема снесенного и отложенного материала, при определении поверхности стока воды и в других случаях.

Пусть требуется суммировать две поверхности А и Б (рис. 75а). Совместим обе карты и в точках пересечения горизонталей определим суммы, и по ним проведем новые горизонтали А + Б.

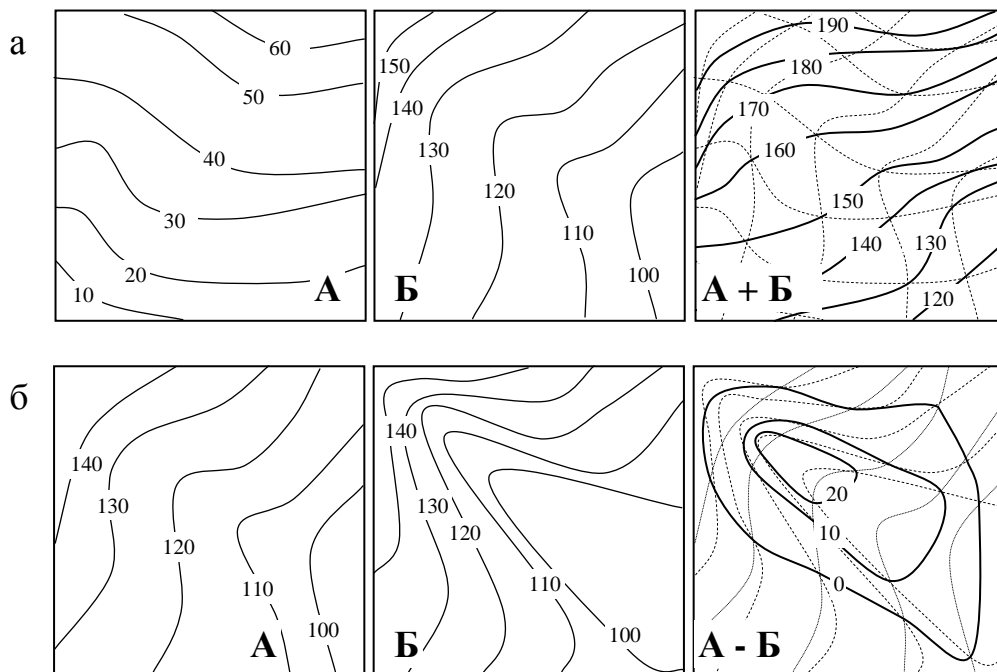


Рис. 75. а) Сложение; б) Вычитание рельефа

Графическое вычитание поверхностей рассмотрим на конкретном примере (рис. 75б). Здесь приведены два изображения одного и того же участка местности, но выполненные в разное время. На первом фрагменте (а) показана начальная стадия эрозии грунта, а на втором (б) – сформировавшийся овраг. Для подсчета объема снесенного грунта необходимо получить разность поверхностей А – Б.

Как и в предыдущем примере, горизонталы совмещают на общей основе, а затем точки пересечения одноименных горизонталей соединяют плавной кривой. Получилась нулевая линия т.е., в данных точках рельеф не подвергся изменению. Способ проведения остальных горизонталей аналогичен получению карты суммы рельефов. Получив карту разности, можно подсчитать объем снесенного грунта.

## Глава 8. Ориентирование на местности

Сущность ориентирования на местности состоит в том, что бы определить свое местоположение относительно сторон горизонта и окружающих местных предметов, найти нужное направление движения и умения выдержать это направление в пути.

Особенно важно знать приемы и правила ориентирования тем людям, которые по роду своей профессиональной деятельности или увлечениям вынуждены находиться далеко от знакомых мест. Это геологи, поисковики, ра-

ботники лесного хозяйства, охотники, туристы, да и просто любители погулять по лесу в поисках грибов и ягод.

Умение правильно ориентироваться помогает не заблудиться на незнакомой местности: в лесу, в горах, в пустыне, в условиях ограниченной видимости и найти дорогу домой.

Ориентирование может осуществляться по топографической карте, с использованием спутниковых навигационных приборов или компаса, а так же и без карты.

### 8.1. Ориентирование на местности без карты

Ориентирование на местности без карты заключается в определении сторон горизонта (направлений на север, восток, юг, запад) и своего местоположения на местности относительно ориентиров. Ориентирование без карты производится, как правило, на ограниченной площади.

Направления на стороны горизонта взаимосвязаны между собой. Если известно хотя бы одно из них, то можно определить и остальные. Например, если известно направление на север, то в противоположном направлении будет юг, справа – восток, а слева – запад. Направление север – юг называется **полуденной линией**.

Основными способами ориентирования без карты являются ориентирование по компасу, по небесным светилам (Солнце, Луна, Полярная звезда), по местным предметам.

Ориентирование по компасу позволяет наиболее точно и быстро определить стороны света, так как один из концов стрелки всегда показывает направление на север.

**Компас** состоит из корпуса 1 (рис. 76), в центре которого на острие иглы помещена магнитная стрелка 3. В нерабочем состоянии магнитная стрелка прижата к стеклянной крышке тормозом 5. При незаторможенном состоянии стрелки ее северный конец устанавливается в направлении на Северный магнитный полюс, а южный – в направлении на Южный магнитный полюс.

Для снятия отсчетов магнитных азимутов направлений, имеется круговая шкала 2 (лимб). Для визирования на местные предметы и снятия отсчетов по шкале компаса на вращающемся кольце закреплено визирное приспособление (целик и мушка) 6 и указатель отсчета 4. Северный конец магнитной стрелки, указатели отсче-

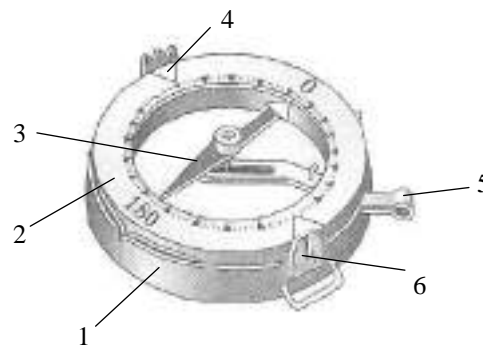


Рис. 76. Устройство компаса

тов и деления на шкале через  $90^\circ$  покрыты светящейся в темноте краской, что облегчает использование компаса ночью.

Для определения направлений на стороны горизонта по компасу необходимо:

вращением кольца установить указатель отсчета, расположенный против мушки, на нулевой отсчет по шкале;

придать компасу горизонтальное положение и отпустить тормоз магнитной стрелки;

повернуть компас в горизонтальной плоскости так, чтобы северный конец стрелки совпал с нулевым отсчетом шкалы;

затем, не меняя положения компаса, визируют (смотрят) через целик и мушку и замечают на линии визирования удаленный ориентир, который используют для указания направления на север с точки стояния.

Для определения магнитного азимута на какой-либо местный предмет, необходимо, не сбивая ориентирования стрелки компаса на север, повернуть мушку в сторону ориентира и напротив указателя отсчетов снять по шкале полученное значение (рис. 77). Для отыскания на местности направления заданного азимута, решают обратную задачу.

