

А. М. Куприн



УМЕЙ ОРИЕНТИРОВАТЬСЯ НА МЕСТНОСТИ



Полковник А. М. КУПРИН

**У М Е Й
ОРИЕНТИРОВАТЬСЯ
НА МЕСТНОСТИ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ

МОСКВА 1968

Человек живет на Земле. Надо ли удивляться тому, что изучению Земли, освоению ее недр, поверхности и вод издавна уделяется огромное внимание. Много веков назад родились науки о Земле: геодезия, топография, картография и многие другие. Взаимная связь этих наук весьма тесна, каждая из них крайне важна. Однако ближе всего к повседневным нуждам человечества стоит топография — наука, изучающая земную поверхность в геометрическом отношении, а также способы ее изображения. Кстати говоря, слово топография произошло от двух греческих: тоπος — место и графо — пишу; читай — описание местности.

Главнейшая задача топографии — создание плоского изображения земной поверхности, плана или карты, а также топографического описания изображаемой местности. Эти документы широко используют для решения самых разных народнохозяйственных задач.

Особое место топография занимает и в военном деле. Военная топография — это отрасль военной науки, изучающая тактические свойства местности, организацию и методы топографического обеспечения боевых действий войск. Военную топографию считают одним из основных предметов военного образования.

Книга «Умей ориентироваться на местности» рассчитана на широкий круг читателей и прежде всего на молодежь, готовящуюся к службе в наших славных Вооруженных Силах, она поможет читателю освежить в памяти то, что он уже знал, возбудит интерес к этой важной и увлекательной отрасли человеческих знаний.

Книга эта ни в коей мере не может заменить учебник по топографии, ее нельзя назвать даже «введением в топографию». Приступая к чтению книги, считайте ее приглашением в мир топографии.

Н е м н о г о и с т о р и и

Искусство изображать земную поверхность так же старо, как само изучение нашей планеты. Невозможно установить, когда человек составил первую карту. Известно только, что за много тысячелетий до нашей эры человек уже хорошо знал окружающую местность и умел изобразить ее с помощью рисунков, так называемых пиктограмм, что в переводе означает картинопись. «Возраст» самых ранних из пиктограмм, обнаруженных в разных странах, ученые определяют примерно в 15 тысяч лет.

В дальнейшем на протяжении тысячелетий развития человечества, наряду с эволюцией письменности, развивались и совершенствовались способы наглядного изображения местности. Вначале это привело к созданию чертежей, на которых линиями и условными рисунками изображались реки, озера и другие предметы местности. Пример такого чертежа приведен на рис. 1. Это уже сравнительно детальная схема, с помощью которой можно получить общее представление о местности.

Переход к оседлости, развитие земледелия и ремесел вызвали потребность в более точных графических изображениях местности. При рабовладельческом строе в античном мире составление карт достигло большого развития. Греки установили шарообразность Земли и ее размеры, ввели в науку картографические проекции, меридианы и параллели. Римляне широко пользовались картами как в административных, так и в военных целях.

Конечно, все эти картографические произведения ввиду скудности, неточности и ограниченности сведений о земной поверхности были весьма не совершенны. Известный древнегреческий историк Геродот так оценивал эти карты: «Смешно глядеть, как из множества составителей землеописаний ни один не показал вида Земли толково».

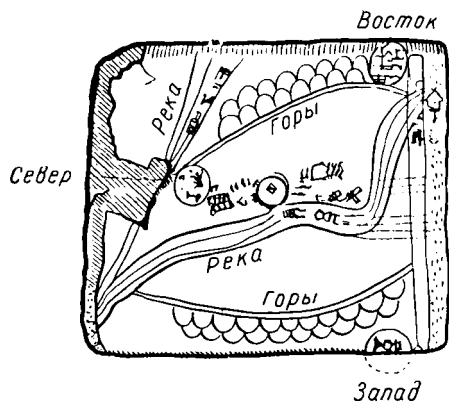


Рис. 1. Древнейшая из вавилонских карт (2500 лет до н. э.).

На протяжении средних веков достижения античной картографии с ко́й науки оказались надолго забытыми. Церковь вступила в жестокую борьбу с научными представлениями о строении и происхожде-

нии мира. Картография, как и другие науки, стала на службу религии.

Средневековые карты приближались к живописному изображению местности. Картографы того времени, скрывая свое географическое неведение, заполняли карту разнообразными художественными рисунками: пустыни и леса «заселялись» дикими зверями, обжитые места — фигурами людей, моря украшались рисунками кораблей и морских животных.

Эпоха великих географических открытий создала условия для подъема картографической науки. Мореплавателям нужна была хорошая, правдивая карта. В XVI веке начали появляться карты, построенные в новых картографических проекциях. По мере расширения географических познаний живописные иллюстрации сначала переместились на поля карты, а затем исчезли вовсе, но изображения объектов местности еще долго давались в перспективном рисунке. Постепенно этот способ изображения, лишенный точности в передаче местности, уступил место условным знакам. В XIX веке начали производить топографические съемки на точной геодезической основе. Рельеф на таких картах вначале изображался штрихами, а затем на смену этому способу приходит более совершенный — способ горизонталей. Из одноцветного чертежа с грубыми условными знаками, небрежно выполненными подписями, карта превратилась в красочный, изящный, художественно исполненный документ о местности.

Так, пройдя большой путь развития, топографическая карта приняла наконец знакомый, привычный для нашего глаза вид.

П л а н и к а р т а

План представляет собой изображение поверхности Земли в плоскости — на бумаге. В чем же отличие плана от топографической карты? К сожалению, в литературе существует различное толкование этого, казалось бы, простого вопроса. Большинство авторов планом считают такое изображение местности, на котором сохраняется полное геометрическое подобие всех местных предметов. Карта же в отличие от плана содержит искажения в положении объектов местности. Вот, например, определение, данное в одном из учебников по топографии: «Главное отличие плана от карты состоит в том, что план является изображением небольшого участка Земли, на котором кривизна Земли не принимается в расчет. Масштаб планов не превышает 1 : 10 000 и сохраняется по всем направлениям».

В других источниках за критерий для определения плана принимают размер изображаемого участка, например: «Подробные изображения небольших участков поверхности Земли (не более 20 км ширины и длины) называются планами. Изображения более обширных пространств называются картами».

Чем же на самом деле отличается план от карты?

Земля представляет собой сферическую поверхность. А сферическая поверхность не может быть изображена на плоскости с сохранением полного подобия местных предметов. Поэтому, строго говоря, никакой участок урвненной поверхности Земли нельзя считать плоским. Конечно, это теоретически, при условии, что все измерения на местности и чертежные работы на бумаге производятся с безусловной точностью. На самом же деле при составлении карты установлены определенные допустимые ошибки в нанесении объектов местности. Кроме того, на картах и планах местность изображается с большим уменьшением всех линий, а потому и размеры искажений будут уменьшены в соответствующее количество раз.

На каждом листе топографической карты любого масштаба изображается небольшой участок земной поверхности, в пределах которого уровенная поверхность Земли практически не отличается от плоскости. Искажения, возникающие при переходе от сферической поверхности Земли к плоскости на карте, незначительны и могут не приниматься в расчет. А это значит, что на топографических картах так же, как и на планах, все измерения можно производить так, как будто они никаких искажений не имеют.

Планы, по существу, являются разновидностью топографических карт и отличаются от них тем, что издаются отдельными нестандартными листами, имеют некоторые особенности в оформлении и содержании. На некоторых планах отдельные местные предметы изображаются особыми условными знаками, на других планах дается только контурная часть, а рельеф отсутствует. Вообще говоря, план — это нестандартная карта. Чаще всего планы создаются на какие-либо отдельные объекты местности: населенные пункты, участки рек, массивы леса, аэродромные площадки, строительные участки и т. п.