До начала работы с компасом, необходимо установить пригодность компаса, т.е. проверить чувствительность магнитной стрелки. Для этого к компасу в рабочем состоянии подносят какой-нибудь металлический предмет и затем его убирают. Если магнитная стрелка после каждого смещения устанавливается на прежнем отсчете, она достаточно чувствительна. При работе с компасом следует всегда помнить, что под влиянием сильных электромагнитных полей или близко расположенных металлических предметов стрелка отклоняется от направления вдоль магнитного меридиана. Поэтому при определении сторон горизонта необходимо отходить от линий электропередачи, железнодорожного полотна, техники и крупных металлических предметов на расстояние 40–50 м. Нельзя использовать компас в районах магнитных аномалий и на широтах более  $60^\circ$ .

При отсутствии компаса или в районах магнитных аномалий стороны горизонта приближенно можно определить *по небесным светилам*, днем – по Солнцу, а ночью – по Полярной звезде или Луне.

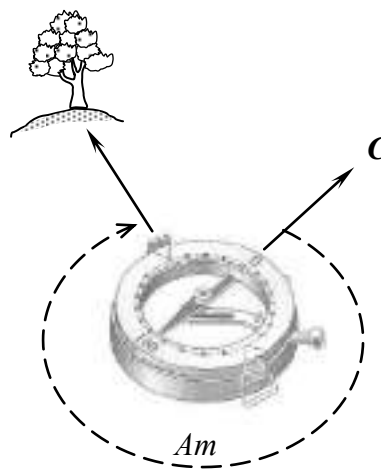


Рис. 77. Определение магнитного азимута направления



**Солнце** совершает по небосклону свой видимый путь с востока на запад по ходу часовой стрелки с угловой скоростью в среднем  $15^\circ$  в час.

Направление на стороны горизонта определяется по местам восхода и захода Солнца. Места восхода и захода Солнца по временам года различны: зимой Солнце восходит на юго-востоке и заходит на юго-западе; летом Солнце восходит на северо-востоке и заходит на северо-западе; весной и осенью Солнце восходит на востоке и заходит на западе.

В полдень (13 часов по зимнему времени и в 14 часов по летнему времени) Солнце всегда находится в направлении юга. Самая короткая тень от местных предметов, расположенных вертикально (например, дерево, столб и т.п.) получается в полдень. Направление тени от вертикально расположенных местных предметов в полдень будет указывать направление на север.

В другое время направление на юг определяется с использованием часов в следующем порядке. Вращая часы в горизонтальной плоскости, направляют часовую стрелку на Солнце (рис. 78). Затем делят пополам угол между часовой стрелкой и направлением на цифру 1 циферблата часов при зимнем времени (направлением на цифру 2 при летнем времени). Линия, разделяющая этот угол, указывает приближенное направление, в котором Солнце находится в полдень, то есть направление на юг. До полудня надо делить пополам дугу (угол) на циферблате часов, которую часовая стрелка должна пройти до 13 (14) часов, а после полудня ту, которую она прошла после 13 (14) часов.

Угол делят пополам потому, что Солнце совершает кажущийся путь вокруг Земли за 24 ч. За это время часовая стрелка обходит циферблат дважды. Поэтому биссектриса угла показывает направление, в котором светило должно находиться в полдень, то есть направление на юг.

Рассмотренный способ дает сравнительно правильные результаты в северных широтах и зимой. Летом и особенно в южных широтах ошибки могут достигать более  $25^\circ$ .

Направление на юг можно определить по Солнцу и таким способом. Известно, что видимое перемещение Солнца по небосклону составляет примерно  $15^\circ$  в час. Если, например, в 16.00 зимой спроектировать светило на линию горизонта, заметить в этом направлении ориентир и отложить от него влево  $45^\circ$  (угол, на который Солнце переместилось после 13.00), то это

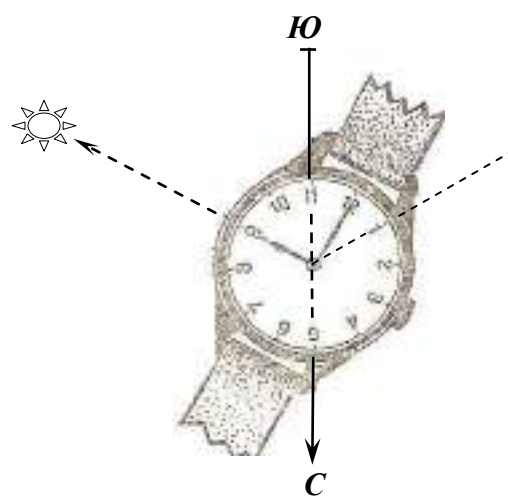


Рис. 78. Определение сторон горизонта по Солнцу и часам

направление и будет направлением на юг. До полудня угол надо откладывать вправо. Для откладывания угла можно, например, использовать компас.

В звездную ночь стороны света можно определить по **Полярной звезде**. Эта звезда всегда находится в направлении на север (рис. 79). Чтобы отыскать Полярную звезду, надо найти созвездие Большой Медведицы, которое по своему виду напоминает ковш из семи широко расставленных довольно ярких звезд. Если 2 крайние звезды созвездия Большой Медведицы соединить

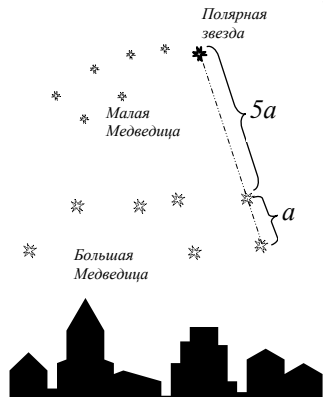


Рис. 79. Ориентирование по Полярной звезде

линией и мысленно продолжить эту линию примерно на 5 расстояний между этими звездами, то около конца этой линии мы заметим яркую звезду. Эта яркая звезда и будет Полярной звездой. Она находится в хвосте другого созвездия, называемого Малой Медведицей. Став лицом к Полярной звезде, мы получим направление на север.

Точность определения направления по Полярной звезде составляет  $2-3^\circ$ .

В лунную ночь можно ориентироваться по **Луне**. Во время полнолуния Луна в 19 часов находится на востоке, в 1 час – на юге и в 7 часов – на западе. Во время первой четверти Луна находится в 19 часов на юге и в 1 час – на западе. Во время последней четверти Луна находится в 1 час на востоке и в 7 часов – на юге (рис. 80).

В лунную ночь можно ориентироваться по **Луне**. Во время полнолуния Луна

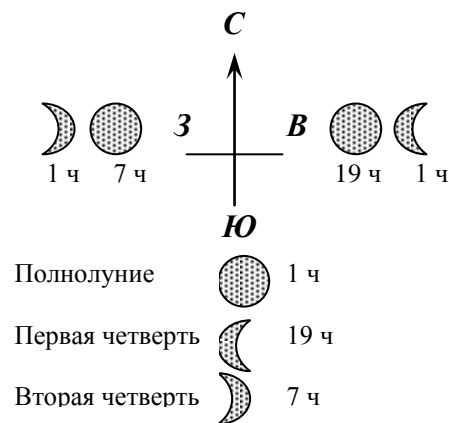


Рис. 80. Ориентирование по Луне

В другое время направление на юг определяется с использованием часов. При этом стороны горизонта определяют более точно, когда виден весь диск Луны (полнолуние). Полная Луна в любое время находится в стороне, противоположной Солнцу. Разница во времени их местоположения составляет ровно 12 ч. Эта разница на циферблате часов не видна, так как в 1 ч и в 13 ч (соответственно в 2 ч и в 14 ч по летнему времени) часовая стрелка будет находиться на одном и том же месте. Поэтому стороны горизонта по полной Луне определяют так же, как и по Солнцу.

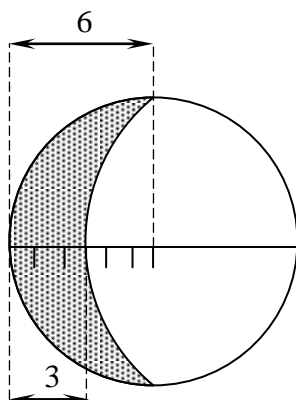


Рис. 81. Ориентирование по Луне и часам

Если Луна неполная (прибывает или убывает), то нужно вначале разделить на глаз радиус диска Луны на шесть равных частей (рис. 81), определить, сколько таких частей содержится в по-

перечнике видимого серпа Луны, и заметить время по часам. Затем из этого времени надо вычесть (если Луна прибывает) или прибавить (если Луна убывает) количество частей, содержащихся в поперечнике видимого серпа Луны. После этого Луну рассматривают как Солнце, направляют на нее ту цифру циферблата, которая соответствует рассчитанному часу, и находят направление на юг, как это делается по Солнцу и часам.

Например, время наблюдения зимой 4 ч. Видимая часть диска Луны в поперечнике содержит по оценке на глаз три шестых радиуса ее диска (см. рисунок). Луна убывает. Следовательно, Солнце будет находиться в том направлении, где в данное время находится Луна, в 7 ч ( $4.00 + 3.00 = 7.00$ ). Направляем цифру 7 на циферблате часов на Луну. Угол между цифрами 7 и 1 делим пополам и получаем направление на юг.

Чтобы не ошибиться, когда брать разность, а когда сумму, полезно пользоваться мнемоническим правилом, показанным на рис. 82.



В некоторых случаях стороны горизонта могут быть определены по признакам местных предметов. Многие признаки обусловлены расположением местных предметов по отношению к Солнцу (рис. 83):

Рис. 82. Правило определения фаз Луны

мхи и лишайники на коре деревьев, на больших камнях, скалах, старых деревянных строениях сосредоточены преимущественно на северной стороне. Если мох растет по всему стволу дерева, то на северной стороне его больше, особенно около корня;

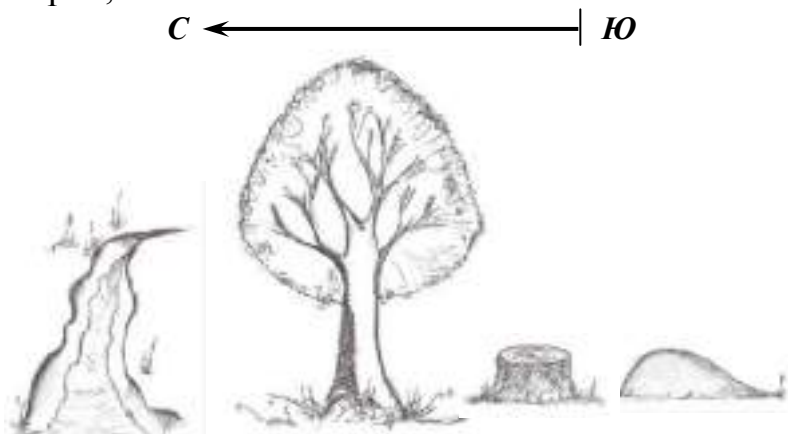


Рис. 83. Определение сторон света по местным предметам

кора деревьев с северной стороны обычно грубее и темнее, чем с южной стороны. Особенно хорошо это заметно на березе;

в жаркое время года на стволах хвойных деревьев выделяется больше смолы с южной стороны;

весной на северных окраинах лесных полян трава более густая, чем на южных;

около отдельных деревьев, столбов, больших камней трава растет гуще с южной стороны;

муравейники, как правило, находятся к югу от ближайших деревьев и пней, южная сторона их более пологая, чем северная;

в оврагах, по берегам рек, ручьев снег быстрее подтаивает на северных берегах, в результате образуются зазубрины–шипы, направленные к югу;

просеки в лесах ориентируются в направлении север-юг или запад-восток, а нумерация кварталов идет с запада на восток и далее на юг;

на пнях спиленных деревьев годовые кольца теснее расположены к северной стороне и реже – к южной.

Все перечисленные признаки не дают точного ответа о направлении сторон света. Поэтому для более точного ориентирования необходимо использовать несколько признаков совместно.

В солнечный день определить стороны света достаточно точно можно по тени от какого-либо линейного предмета, например палки, столба или от самого себя.

Линия, соединяющая отметки оконечности тени, сделанные через небольшой промежуток времени, будет приблизительно указывать направление на восток и запад (рис. 84). Для этого выберите ровный горизонтальный участок земли, воткните в землю палку так, чтобы она отбрасывала отчетливую тень. Место, где кончается тень надо отметить камнем, палочкой или любым другим способом. Первая метка всегда будет показывать на запад.

Через 15-20 минут, когда тень сместится на несколько сантиметров, делают вторую отметку и соединяют обе отметки прямой линией. Эта линия будет приблизительно ориентирована по оси восток-запад. Чем выше палка и больше интервал времени между отметками, тем точнее будут определены направления.

Для уверенного ориентирования и движения по незнакомой местности без карты необходимо уметь определять расстояния до местных предметов и время суток.

Определить примерное расстояние можно одним из следующих способов.

**Определение расстояния шагами.**

*Определение расстояния шагами.*

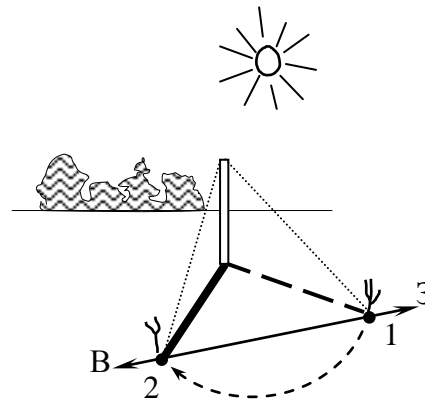


Рис. 84. Ориентирование по тени

Измерение расстояний шагами применяется обычно при движении по азимуту, составлении схем местности и в других случаях. Счет удобнее вести парами шагов, отсчитывая их под правую или левую ногу. Для определения расстояния по своим шагам надо знать их длину. Средняя длина пары шагов условно может быть принята равной 1,5 м. Длину своего шага достаточно точно можно определить измерением или по формуле:

$$L = \frac{P}{4} + 0,37,$$

где:  $L$  – длина одного шага, м;

$P$  – рост человека, м.