Картографические проекции

Наша планета очень похожа на шар. Поэтому самое верное представление о взаимном расположении континентов и океанов, лесов и гор дает широко известная модель — глобус. Однако пользоваться им не всегда удобно. Гораздо удобнее иметь плоское изображение нужного участка Земли. Изготовленный на бумаге такой чертеж, безусловно, более удобный для работы. Но как изобразить шарообразную поверхность на плоскости?

Если бы Земля имела форму цилиндра или конуса, то сделать развертку ее поверхности не составило бы больших трудностей. Но попробуйте сделать плоской, скажем, кожуру от апельсина! Ни шар, ни эллипсоид нельзя развернуть на плоскости без складок и разрывов.

Ну, а если изобразить элементы земной поверхности на резиновом мяче, а затем, вырезав интересующую нас часть, попробовать распрямить ее, сделать плоской? Нетрудно догадаться, что конфигурация знакомых нам континентов изменится.

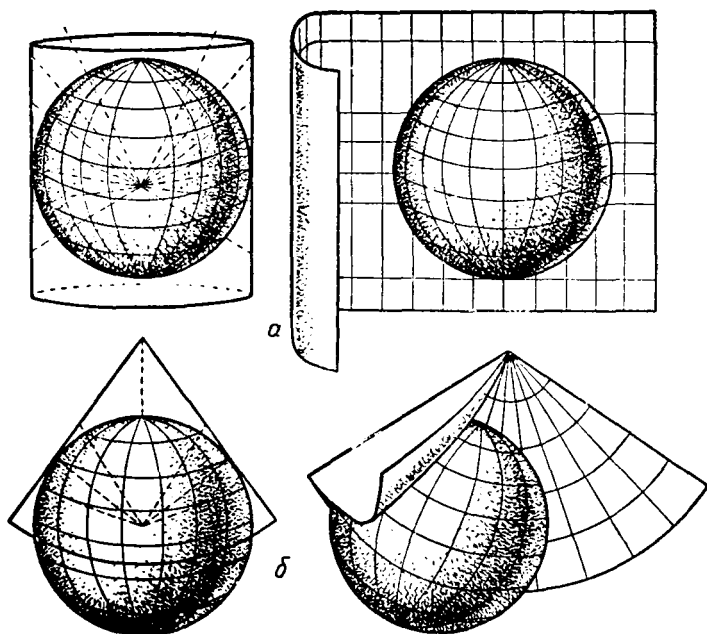


Рис. 2. Проектирование географической сетки на поверхность цилиндра (а) и конуса (б).

Не случайно для изображения земной поверхности пришлось прибегнуть к условным построениям, которые получили название картографических проекций.

Задача картографической проекции заключается в построении на бумаге сетки меридианов и параллелей — основы, канвы любой карты.

Представим себе, что сеть параллелей и меридианов с поверхности стеклянного шара проектируется на боковую поверхность цилиндра или конуса (рис. 2). Эти поверхности затем разрезаются по образующей и разворачиваются в плоскость. В первом случае (рис. 2, а) проекция называется цилиндрической. Параллели и меридианы изображаются на ней в виде взаимно перпендикулярных прямых. Во втором случае (рис. 2, б) проекция будет конической. Параллели изображаются концентрическими окружностями, а меридианы — радиальными прямыми, исходящими из центра окружностей.

Теперь возьмем стеклянный шар и, помимо сетки параллелей и меридианов, нанесем на одной его половине очертания материков, моря, реки и горные хребты (рис. 3). Затем установим шар против экрана, а с другой стороны осветим его лампой, которую будем держать на уровне экватора. На экран спроектируется изображение элементов земной поверхности. Обведя полученное изображение карандашом, мы получим карту в так называемой азимутальной экваториальной проекции, в которой обычно строятся карты полушарий.

Над созданием картографических проекций трудились крупнейшие ученые разных эпох. Достаточно назвать такие имена, как великие древние мыслители Аристотель и Птоломей, разносторонние гении эпохи Возрождения Леонардо да Винчи и Декарт, талантливейшие ученые более позднего периода Ломоносов и Гаусс и многие другие. Известный русский ученый, родоначальник периодической системы элементов Д. И. Менделеев в одном из своих сочинений писал:

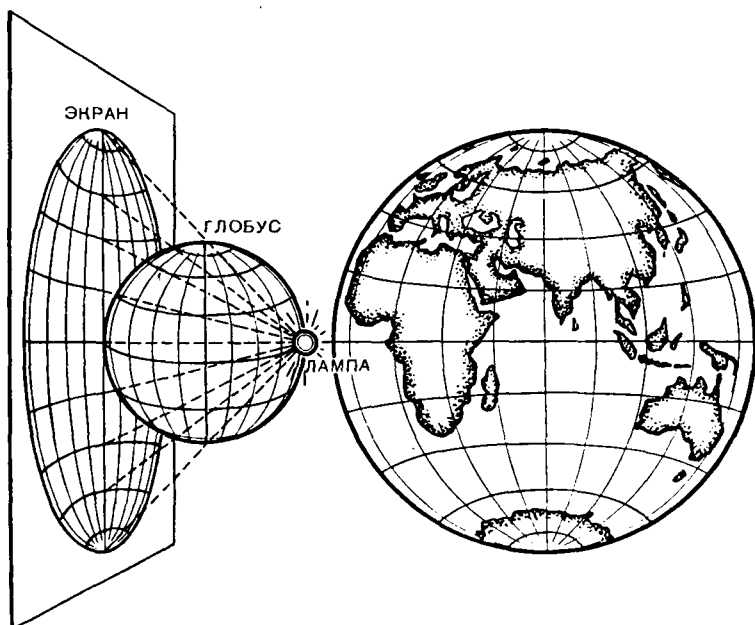


Рис. 3. Построение азимутальной проекции, в которой создается карта полушарий.

«Известно, что искусство чертить карты стран с наименьшими возможными искажениями с давних пор интересует ученых вплоть до покойного моего друга нашего знаменитого математика П. Л. Чебышева, который также занимался этим предметом с большой, ему свойственной прозорливостью, но, к сожалению, ограничился только картой Европейской России».

Сам Менделеев предложил оригинальную проекцию карты России. Такая карта была составлена в 1906 году.

Для географических карт применяются самые разнообразные проекции. Точки земной поверхности проектируются на различные плоскости, конусы, многоугольники или сразу же на несколько совмещенных фигур. И тогда карты Земли принимают самый разнообразный вид.

На первый взгляд построение картографических проекций может показаться простым делом. На самом же деле любая проекция строится по строгому математическому закону. Изучением законов построения картографических проекций занимается специальная наука — математическая картография.

Несмотря на то, что предложены тысячи способов изображения Земли на плоскости, ни один из них не дает точного ее воспроизведения. Всегда чем-то приходится жертвовать. На одних картах пытаются правильно изобразить очертания материков и океанов, но при этом искажаются их размеры. На других — сохраняют величину, зато искажается форма континентов. Карт без искажений нет.

В качестве примера рассмотрим карту, составленную в 1569 году голландским ученым Меркатором. Проекция Меркатора имеет широкое распространение и до сих пор. Принцип проектирования картографической сетки в проекции Меркатора тот же, что и в цилиндрической проекции (рис. 2, а), но масштаб по меридианам и параллелям увеличивается по мере удаления от экватора к полюсам. Так, на широте 60° масштаб увеличивается вдвое, а на полюсах — до бесконечности. Карту в меркаторской проекции легко узнать по ее прямоугольной сетке: меридианы и параллели изображены взаимно перпендикулярными прямыми линиями. Эта проекция замечательна тем, что углы, построенные на карте, равны соответствующим углам на местности. Поэтому ее называют равноугольной.