Например, если рост человека 1,72 м, то длина его шага будет равна

$$L = 1,72 : 4 + 0,37 = 0,8 \text{ м.}$$

Если расстояние измеряется бегом, то счет ведется на пятерки шагов. При измерении больших расстояний каждую сотню отсчитанных пар шагов отмечают записью, загибанием пальцев или другим способом. Более удобно пользоваться специальным прибором – шагомером.

Средняя ошибка измерения расстояний шагами в зависимости от условий движения составляет около 2 – 5% от пройденного расстояния.

Если необходимо определить расстояние до места выстрела или района грозы, то это можно сделать **по соотношению скоростей звука и света**. Данный способ основан на том, что звук распространяется в воздухе со скоростью 330 м/с, то есть примерно 1 км за 3 с, а свет – практически мгновенно (300 000 км/с). Таким образом, расстояние в километрах до места удара молнии (выстрела) равно числу секунд, прошедших от момента вспышки до момента, когда был услышан раската грома (звук выстрела), деленному на 3.

Например, наблюдатель услышал гром через 11 с после вспышки молнии. Следовательно, расстояние до грозы равно  $11 : 3 = 3,7$  км.

#### **Определение расстояния построением подобных треугольников**

При определении расстояния до недоступных предметов используют различные приемы, связанные с построением подобных треугольников.

Простейший дальномер это линейка. Для измерения расстояния с помощью линейки необходимо знать примерную высоту предмета, до которого определяется расстояние. Так, рост человека в метрах равен 1,7, колесо велосипеда имеет высоту 0,75, всадник – 2,2, телеграфный столб – 6, одноэтажный дом без крыши 2,5 – 4 метра.

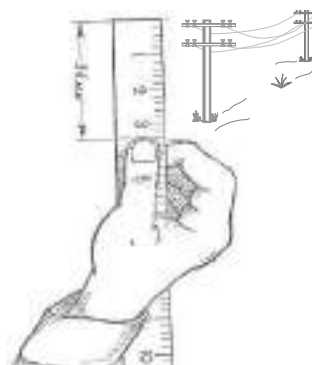


Рис. 85. Измерение расстояния с помощью линейки

Допустим, надо определить расстояние до телеграфного столба. Направляем на него линейку на вытянутой руке (рис. 85), длина которой у взрослого человека равна приблизительно 60 см. Пусть на линейке изображение столба заняло 34 миллиметра. Тогда нетрудно составить такую пропорцию: *длина руки / расстояние до столба = отрезок линейки / высота столба*.

Отсюда следует, что расстояние до столба будет равно:

$$0,60 : X = 0,034 : 6,0 \Rightarrow X = 0,60 \cdot 6,0 : 0,034 \approx 106 \text{ метров.}$$

Для измерений с помощью построения подобных треугольников полезно знать некоторые «походные эталоны»:

- длина «четверти», то есть расстояние между донцами расставленных большого пальца и мизинца, 18 – 22 см;
- длина указательного пальца от основания большого пальца 11 – 13 см, от основания среднего 7 – 8 см;
- наибольшее расстояние между концами большого и указательного пальцев 16 – 18 см, между концами указательного и среднего пальцев 8 – 10 см;
- расстояние между концами разведенных горизонтально рук человека обычно равно его росту;
- расстояние от глаз наблюдателя до поднятого большого пальца вытянутой руки 60 – 70 см;
- ширина указательного пальца около 2 см., ширина его ногтя 1 см;
- ширина четырех пальцев ладони 7 – 8 см.

Линейные размеры отдельных предметов приведены в табл. 11.

Таблица 11. Линейные размеры некоторых предметов

Предмет	Размеры, м		
	высота	длина	ширина
Гусеничный трактор	2–2,5	5–6	3–3,5
Колесный трактор	2–2,5	5–6	2–2,4
Грузовой автомобиль	2–2,5	5–6	2–3,5
Легковой автомобиль	1,6	4	1,5
Пассажирский вагон четырехосный	4	20	3
Железнодорожная цистерна четырехосная	3	9	3
Деревянный столб линии связи	5–7		
Человек среднего роста	1,7		

### ***Оценка расстояния глазомером и по слышимости звуков***

Глазомерно расстояние до предмета можно определить сравнением с другим, заранее известным расстоянием, например, с расстоянием до отдельных местных предметов.

На точность глазомерного определения расстояний существенно влияют условия наблюдения:

- ярко освещенные предметы кажутся ближе слабо освещенных;
- в пасмурные дни, дождь, сумерки, туман все наблюдаемые предметы кажутся дальше, чем в солнечные дни;
- крупные предметы кажутся ближе мелких, находящихся на том же расстоянии;
- предметы яркой окраски (белой, желтой; оранжевой, красной), кажутся ближе темных (черных, коричневых, синих);
- в горах, а также при наблюдении через водные пространства предметы кажутся ближе, чем в действительности;
- при наблюдении лежа предметы кажутся ближе, чем при наблюдении стоя;
- при наблюдении снизу вверх предметы кажутся ближе, а при наблюдении сверху вниз - дальше;
- при наблюдении ночью светящиеся объекты кажутся ближе, а затемненные дальше, чем в действительности.

Для глазомерной оценки расстояния можно использовать следующую таблицу.

Таблица 12. Расстояния начала видимости предметов

Наименование предметов	Расстояние
Дневное время:	
Населенные пункты	10...12 км
Отдельные небольшие дома	5 км
Окна в домах (без переплета)	4 км
Трубы на крышах	3 км
Отдельные деревья	2 км
Люди (в виде точек)	1,5...2 км
Движения ног, рук человека	700 м
Переплеты оконных рам	500 м
Голова человека	400 м
Цвет и части одежды	250...300 м
Листья на деревьях	200 м
Черты лица, кисти рук	100 м
Ночное время:	
Горящий костер	6...8 км
Свет карманного фонаря	1,5...2 км
Горящая спичка	1...1,5 км
Огонь папиросы	400...500 м

Глазомерно расстояние до 1 км при достаточной опытности можно определить со средней ошибкой порядка 10 – 20% дальности. При определении больших расстояний ошибка может достигать до 30 – 50%.

Натренированный слух – хороший помощник в определении расстояний ночью. Успешное применение этого способа во многом зависит от выбора места для прослушивания. Оно выбирается таким образом, чтобы ветер не попадал прямо в уши. Вокруг в радиусе нескольких метров устраняются источники шума, например сухая трава, ветки кустарника и т.п. В безветренную ночь при нормальном слухе различные источники шумов могут быть слышны на дальностях, указанных в таблице 13.

Таблица 13. Дальность слышимости различных источников шума

Источник шума	Дальность слышимости, м
Шаги человека, треск сломанной ветки	40...80
Негромкий разговор, кашель	100
Рубка или пилка леса (стук топора)	300
Падение срубленных деревьев	800
Движение автомобиля по шоссе	500...1000
Громкий крик	800...1000
Лай собак, ржанье лошадей	1000...2000
Одиночный выстрел	2000...3000
Движение трактора по грунтовой дороге	2000...3000
Шум идущего поезда	5000...10000

### ***Оценка времени.***

При ориентировании на местности часто возникает необходимость в определении времени суток. Особенно это важно при планировании переходов, расчете выхода в нужную точку и т.п.

Определить время можно по Солнцу (солнечные часы), Луне, звездам и отдельным явлениям природы, имеющим суточный ритм развития. Умение определять время без часов важно не столько на случай потери или поломки последних, сколько для развития наблюдательности и осуществления различных видов наблюдения над природой.

Для ориентировочной оценки времени в ясные летние дни можно использовать цветы. Ниже приводится таблица с указанием часов, в которые раскрываются и закрываются некоторые цветы, наиболее часто встречающиеся в средней полосе нашей страны.

Таблица 14. Время открытия и закрытия цветов

Названия растений	Цветы раскрываются (часы)	Цветы закрываются (часы)
Козлобородник луговой	4—5	10—11
Цикорий	5—6	15—19



Шиповник полевой	5—6	20—21
Одуванчик	6—7	15—18
Осот полевой	7—8	11—12
Лен полевой	7—8	17—18
Ястребинка зонтичная	7—8	18—19
Кувшинка белая	8—9	19—20
Фиалка трехцветная	8—9	16—17
Гвоздика полевая	10—11	14—15
Ноготки полевые	10—11	16—17
Кислица	10—11	18—19
Мать-и-мачеха	10—11	18—19
Табак душистый	20—21	
Смолевка	21—22	
Фиалка ночная	21—22	

## 8.2. Способы движение по азимуту.

Движение по азимуту заключается в определении на местности нужного направления, заданного азимутом, и выдерживании этого направления в пути до выхода к намеченному пункту. В походе к движению по азимуту обычно прибегают на закрытой местности или в бездорожье, для чего заранее по карте определяют магнитные азимуты и расстояние до ориентиров.

### *Движение с использованием промежуточных ориентиров.*

При движении по азимуту практическая точность выхода на ориентир составляет обычно до одной десятой пройденного маршрута. Поэтому всегда желательно намечать на маршруте промежуточные ориентиры. Для этого перед движением устанавливают визирное приспособление компаса на нужное направление и ориентируют компас. Затем визируют в нужном направлении (или рядом с ним) какой-нибудь ярко выраженный и не очень отдаленный ориентир, к которому и двигаются. Достигнув ориентира, операцию повторяют вновь. При определении направления надо следить, чтобы северный конец стрелки компаса совпадал с отметкой севера на его лимбе.

При движении по азимуту на пути могут встретиться значительные по ширине препятствия, например озеро или болото. Для строгого выдерживания общего направления обходить их желательно по ломаной прямой с наименьшим количеством «колен». При обходе следует четко записать величины промежуточных азимутов и расстояния, пройденные по ним. Чтобы не сбиться с правильного направления, полезно в процессе движения вычертить на листе блокнота (на планшете), путь обхода с углами и длинами «колен» (рис. 86).

### *Движение без четких ориентиров.*

В поле, тундре, степи, где нет ориентиров, или при плохой видимости можно двигаться методом створа. Руководит движением, в данном случае, тот кто идет последним. Он видит всю цепочку и может сопоставить ее направление с заданным азимутом, а при необходимости предупредить об отклонениях.

При наличии Солнца (Луны, звезд) можно двигаться по азимуту, замерив угол направления по отношению к этим небесным телам. Через каждые полчаса их положение на небе надо уточнять с помощью компаса. Из приемов такого ориентирования наиболее распространено ориентирование по своей тени.

В густом лесу для выдерживания направления рекомендуется поочередно обходить встречающиеся препятствия (деревья, кусты, завалы и т.п.) то с левой, то с правой стороны.

### 8.3. Ориентирование по карте

Для ориентирования на местности с помощью топографической карты первоначально необходимо ориентировать саму карту.

Ориентировать карту – значит придать ей такое положение в горизонтальной плоскости, при котором верхняя (северная) сторона ее рамки будет обращена на север. При таком положении карты местные предметы и формы рельефа на местности соответствуют расположению их условных знаков на карте, а линейные ориентиры на местности и карте параллельны.

Ориентирование карты, когда известно свое местоположение (точка стояния), может быть выполнено по линейному ориентиру или по направлению на ориентир.

**По линейному ориентиру** карта может быть ориентирована приближенно или точно.

При приближенном ориентировании по линейному ориентиру (по дороге, линии электропередач, просеке и т.п.) карту поворачивают так, чтобы направление условного знака совпадало с направлением ориентира на местности. Необходимо только убедиться в том, что предметы справа и слева от

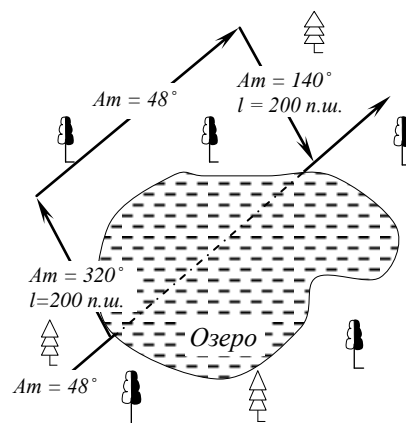


Рис. 86. Обход препятствия



Рис. 87. Ориентирование карты по линейному ориентиру

этого линейного ориентира имеют такое же расположение, как и на карте. Если это условие выполнено, то карта ориентирована правильно (рис. 87).

Для точного ориентирования карты использует визирную линейку или карандаш для визирования вдоль линейного контура.

**По направлению на ориентир** карту ориентируют так же, как и по линейному ориентиру. Отличие состоит в том, что вместо удаленного ориентира используют направление от точки стояния на какой-либо удаленный местный предмет: дерево, геодезический знак, мост и т.д., то есть на точечный ориентир (рис. 88).

При приближенном ориентировании карты этим способом ее поворачивают в горизонтальном положении так, чтобы мысленно проведенное на карте направление от точки стояния на условный знак местного предмета примерно совпало с этим направлением на местности.