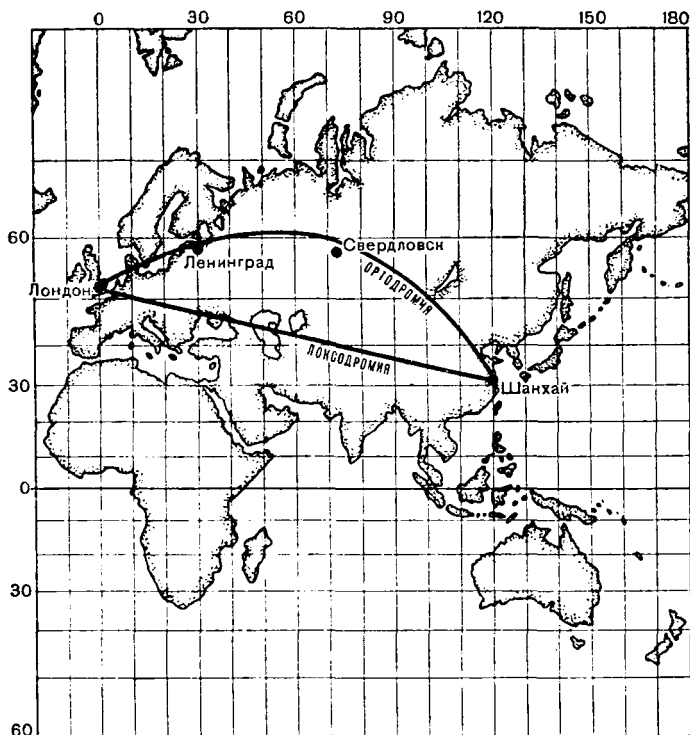


Рис. 4. Кратчайший путь между Лондоном и Шанхаем проходит через Свердловск, а на карте в проекции Меркатора — через Каспийское море.

Вообразите теперь, что нам требуется найти кратчайший путь, скажем, между Лондоном и Шанхаем. На карте в проекции Меркатора прямая, соединяющая эти города, пройдет через Азовское и Каспийское моря (рис. 4). На первый взгляд можно сказать, что вдоль этой линии, которую принято называть локсодромией, и будет проходить самый кратчайший путь. Ведь на карте это прямая линия, а что может быть короче прямой? На самом деле кратчайшее расстояние между Лондоном и Шанхаем проходит через Ленинград — Свердловск. В этом нетрудно убедиться, натянув на глобусе нить.

Линия, по которой фактически проходит кратчайшее расстояние, называется ортодромией. На шаре это будет

дуга большого круга, на эллипсоиде — более сложная кривая.

На карте, исполненной в проекции Меркатора, очертания материков, океанов и т. п. сильно искажены. При этом чем ближе к полюсам, тем большими будут искажения.

Почему же мореплаватели предпочитают пользоваться такими картами? Дело в том, что морская карта облегчает решение штурманских задач. Если по такой карте измерить угол между направлением меридиана и направлением на конечный пункт («румб»), то этот угол будет соответствовать курсу корабля. Следовательно, чтобы определить курс, достаточно соединить прямой линией начальную и конечную точки и измерить угол, составленный ею с любым меридианом. Придерживаясь этого направления, штурман безошибочно приведет корабль к намеченной цели.

При создании топографических карт применяют проекции, дающие как можно меньше искажения очертаний и размеров изображаемых на ней объектов. В нашей и в некоторых других странах для топографических карт применяется равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса. Сущность ее состоит в том, что поверхность Земли изображается не сразу, а отдельными полосами (зонами) шириной в 6° по долготе (рис. 5). Каждая

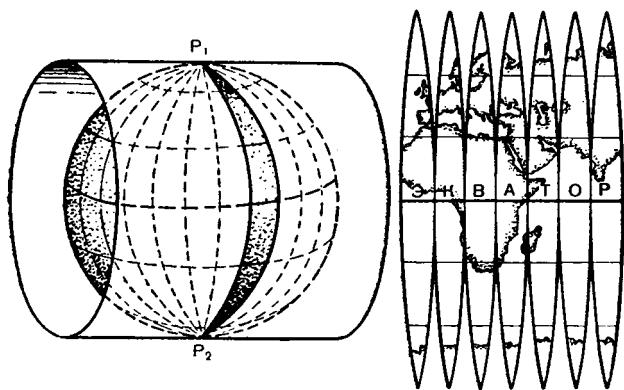


Рис. 5. Топографические карты проектируются по зонам. При соединении зон по экватору получаются разрывы по меридианам.

зона проектируется на внутреннюю боковую поверхность воображаемого цилиндра, который касается земной поверхности по среднему меридиану зоны. «Поворачивая» Землю вокруг оси, шестиградусные зоны проектируют последовательно одну за другой. Затем поверхность цилиндра разворачивают в плоскость. Спроектированные зоны изобразятся на плоскости одна рядом с другой. Между собой они будут соприкасаться лишь в одной точке — на экваторе.

К а р к а с к а р т ы

Самая северная точка Азии — мыс Челюскин. Его координаты $77^{\circ}44'$ северной широты и $104^{\circ}18'$ восточной долготы. Приведенные цифры — точный адрес объекта на земной поверхности. Естественно, определить адрес объекта на карте можно в том случае, если карта создана на каркасе опорных пунктов, у которых заранее определены координаты. Как при строительстве зданий, работа начинается обычно с сооружения каркаса, так и при топографических съемках прежде всего создают так называемое обоснование, — систему опорных пунктов. Топограф может приступить к съемкам карты только после того, как на местности будут определены координаты опорных пунктов. Каждый опорный пункт наносит-

ся на съемочный планшет. С таким планшетом топограф выходит в поле и наносит на будущую карту все местные предметы и элементы рельефа.

Географические координаты определяются по звездам с помощью высокоточных астрономических приборов, а вычисления производят по довольно сложным формулам.

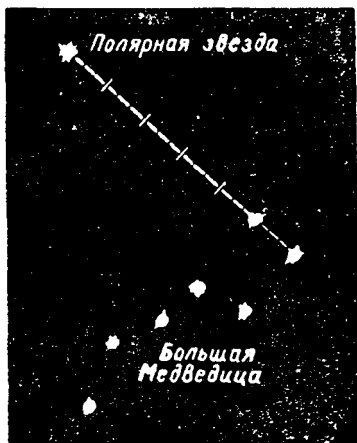


Рис. 6. Полярную звезду легко отыскать по созвездию Большой Медведицы.

Приблизленно географические координаты любого пункта земной поверхности можно определить и более простым способом.

Выберите безоблачную ночь и найдите на небосклоне Полярную звезду. Ее легко отыскать по созвездию Большой Медведицы, которое четко выделяется своей формой в виде ковша, составленного из семи звезд (рис. 6). Проведите мысленно прямую линию через две крайние звезды, как показано на рисунке, и отложите пять раз отрезок, равный расстоянию между ними. В конце отложенной прямой будет звезда, которая называется Полярной.

Теперь возьмите нитку с грузом, прикрепите ее к центру транспортира и наведите основание последнего на Полярную звезду (рис. 7, а). Снимите отсчет со шкалы

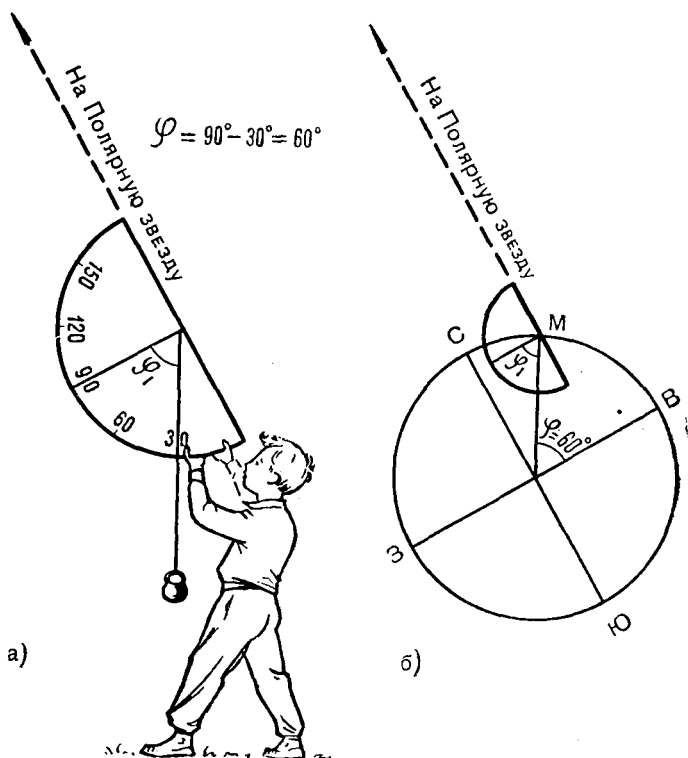


Рис. 7. Определение широты места по Полярной звезде.

транспортира и вычитите полученную величину из девяноста. Результат будет широтой вашего места. В примере на рис. 7, а широта будет равна $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$.

В справедливости этого способа можете легко убедиться, обратившись к рис. 7, б. Известно, что Полярная звезда находится на продолжении оси вращения Земли на очень большом удалении от нее. Поэтому луч визирования будет практически параллелен земной оси ЮС, а угол φ_1 равен углу φ , т. е. широте точки М.

Для определения второй координаты — долготы необходима подготовительная работа. Прежде всего найдите на местности направление истинного меридиана. Его можно определить по Полярной звезде попутно с наблюдением широты места. Для этого одну вешку выставьте на точке стояния, а другую в направлении на Полярную звезду. Линия, соединяющая эти вешки, будет соответствовать истинному меридиану. После этого поставьте ваши часы по гринвическому времени: переведите стрелки часов так, чтобы они показывали время на два часа меньше московского. В этом случае время будет приведено к нулевому меридиану, который, как известно, проходит через Гринвич, расположенный на окраине Лондона.

Теперь выберите солнечный день и незадолго до полудня выйдите к вашим вешкам. Дождитесь такого момента, когда тень от одной вешки будет направлена точно ко второй. В этот момент у вас будет ровно полдень, т. е. 13 часов по местному времени*. По вашим часам гринвическое время оказалось, скажем, 8 часов утра. Разница во времени между местным и гринвическим составляет 5 часов. Солнце в своем кажущемся суточном движении вокруг земного шара пробегает в 1 час 15° , а за 5 часов — 75° . Это и будет долгота вашего места.

Зная координаты двух каких-либо пунктов, можно найти и расстояние между ними. Самый простой способ определения расстояний по географическим координатам разработан русским математиком П. Чебышевым. Вначале определяется разность широт и долгот в минутах. Затем разность широт удваивается. Большее из полученных двух чисел умножается на 7, а меньшее на 3. После

* Местное время может отличаться от гражданского за счет округления до одного часа в каждом часовом поясе.

этого оба полученных числа складываются, а сумма делится на 7,5. Результат и есть искомое расстояние в километрах.

При вычислениях расстояний этим способом мы можем не считаться ни с масштабом ни с проекцией карты, так как нужно знать только широту и долготу точек, которые на всех картах одни и те же. Так как способ Чебышева приближенный, то получится расхождение с истинным расстоянием, которое при неточных работах не имеет существенного значения.

Треугольники на земле

Астрономические наблюдения, без которых невозможно определить координаты опорных пунктов, очень громоздки, их проведение сопряжено с большими трудностями. В 1614 году голландский астроном и математик Снеллиус предложил более удобный и точный способ

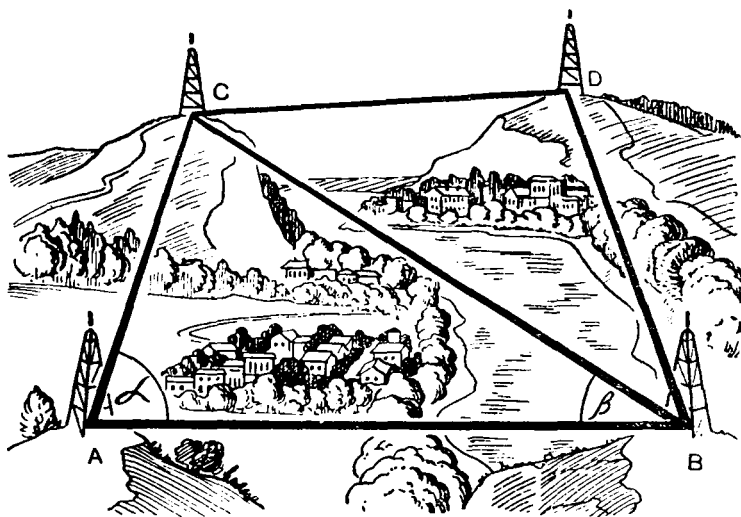


Рис. 8. Если в треугольнике ABC известна одна сторона (AB) и два угла α и β , то можно определить и две другие стороны (AC и BC).

определения опорных точек, который получил название триангуляции.

Случалось ли вам встречать деревянные вышки с небольшими цилиндрами на вершинах? Такие вышки ставятся на высоких местах и поэтому хорошо заметны со всех сторон. Большие вышки, их называют сигналы, стоят друг от друга на расстоянии до 10—15 километров. Маленькие, называемые пирамидами, на меньшем расстоянии. Сигналы и пирамиды находятся в вершинах треугольников, стороны которых соприкасаются (рис. 8). Эту систему треугольников называют триангуляцией.

Математические основы триангуляции крайне просты. Каждый треугольник, как известно, состоит из шести элементов: трех сторон и трех углов. Если в треугольнике даны два угла и одна сторона, то, пользуясь теоремой синусов, можно определить две другие стороны. Достоинство триангуляции в том, что она сокращает до минимума трудоемкие линейные измерения. Они сводятся лишь к определению одной стороны — базиса, правда, измеряют его с величайшей точностью и тщательностью. Углы воображаемых треугольников измеряют угломерным прибором — теодолитом. В зрительную трубу теодолита наблюдатель ловит вначале одну вершину треугольника, потом другую и затем по горизонтальному кругу теодолита отсчитывает величину угла.

Вся система триангуляции в нашей стране берет свое начало от центра круглого зала в Пулковской обсерватории, координаты которого определены астрономическим путем с высокой точностью. Координаты остальных пунктов триангуляции получаются путем вычислений.

Точность триангуляции, или, другими словами, величина ошибки, с которой определяется положение каждого пункта на земной поверхности, зависит от точности измерения углов. Чем меньше будет ошибка в измеренных углах, тем точнее получаемые координаты пунктов. В триангуляции углы измеряются высокоточными теодолитами с ошибкой до одной секунды, а угловая секунда, как известно, дает поперечный сдвиг в положении определяемой точки на величину $\frac{1}{200\,000}$ расстояния между исходной и определяемой точками. Допустим, расстояние между двумя пунктами триангуляции равно 20 км. В этом

случае ошибка в положении определяемого пункта составит всего 10 см.

Вот с какой высокой точностью могут определяться пункты триангуляции на земной поверхности.

Пункты триангуляции создают на поверхности Земли великолепную систему опорных пунктов. Геодезические сигналы, возвышающиеся над окружающей их местностью, используются как опорные пункты топографических съемок. По известным прямоугольным координатам они наносятся на съемочные планшеты и затем уже от них производится съемка контуров и рельефа.

М а с ш т а б к а р т ы

Местность на карте изображается в уменьшенном виде. Отношение, показывающее, во сколько раз уменьшена каждая линия, нанесенная на карту, по сравнению с ее действительной величиной, называется масштабом карты. Так например, если 1 см на карте соответствует 1 км на местности, то масштаб карты будет равен 1 : 100 000.

Выраженный отношением чисел масштаб называют численным. Величина эта отвлеченная и не зависит от системы линейных мер. Так, на карте в масштабе 1 : 100 000 отрезок в 1 см будет соответствовать 100 000 см на местности. Соответственно 100 000 дюймов на местности соответствуют на карте 1 дюйму.