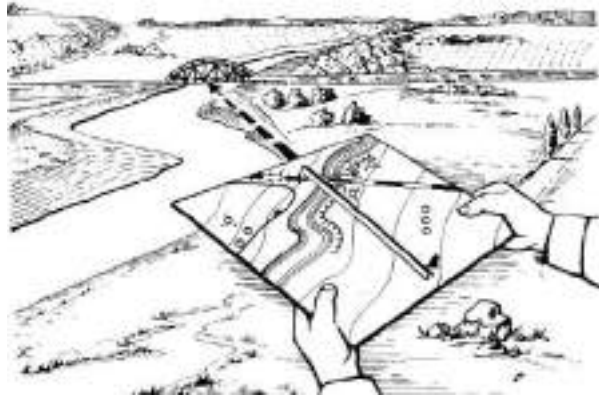


Рис. 88. Ориентирование карты по направлению на ориентир

Точное ориентирование карты по направлению на удаленный местный предмет (ориентир) выполняют с помощью визирной линейки или карандаша, как показано на рис. 81, которые накладываются на карте на линию, соединяющие точку своего местоположения и условный знак ориентира.

Когда на карте свое местоположение не известно или с точки стояния не видно ориентиров (в лесу, в пустыне, в тумане и т.д.), карту ориентируют по направлениям на стороны горизонта.

**При приближенном ориентировании** карты достаточно одним из способов, изложенных в 8.1 (по компасу, по небесным светилам или по местным предметам) определить направление на север, а затем карту повернуть верхней стороной рамки в этом направлении.

**Точное ориентирование** осуществляется либо с учетом поправки направления, либо с учетом магнитного склонения.

При ориентировании по карте важно не только правильно определить направление сторон света, но и найти свое местоположение.

#### 8.4. Определение по карте своего местоположения

Нахождение на карте точки своего местоположения может быть выполнено следующими способами:

- по ближайшим ориентирам на глаз;

- промером расстояния;
- по створу и линейному ориентиру;
- по створу и измеренному расстоянию;
- засечкой.

Определять свое местоположение **по ближайшим ориентирам на глаз** целесообразно при нахождении около какого-либо местного предмета или характерного признака линейного ориентира. Допустим, мы находимся на шоссе у переезда через железную дорогу. Необходимо найти на карте изображение железной дороги и шоссе. Место пересечения осей условных знаков

шоссейной и железной дорог укажет точку стояния. Другой пример. Точка стояния находится рядом с характерным изгибом дороги, изображенным на карте (рис. 89). То место точки поворота будет совпадать с искомой точкой стояния. Факт того, что это именно тот изгиб дороги, подтверждается наличием кургана и скоплением камней.

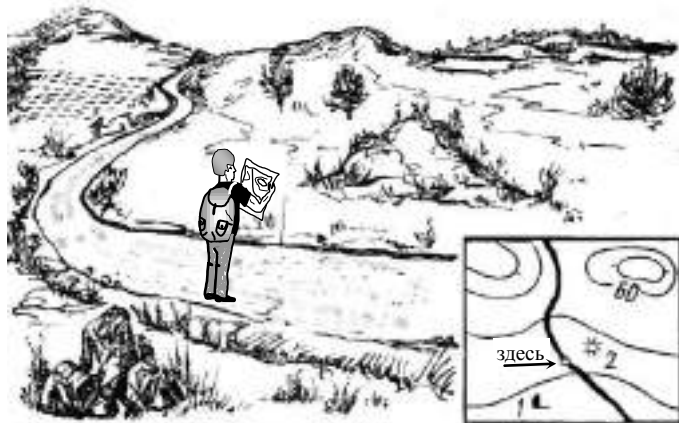


Рис. 89. Ориентирование на глаз

Если ориентиры находятся на некотором удалении от местоположения, то его определяют только на ориентированной карте. Вначале опознают на местности и карте два-три ближайших ориентира и определяют на глаз расстояния до них. Затем по расстояниям с учетом направлений на ориентиры намечают точку своего нахождения на карте. При этом, чем дальше удалены ориентиры, тем больше ошибка в определении своего местоположения. В холмистой и горной местности в качестве ближайших ориентиров часто используются характерные формы рельефа.

**Промером расстояния** свое местоположение определяют при движении по линейному ориентиру или вдоль него (по дороге, просеке, вдоль линии связи и т. п.), а также при движении по азимуту. Пройденное расстояние определяется промером шагами или по времени и скорости движения. Для этого на исходном пункте записывают время начала движения или начинают отсчет шагов (пар шагов).

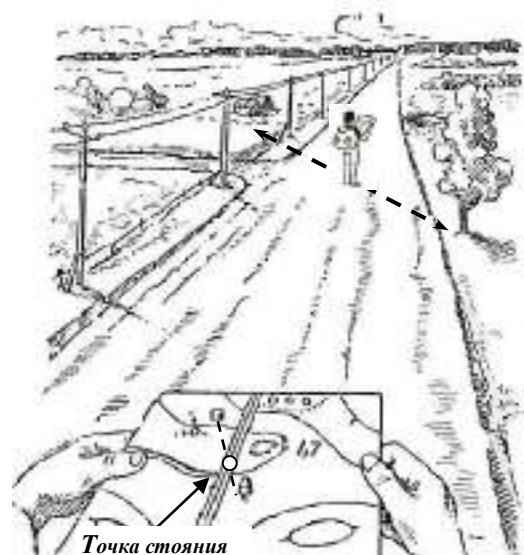


Рис. 90. Определение местоположения по створу и линейному ориентиру

Для определения своего местоположения надо на карте вдоль направления движения отложить расстояние, пройденное от исходного пункта до точки остановки.

Створом называется прямая линия, проходящая через точку своего нахождения и две другие характерные точки местности (ориентиры). При нахождении на створе свое местоположение всегда может быть определено **по створу и измеренному расстоянию**. Для этого одним из доступных в данных условиях простейших способов измеряют расстояние до ближайшего ориентира, которое откладывается на карте по линии створа. Точка, полученная на прямой и будет точкой своего местоположения. При необходимости расстояния измеряются до обоих ориентиров.

В частном случае при нахождении на линейном ориентире, когда имеется створ, положение точки своего местоположения определяется **по створу**

**и линейному ориентиру**. Если мы находимся на линейном ориентире, например, дороге (рис. 90) и в створе с двумя местными предметами, которые могут находиться как по одну, так и по разные стороны дороги, достаточно прочертить на карте прямую линию через условные знаки местных предметов, образующих створ. Точка пересечения линии створа с дорогой – точка стояния.

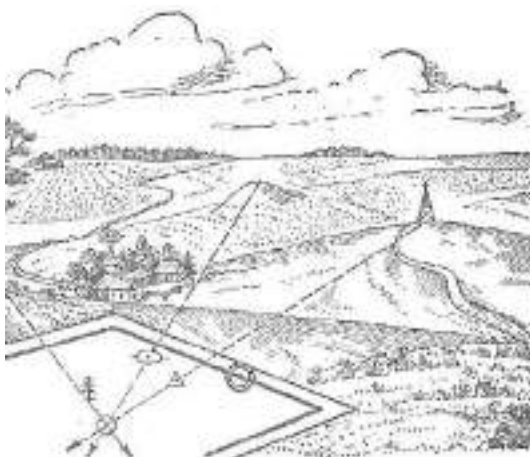


Рис. 91. Определение местоположения засечкой

При определении точки стояния способом **засечки** необходимо выбрать на местности твердые ориентиры, которые отмечены и на карте. С помощью компаса определить азимуты выбранных направлений. Затем на топографической карте из точек, соответствующих выбранным ориентирам, проводят направления, азимуты которых изменяют относительно первоначально измеренных на  $180^\circ$ . Пересечение построенных линий (рис. 91) и будет являться точкой стояния наблюдателя.

са определить азимуты выбранных направлений. Затем на топографической карте из точек, соответствующих выбранным ориентирам, проводят направления, азимуты которых изменяют относительно первоначально измеренных на  $180^\circ$ . Пересечение построенных линий (рис. 91) и будет являться точкой стояния наблюдателя.

### 8.5. Порядок движения по азимутам

Движение и ориентирование на незнакомой и однообразной местности (в лесу, пустыне, степи), а также ночью, в тумане, дыму и в других условиях ограниченной видимости удобнее всего осуществлять по заранее измеренным азимутам направлений и расстояниям. Направления движения выдерживают с помощью компаса, а расстояния измеряют шагами.

Как правило, подготовку данных для движения и предварительные измерения производят на топографической карте.

**Подготовка данных для движения** по азимутам включает:

изучение местности по карте;

выбор маршрута и ориентиров на его участках;

определение магнитных азимутов направлений и расстояний между выбранными ориентирами;

оформление данных на карте или составление схемы (таблицы) движения (рис. 92).

При изучении местности оценивают ее проходимость, определяют труднопроходимые и непроходимые препятствия и пути их обхода.

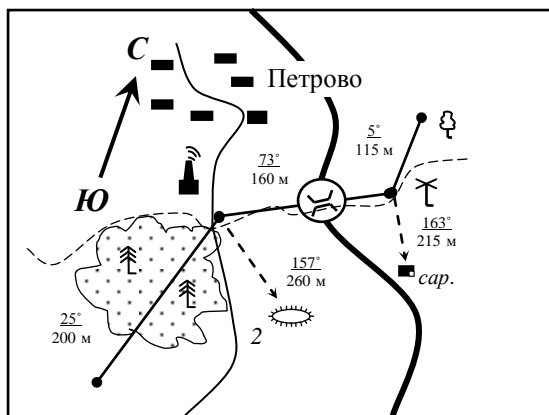


Рис. 92. Схема движения по азимутам

Начертание маршрута зависит от характера местности, наличия ориентиров на ней и условий предстоящего движения. Главное – это выбрать маршрут, позволяющий быстро выйти к назначенному пункту (объекту).

Маршрут выбирают с таким расчетом, чтобы он имел минимальное количество поворотов. Точки поворота маршрута намечают у ориентиров, которые можно легко опознать на местности (постройки башенного типа, перекрестки

дорог, мосты, путепроводы, геодезические знаки).

Расстояния между ориентирами при движении по маршруту днем пешим порядком не должны превышать 1–2 км, а при движении на машине в среднем 6–10 км. Для движения ночью ориентиры по маршруту намечаются чаще.

Точность выхода к точкам поворота маршрута при движении по азимутам зависит от характера местности, условий видимости, ошибок определения направлений движения и измерения расстояний. Обычно отклонение от точки поворота, к которой надо выйти, не превышает  $1/10$  пройденного расстояния, то есть 100 м на каждый километр пройденного пути. Поэтому, если заданное расстояние пройдено, а намеченного ориентира не видно, его следует искать в пределах окружности, радиус которой равен  $1/10$  расстояния, пройденного от предыдущей точки поворота.

## 8.6. Особенности ориентирования в сложных условиях

Ориентирование **ночью** наиболее сложно. Многие предметы, которые днем легко опознаются, ночью становятся трудно различимыми, внешний вид и очертания их подчас резко меняются.

При планировании ночного передвижения предпочтение следует отдавать маршруту с благоприятными условиями ориентирования, хотя он может иметь и большую протяженность. В качестве ориентиров выбирают и используют предметы, которые могут выделяться на фоне ночного неба: заводские трубы, башни, отдельные вершины. Ориентирами ночью служат реки, озера, пруды, зеркальная поверхность которых заметна на темном фоне окружающей местности. Наиболее надежные ориентиры – это линейные объекты, пересекающие маршрут движения: реки и ручьи, линии электропередачи, железные дороги и т.п. На участках движения вне дорог и по грунтовым дорогам, вдоль которых нет линейных ориентиров, хорошо видимых ночью, нужно определять азимуты и подписывать их на схеме.

При подготовке к ночному ориентированию необходимо тщательно изучить маршрут, чтобы знать его начертание, характер дорог по участкам, контрольные ориентиры, особенно на основных поворотах.

Ориентирование **в пустыни и степной местности** затруднено. Пустынно-степная местность однообразна, местные предметы встречаются редко, рельеф преимущественно равнинный, формы его маловыразительны. Дороги обычно слабо наезжены и малозаметны, часто теряются среди растительности, и только незначительные углубления грунта, а в ряде мест и более зеленая растительность вдоль этих углублений, которая выделяется на общем фоне, указывают их местоположение. Ориентиров в этих районах мало. Основными ориентирами являются курганы, такыры (глинистые участки), русла пересохших рек, оазисы, колодцы, развалины и различные сооружения, связанные с религиозными культурами (мазары и т.п.).

При изучении местности по карте необходимо выявить все отдаленные высоты и курганы, так как по ним с помощью компасной засечки можно определить точку стояния. Особое внимание следует обратить на линейные ориентиры: дороги, тропы, русла пересохших рек, границы песков.

В условиях пустынно-степной местности движение успешно осуществляется по азимутам.

Для выдерживания заданного направления можно ориентироваться по небесным светилам.

Ориентирование **в лесу** затруднено из-за ограниченности обзора. При движении в лесу просто невозможно выбрать ориентиры, которые были бы видны на значительном расстоянии.

Маршруты в лесной местности будут, как правило, проходить по грунтовым дорогам и просекам. Лесные дороги мало наезжены и трудноразличимы на местности, а часть их может быть вообще не показана на карте. В то же время можно встретить не обозначенные на карте, но хорошо наезженные временные дороги, служащие для вывозки леса и сена.

При подготовке данных для движения в лесу целесообразно определить и подписать азимуты каждого участка дороги. Эти данные позволят проверить по компасу направление движения в любом месте

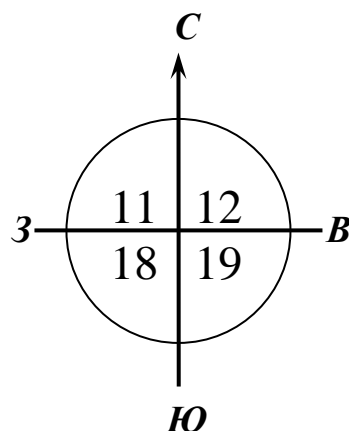


Рис. 93. Порядок нумерации кварталов

маршрута. Если в пути встретится развилка дорог, не показанная на карте, то с помощью компаса по значению выписанного азимута легко установить, какая из дорог соответствует изображенной на карте.