При сравнении нескольких масштабов более крупным будет тот, у которого знаменатель меньше, и, наоборот, чем больше знаменатель, тем масштаб мельче. От масштаба зависит возможная точность измерений, подробность карты и размер картографического изображения одной и той же местности. Очевидно, что с уменьшением масштаба карты уменьшается и количество наносимых на нее деталей местности.

Пользуясь масштабом, можно определять расстояние по карте или измеренное на местности расстояние нанести на карту. Практически расстояния по карте определяют с помощью линейного масштаба. Линейным масштабом называют графическое изображение численного

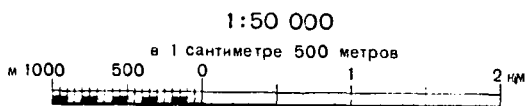


Рис. 9. На топографических картах СССР масштаб дается во всех трех обозначениях.

масштаба в виде прямой линии с делениями для отсчета расстояний. При измерениях по масштабу достаточно взять циркулем с карты какую-то длину, приложить циркуль к масштабу и прочесть, чему равно измеряемое расстояние на местности.

На карте масштаб (численный, линейный и текстовый) можно найти под южной рамкой (рис. 9).

Очевидно, что для каждой карты, в зависимости от ее масштаба, применяется свой линейный масштаб. Но

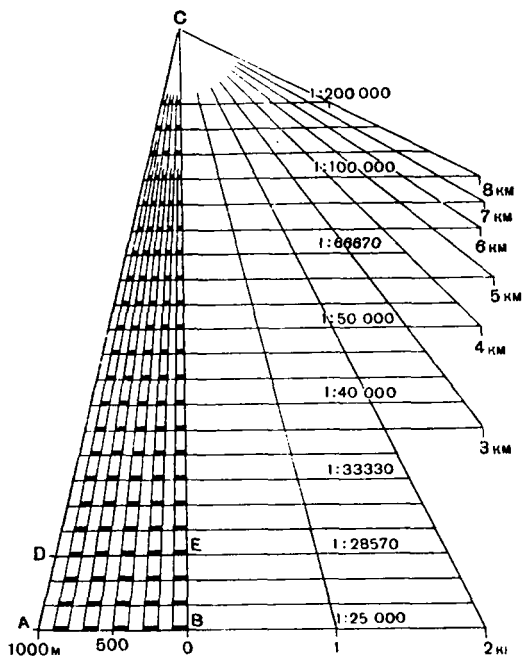


Рис. 10. Универсальный масштаб.

можно построить обобщенный график, который будет применим для топографических карт разных масштабов. Такой график можно называть универсальным масштабом. Он показан на рис. 10 в уменьшенном виде (в 2 раза). Пользуясь им, можно измерять расстояния на топографических картах любого масштаба. Попытаемся доказать, что этот график будет универсальным.

В $\triangle ABC$ отрезок AB представляет основание линейного масштаба для карты 1 : 25 000, т. е. равен 4 см. Параллельно этому отрезку проведен через равные промежутки ряд линий. Рассмотрим какие-либо два треугольника, например $\triangle ABC$ и $\triangle DEC$. Эти треугольники будут подобны. Составим отношение сторон и определим из него отрезок DE

$$\frac{AB}{DE} = \frac{BC}{EC}; \quad DE = \frac{AB \cdot EC}{BC}.$$

По условию построения $\frac{EC}{BC} = \frac{7}{8}$; значит, DE будет равен 3,5 см $\left(4 \times \frac{7}{8}\right)$. Этот отрезок соответствует 1 км. Следовательно, масштаб по этой линии будет:

$$\frac{3,5}{1\ 000 \times 100} = \frac{1}{28\ 570}$$

Получилось число, соответствующее подписанному на продолжении линии DE . Таким же путем можно доказать правильность масштабов, подписанных на других линиях.

Т о ч н о с т ь м а с ш т а б а и т о ч н о с т ь к а р т ы

Глаз человека не может различать очень мелких делений, а циркуль, как бы ни были тонки острия его игло, не позволяет совершенно точно устанавливать раствор ножек. Каким же пределом ограничена точность измерения отрезков по карте? Обычно в топографии такой предел называют предельной графической точностью и принимают равным 0,1 мм.

Расстояние на местности, соответствующее 0,1 мм на карте того или иного масштаба, представляет собой пре-

дельную точность масштаба карты. Величина предельной точности, например, для карты масштаба 1 : 25 000 будет соответствовать 2,5 м, а для карты 1 : 100 000 — 10 м.

Предельная графическая точность может быть реальной только для особо точных построений. Достаточно сказать, что при колебаниях температуры в пределах 10° длина пятидесятисантиметровой медной линейки изменится почти на 0,1 мм. Если прибавить сюда ошибки делений, ошибки совмещения ножек циркуля и т. д., то станет ясно, что выдержать предельную точность 0,1 мм почти невозможно. Практически точность графических построений и измерений на карте не превышает 0,2 мм. Но и эта цифра условна. Принимая ее за точность графических построений, имеют в виду, что в этих пределах при помощи циркуля и так называемого поперечного масштаба мы можем на бумаге намечать точки, проводить и измерять линии.

Поперечный масштаб из всех существующих является наиболее точным. Он имеет широкое применение при работах, требующих точных измерений. Поперечные масштабы обычно гравированы на металлических линейках. На рис. 11 показан знакомый нам ученический транспортир с поперечным масштабом.

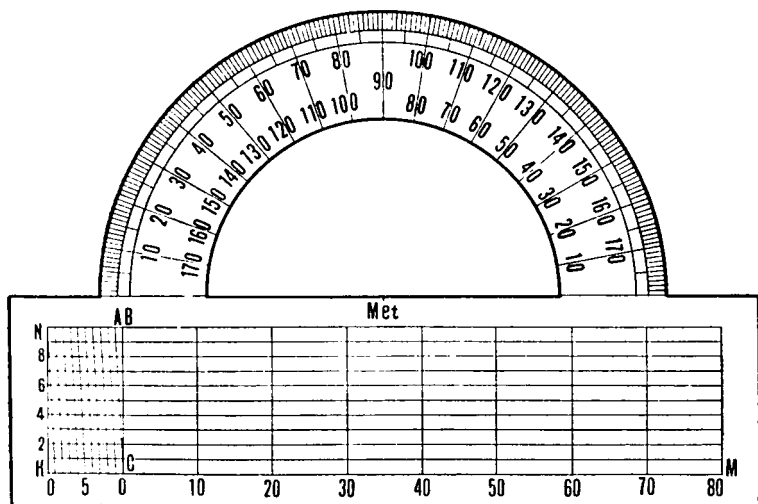


Рис. 11. Поперечный масштаб на ученическом транспортире.

Строится поперечный масштаб следующим образом. На прямой КМ откладывается несколько раз отрезок, равный 1 см. Этот отрезок называется основанием масштаба. От концов каждого отрезка восстанавливаются перпендикуляры. На крайних перпендикулярах откладываются по 10 равных между собой частей, и через полученные точки проводятся горизонтальные прямые. Первые слева сантиметровые отрезки по верхней и нижней линиям также делятся на 10 равных частей, и все точки деления соединяются между собой, как показано на рисунке. В результате такого деления отрезки по горизонтальным линиям будут отличаться один от другого на величину 0,1 мм, что позволит произвести отсчет расстояния с предельной графической точностью.

Вы, наверное, заметили в изложении некоторое противоречие. Выше было отмечено, что практически графическая точность равна 0,2 мм, а минимальный отрезок на поперечном масштабе соответствует 0,1 мм. Конечно, такая точность для поперечного масштаба не нужна. Топографы в своей работе используют поперечные масштабы, у которых основание в два раза больше, т. е. 2 см. На таком масштабе минимальный отрезок равен 0,2 мм, то есть будет соответствовать величине графической точности, с которой можно снять расстояние с карты. Но значит ли, что с такой точностью будет определено истинное расстояние по карте между какими-либо двумя пунктами. Чтобы ответить на этот вопрос, нам нужно познакомиться с требованиями к точности нанесения объектов местности на карту.

Различные объекты показываются на карте с разной точностью. Геодезические пункты, а также некоторые выдающиеся ориентиры (вышки, заводские трубы, колокольни церквей), т. е. те пункты, которые составляют каркас карты, наносятся с предельной графической точностью.

Четкие, ярко выраженные местные предметы и детали рельефа со средней ошибкой $\pm 0,5$ мм, а объекты, имеющие нечеткие границы, показываются на карте с еще меньшей точностью. Последние нельзя принимать во внимание при оценке точности карты, так как они и на местности имеют неопределенное положение.

Подведем итог нашим рассуждениям таблицей точностей для карт разных масштабов.

Масштабы карт	Предельная точ- ность масштаба карты (0,1 мм)	Точность изме- рений и построе- ний по карте (0,2 мм)	Точность нане- сенных на карту объектов (0,5 мм)
1 : 10 000	1 м	2 м	5 м
1 : 25 000	2,5 м	5 м	12,5 м
1 : 50 000	5 м	10 м	25 м
1 : 100 000	10 м	20 м	50 м
1 : 200 000	20 м	40 м	100 м

Топографическая карта

Что же представляет собой топографическая карта и чем она отличается от других карт? Основное отличие только в масштабе. Условно принято к топографическим картам относить карты масштабов 1 : 200 000 и крупнее, т. е. карты, на которых местность изображена с уменьшением всех расстояний до 200 тысяч раз. При таком уменьшении расстояний на карте можно показать все населенные пункты, дороги, леса и кустарники, реки и ручьи и другие объекты. На более мелких картах местность отображается с некоторыми пропусками и обобщениями, так как масштаб уже не позволяет разместить на них все объекты местности. Вспомним, кстати, известные строки М. Ю. Лермонтова:

Тамбов на карте генеральной
Кружком означен не всегда.

Но было бы неправильным проводить строгое разграничение между крупномасштабными и мелкомасштабными картами, называя первые топографическими, а вторые географическими. По сути дела всякая карта, на которой отображается земная поверхность, будет географической, а хорошая топографическая карта представляет собой лучший образец географической.

Вообще говоря, понятия о крупном и мелком масштабе условны. Топограф, снимающий карту, может считать мелким масштаб 1 км в 1 см (1 : 100 000), а в картогра-

фических библиотеках даже такой масштаб, как 10 км в 1 см (1 : 1 000 000), называют крупным. Поэтому и выделение топографических карт из географических по масштабному признаку является весьма условным. Более правильным следовало бы раскрыть понятие «топографические карты» по их назначению. Вот, например, определение, данное в одном из современных учебников по картографии.

«Топографическими картами называются такие карты, на которых неровности земной поверхности и все местные предметы изображены настолько подробно, что по ним можно представить действительную местность со всеми ее подробностями. Они могут быть использованы в качестве путеводителя, а также для детального изучения местности и решения различных инженерных задач».

В соответствии с таким определением к топографическим картам можно отнести и карту масштаба 1 : 500 000 на необжитую местность или на районы с однообразным ландшафтом. По такой карте так же, как и по картам более крупных масштабов, можно детально изучать местность, успешно ориентироваться на ней и решать некоторые задачи.

ЧТО СОДЕРЖИТ КАРТА

О т р и с у н к о в к у с л о в н ы м з н а к а м

Топографическая карта — это очень интересный и до предела насыщенный богатым содержанием чертеж. Известный путешественник Семенов-Тянь-Шанский, сравнивая ее с описательным материалом, высказал следующую мысль:

«Карта важнее текста, так как говорит нередко гораздо ярче, наглядней и лаконичней самого лучшего текста».

В справедливости этих слов не приходится сомневаться. Каждый лист топографической карты содержит

богатейший материал, на описание которого потребовались бы многие сотни страниц книжного текста. Карта — это графическое описание местности. Подобно тому как из отдельных букв слагаются слова, а группы слов выражают мысли, так и из отдельных топографических условных знаков, расставленных в соответствующем порядке, графическим путем создается картина местности.

Условные обозначения, как и карты, для которых они предназначены, прошли длительный путь развития. Изображения местных предметов на картах ранних эпох имели картинный характер. Каждый предмет передавался рисунком, понятным без каких-либо пояснений. Города, горы, леса, крепости и т. п. изображались в перспективе так, как они наблюдались бы в натуре. Реки, озера, дороги, границы наносились в горизонтальной проекции.

Карты в большинстве случаев составлялись по описаниям, изредка в основу брали материалы примитивных измерений, например, дорожные съемки, производимые при помощи компаса и мерного колеса. Точное нанесение на карту объектов местности не представлялось возможным. Зато картинный рисунок карты был понятен без

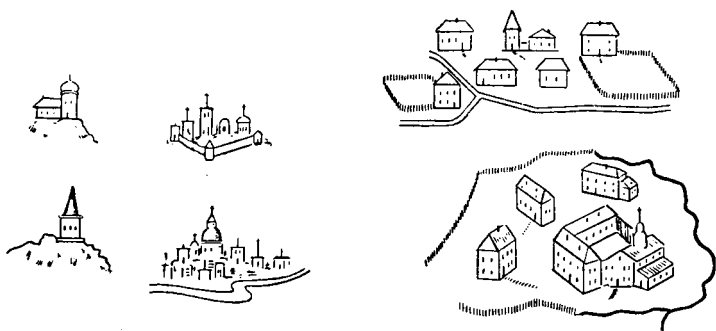


Рис. 12. На старых картах каждое строение изображалось так, как оно выглядело на местности.

особых пояснений и делал содержание карты более доступным. В этом легко убедиться, взглянув на рис. 12, на котором приведены примеры изображения отдельных строений и населенных пунктов. Глядя на карту с такими изображениями, мы можем не только опознать на ней населенные пункты, но и дать каждому из них относительно полную и объективную характеристику.



Рис. 13. Изображение Кремля и прилегающей местности на плане г. Москвы.

До наших дней дошло много работ старых картографов. Все они поражают высокой художественной техникой. Не случайно план старой Москвы экспонируется в ленинградском музее.

Перспективное изображение местных предметов нередко применяется и в настоящее время. Почти на всех туристских планах и картах можно встретить картинное изображение населенных пунктов, лесов, памятников и других объектов (рис. 13).

С расширением знаний о земной поверхности, с развитием военного дела возникла необходимость в отображении на картах все более широкого круга предметов. В этих условиях стало весьма затруднительным сохранять на картах индивидуальные свойства каждого местного предмета. Потребовалось ввести для однородных

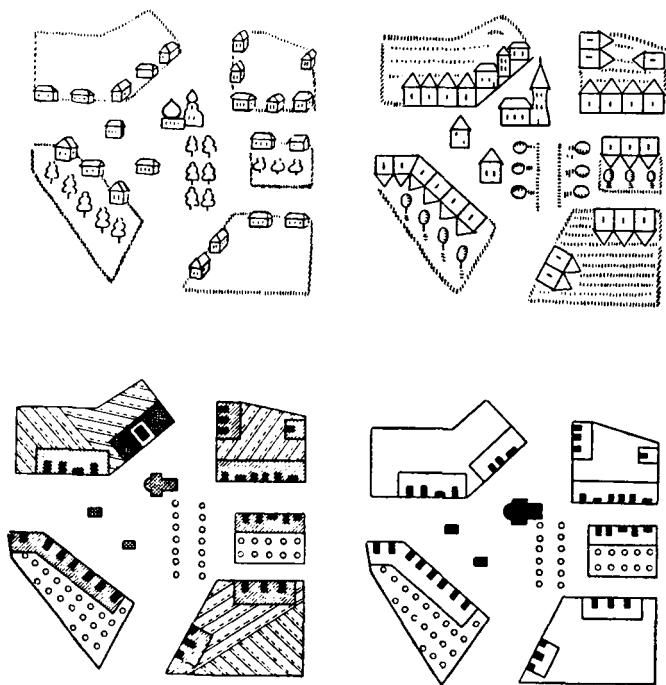


Рис. 14. Совершенствование картографического изображения населенного пункта.