В качестве ориентиров в лесу обычно используют просеки, перекрестки и развилки дорог, мосты, реки и ручьи, пересекающие маршрут, поляны, вырубки, резко выраженные формы и детали рельефа (овраги, лощины, высоты). При движении по просекам свое местоположение и стороны света легко можно определить по квартальным столбам (рис. 93).

Правильность выдерживания маршрута в лесу контролируется главным образом по пройденным расстояниям.

При выдерживании заданного направления с помощью компаса пользоваться им приходится очень часто, так как в лесу трудно, а порой и невозможно выбрать вспомогательные ориентиры. В безоблачную погоду ориентирами могут служить Солнце (днем) или Луна (ночью).

Ориентирование **в горах** имеет некоторые особенности. Оно значительно усложнено из-за глубокой расчлененности горного рельефа и труднодоступной местности. Вершины, выбранные в качестве ориентиров, резко меняют свои очертания, если смотреть на них с разных сторон, а иногда вообще теряются из виду. Обзор местности с высоких вершин очень велик, а в узких лощинах слишком ограничен. В горах из-за большой прозрачности воздуха расстояния представляются меньшими, чем в действительности.

Важнейшим условием правильного ориентирования в горах является умение читать рельеф по карте.

В качестве ориентиров вдоль намеченного маршрута выбирают выделяющиеся вершины, седловины, обрывы, скалы, осыпи и другие подробности рельефа, а также все местные предметы, так как в горах они встречаются довольно редко и поэтому хорошо опознаются. Горные реки и ручьи, протека-



ющие по долинам, является хорошими линейными ориентирами. При движении в качестве ориентиров могут служить также распадки (места слияния двух долин).

В распадках часто бывает трудно определить дальнейшее направление движения, так как расходящиеся под острым углом долины нередко сходны между собой по форме и ширине. Чтобы избежать ошибки в выдерживании маршрута движения, следует вначале по карте определить азимуты направлений долин, а затем на местности воспользоваться компасом.

Для приближенного определения сторон горизонта в горах необходимо знать некоторые признаки. Весной на южных склонах снежная масса как бы «ощетинивается», образуя острые выступы, разделенные впадинками. Снежный покров сходит с южных склонов быстрее, чем с северных. В отдельных глубоких ущельях на северных склонах снег лежит в течение всего лета. Леса и луга на южных склонах высоких гор обычно поднимаются выше, чем на северных.

Когда на местности не находят объектов, обозначенных на карте, и не могут определить на карте свое местоположение, ориентировка считается потерянной. **При потере ориентировки** следует остановиться, определить магнитный азимут направления движения и попытаться найти на карте свое местоположение путем сличения карты с местностью, предварительно ориентировав карту по сторонам горизонта. Причина потери ориентировки чаще всего состоит в том, что из-за невнимательного наблюдения в пути за正确ностью выдерживания маршрута произошел сход с нужной дороги.

Район, в котором предположительно находится место остановки, можно определить, восстановив хотя бы приближенно направление движения от последнего уверенно опознанного ориентира и пройденное расстояние от него.

Если путем сличения карты с местностью восстановить ориентировку затруднительно, можно воспользоваться следующими способами.

Первый способ заключается в графическом определении на карте района местонахождения. На ориентированной карте от условного знака последнего уверенно опознанного и пройденного ориентира проводится прямая, соответствующая направлению последнего участка движения. Отложив на прямой пройденное расстояние от ориентира, устанавливают дальнюю границу района местонахождения. От дальней границы района местонахождения радиусом, равным  $\frac{1}{4}$  пройденного пути от ориентира, в сторону этого ориентира проводят полуокружность, которая ограничивает вероятный район местонахождения. Этот район внимательно изучают по карте, сличают с местностью и по местным предметам определяют свое местонахождение.

Второй способ определения местонахождения – по линейному ориентиру. При выходе к линейному ориентиру определяют его направление по

сторонам горизонта. Затем на карте отыскивают условный знак этого ориентира, азимут направления которого равен азимуту направления линейного ориентира на местности. При сличении карты с местностью учитывают формы рельефа. Опознав ориентир, двигаются вдоль него до какого-либо точечного ориентира, где и определяют свое местонахождение.

#### Литература:

1. Поклад Г.Г., Гриднев С.П. Геодезия. Учебник – М.: Академический проект, 2008. 591с.
2. Дьяков Б.Н., Соловьев А.Н. Основы геодезии и топографии.– СПб.: Лань. 2011,271с.
3. Инженерная геодезия. Учебник – М.: Высшая школа, 2001, 416с.
4. Киселев М.И., Михелев Д.Ш. Геодезия. Учебник – М.: АСАДЕМА,. 2004, 382 с.
5. Михелев Д.Ш. Инженерная геодезия. - М.: Высшая школа, 2002, 464с.
6. Инженерная геодезия. Учебник – М.: Высшая школа, 2002, 461с.
7. Соловьев А.Н. Инженерная геодезия в лесном комплексе. Учебное пособие - СПб.: ИПО ЛТА, 2005, 135с.
8. Соловьев А.Н. Топографическая карта и решение инженерно-графических задач на ней. Методические указания. - СПб.: ИПО ЛТА, 2003, 25с.
9. Курошев Г.Д., Смирнов Л.Е. Геодезия и топография. Учебник – М.: Академия, 2006,

174с.

10. Лео Багров. История русской картографии – М.: Центрполиграф, 2005, 512с.
11. Южанинов С.В. Картография с основами топографии. Учебник – М.: Высшая школа, 2005, 299с.
12. Колосова Н.Н., Чурилова Е.А., Кузьмина Н.А. Учебное пособие – М.: Дрофа, 2006, 272с.
13. Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Земельно-кадастровые геодезические работы. Учебник. М.: КолосС, 2006, 183с.
14. В.И. Черепнин, А.Н. Соловьев. Прикладные вопросы инженерной геодезии. Учебное пособие. - СПб.: ИПО ЛТА, 2006, 85 с.
15. Соловьев А.Н. Геодезические приборы в лесном хозяйстве. Учебное пособие. - СПб.: ИПО ЛТА, 2007, 95с.
16. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия. - М.: Высшая школа, 2000.
17. Усова Н.В. Геодезия. Учебник – М.: Архитектура-С, 2004, 221 с.
18. Видуев Н.Г. Геодезические работы на строительной площадке. - М.: Недра, 1990.
19. Ершов А.В, Тихонюк Н.К. Геодезические работы в строительстве – СПб.: ВИТУ, 2003
20. Соловьев Ю. А. Спутниковые радионавигационные системы. Соловьев Ю.А., Царев В.М., Коровин А.В., Устюжанин Д.А. и др. Коллективная монография. М.: Издательство «Радиотехника», 2013. – 190 с.
21. Яценков В. С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС. М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 271 с.
22. Программный комплекс CREDO. Практическое пособие. - Минск.: СП Кредо-Диалог, 2009.