предметов общие обозначения. Рисунки постепенно заменялись горизонтальными проекциями объектов.

Эволюцию условных знаков можно проследить на примере, показанном на рис. 14. С течением времени изображение населенных пунктов на картах изменялось от перспективного рисунка к плановому, а затем от рисунка к условному знаку.

А з б у к а к а р т

Условные знаки — это своего рода азбука. Без знания условных знаков нельзя читать карту, так же как нельзя прочесть книгу, не зная букв. С помощью условных знаков на карте наглядно передается действительная картина местности.

Основу содержания карты составляют графические условные знаки. В дополнение к ним для качественной характеристики объектов применяются буквенно-цифровые обозначения.

Большая часть графических условных знаков по своему начертанию напоминает собой внешний вид изображаемых местных предметов, что позволяет нам сравнительно легко запоминать их.

Условные знаки постоянно совершенствуются, но коренных изменений в их начертании и форме не происходит. Более того, во многих странах сейчас применяются почти одинаковые знаки. А это приводит к тому, что азбука карт становится интернациональной. И если вы научитесь хорошо читать нашу карту, то после небольшой практики можете с успехом пользоваться любой иностранной.

Насколько устойчивы условные знаки, можно убедиться из следующего примера. На старых дореволюционных картах железные дороги изображались утолщенной линией. Затем этот условный знак имел вид двойной линии с прерывистой заливкой. Но с 1963 года железные дороги на топографических картах вновь стали обозначать одинарной утолщенной линией. Точно так же обстоит дело и с условными знаками курганов, обрывов и ям. Раньше они изображались штрихами, затем зубчиками, а сейчас опять штрихами.

К изобразительным свойствам условных знаков относятся и цвет. Он придает карте наглядность и позволяет обогатить ее содержание. Цвета, принятые для некоторых условных знаков, соответствуют окраске изображаемых объектов. Лесные массивы, кустарники, сады и парки изображаются зеленым цветом; моря, реки, озера, колодцы, источники, болота — синим; а элементы рельефа — коричневым. Это — традиционные цвета, применяющиеся на картах всего мира. Другие цвета — бирюзовый, желтый, оранжевый, красный имеют меньшее распространение.

Каки ми дол жны бы ть у с л о в н ы е з н а к и

Разработка условных знаков — это одна из наиболее сложных и ответственных задач картографической практики. Удачный подбор условных знаков обеспечивает хорошую читаемость карты. Мало того, условные знаки влияют на содержание карты. Они способствуют выявлению особенностей объектов местности, изображаемых на карте. Словом, качество условных знаков играет важную роль в создании полноценной карты.

К условным знакам всегда предъявлялись серьезные требования. Вот, например, как они изложены в одном

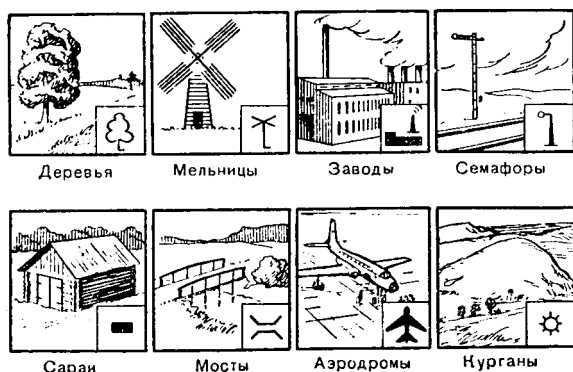


Рис. 15. Условные знаки напоминают внешний вид самих объектов.

из старинных учебников по топографии: «Для удобства чтения карт необходимо: 1) Чтобы условных знаков было не много, ибо их надо знать наизусть; 2) Они должны напоминать изображаемый предмет и резко разниться между собой и 3) Они должны быть просты для удобства черчения и запоминания».

Эти требования к условным знакам справедливы и на сегодняшний день.

Как видим, требований не очень много, но выполнить их не так-то легко. Можно, например, разработать такие условные знаки, которые по своей форме будут очень хорошо соответствовать внешнему виду самих объектов, но они будут громоздкими и трудными для вычерчивания. Очевидно, нужна какая-то «золотая середина».

На рис. 15 показаны условные знаки, которые вы можете расшифровать без особых трудностей, так как они напоминают внешний вид или характерные особенности изображаемых предметов. Чтобы сократить количество условных знаков и тем самым обеспечить лучшее запоминание их, для каждой однородной группы предметов установлен типовой знак, определяющий род предмета. Он имеет простую форму, схематически напоминающую вид предмета сверху. Разновидности предметов данной группы передаются путем видоизменения рисунка типового условного знака. Так, например, различные виды шоссейных дорог изображаются типовым условным зна-



Рис. 16. Местоположение предметов, изображаемых немасштабными условными знаками.

ком, но с некоторыми дополнениями или изменениями его начертания.

Для того чтобы обеспечить выполнение требования к точности отображения местности, условные знаки должны иметь в своем начертании такие элементы, которые позволяют точно определять (фиксировать) местоположение на карте каждого объекта. Такими элементами являются линии и точки контуров масштабных условных знаков; осевые линии линейных условных знаков; точки внемасштабных условных знаков, называемые главными точками. Последние выбираются в зависимости от формы условного знака в его центре, середине основания и т. п. Примеры внемасштабных условных знаков с главными точками, фиксирующими положение местных предметов, приведены на рис. 16. Стрелкой указано положение главной точки.

И, наконец, несколько слов о требовании к качеству вычерчивания условных знаков.

Красота условных знаков заключается в их простоте и аккуратности вычерчивания. Условные знаки на издательских оригиналах карт вычерчивают очень тщательно и аккуратно. Это поистине ювелирная работа, требующая от чертежника высокого мастерства.

На заре картографирования условных знаков было немного. Они обозначали селения, леса, реки, дороги и некоторые другие элементы местности. С развитием производства стали возникать новые объекты, такие, как заводы, шахты, плотины, для которых не было условных знаков. Чтобы нанести на карту такие объекты, топографы должны были изобретать условный знак. В конце концов наступало время для пересмотра таблицы условных знаков. Она дополнялась новыми знаками, а некоторые старые изменялись. С увеличением количества условных знаков содержание карты обогащалось, ландшафт на ней отображался полнее и многостороннее. На первый взгляд напрашивался вывод: чем больше условных знаков, тем выше качество топографических карт. Однако нельзя забывать, что большое количество символов трудно запомнить и карта может превратиться в подобие реbusа. Кроме того, обилие условных знаков может привести к тому, что карта станет не наглядной и ее будет трудно читать. Следовательно, нельзя беспрерывно увеличивать количество условных знаков. В этом отношении

топографической карте свойственно своего рода противоречие. Как источник информации карта должна содержать возможно больше сведений, но в то же время она должна хорошо читаться.

Т р е т ь е и з м е р е н и е

Из всех элементов местности рельефу принадлежит главная роль, так как он в значительной мере определяет собой характер всех остальных элементов местности. Вместе с тем рельеф труднее всего изобразить на карте. Трудность заключается в том, что необходимо отразить объемность рельефа в то время, как карта представляет собой плоское изображение местности.

Наиболее наглядно рельеф может быть выражен на так называемых рельефных картах. Одной из первых была изготовлена рельефная карта на территорию Швейцарии в масштабе 1 : 100 000. Оригинал ее размером 2,35×3,50 м демонстрировался на Парижской выставке в 1900 году и был удостоен первой премии.

К настоящему времени предложено много различных способов изготовления рельефных карт. Самой совершенной считается карта из пластических материалов.

Однако рельефные карты неудобны в употреблении, они не могут быть воспроизведены в книге, их нельзя свернуть или положить в карман. Кроме того, они не так естественны, как это может показаться на первый взгляд. Дело в том, что на рельефной карте вертикальный масштаб должен быть всегда значительно крупнее горизонтального. Чтобы убедиться в этом, произведем несложные расчеты.

Для Европейской части СССР средняя разница абсолютных высот на листе карты масштаба 1 : 100 000 равна примерно 150 м, что составит в масштабе карты всего 1,5 мм. С тем чтобы рельефная карта была наглядной, нужно увеличить ее вертикальный масштаб по крайней мере в 10 раз, т. е. сделать его равным 1 : 10 000. В этом масштабе 150 м составят 1,5 см. Такая величина уже позволит ощутить рельеф поверхности.

Совершенно очевидно, что чем мельче масштаб карты, тем требуется более значительное преувеличение вер-

тикального масштаба по сравнению с горизонтальным. Особенно большие искажения получаются на рельефных глобусах. Пользуясь таким пособием, можно прийти к самым превратным представлениям о рельефе земной поверхности.

Если ко всему прочему добавить сравнительно большую стоимость изготовления рельефных карт, то можно понять, почему они не получили такого же широкого распространения, как обычные карты.

Для изображения рельефа на обычной карте нужно было разработать особые способы с тем, чтобы топографическая карта давала трехмерное представление о местности, позволяя не только производить измерения в горизонтальной плоскости, но и определять положение различных объектов местности по высоте. Следует учесть и еще одно условие: рельеф не должен заслонять собой другие элементы карты.

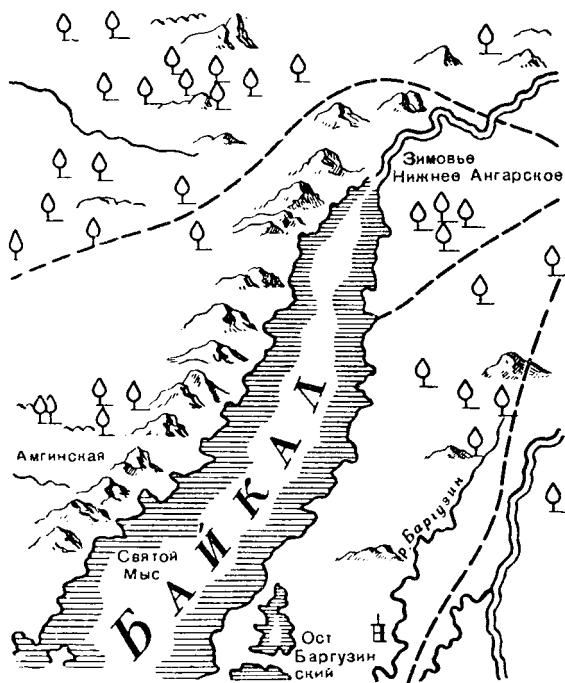


Рис. 17. Изображение рельефа на карте, изданной в XVIII веке.

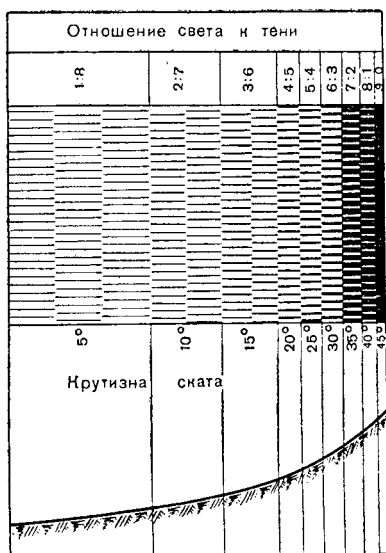
Рис. 18. Шкала штрихов, принятая для изображения рельефа на картах.

На протяжении нескольких столетий было предложено и практически испытано много различных способов изображения рельефа на картах. Некоторые из них устарели и были вытеснены более совершенными и наглядными, иные совершенствовались и применяются в наше время.

Первые изображения рельефа на древних картах представляли собой примитивные рисунки гор. Горы изображались схематически: или в виде бугров, зубцов пилы, или в виде пятен, или же отдельными рисунками. Такой прием изображения рельефа был широко распространен в XV—XVIII столетиях. Образец карты с изображением рельефа рисунками гор приведен на рис. 17.

На картах этой эпохи плановые очертания предметов легко уживались с перспективными рисунками местности. Некоторые образцы карт того времени поражают мастерством картинной передачи рельефа. Впоследствии перспективный способ передачи рельефа был заменен более совершенным. Позже он вновь появляется на картах специального назначения. Перспективные знаки хорошо выражают основные формы рельефа, но не дают точного представления о высотах местности. В связи с этим перспективная передача рельефа применяется на тех картах, где предпочтение отдается наглядности, а не точности и детализации изображения рельефа.

Весьма важным нововведением в изображении рельефа на картах был способ штриховки. Он известен очень давно, но первоначальное изображение рельефа штрихами нельзя было признать совершенным. Рисунок штри-



хов не был согласован ни с действительной крутизной скатов, ни с относительными высотами местности.

В конце XVIII столетия был разработан научный метод изображения рельефа. Этот метод основан на том, что при вертикальном падении света наклонная поверхность будет освещаться слабее горизонтальной. Если считать, что белые промежутки между штрихами будут соответствовать количеству света, а толщина штрихов — потере света от наклона, то такие штрихи могут естественно выражать рельеф. Чем круче скат, тем толще штрихи и меньше расстояния между ними.

Шкала, которую вы видите на рис. 18, разработана на

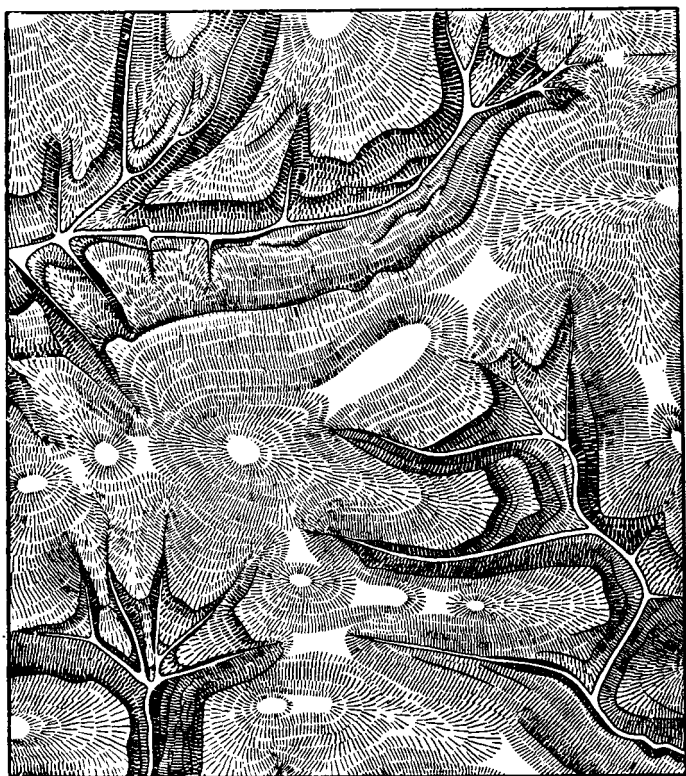


Рис. 19. Штриховой способ изображения рельефа дает выразительное и наглядное представление о неровностях земной поверхности.

строго математической основе. Для крутизны ската α° отношение ширины белого промежутка и толщины штриха равно отношению $(45^\circ - \alpha^\circ) : \alpha^\circ$. Если, например, крутизна ската равна 25° , то отношение будет составлять

$$\frac{\text{ширина белого промежутка}}{\text{ширина штриха}} = \frac{\text{свет}}{\text{тень}} = \frac{45^\circ - 25^\circ}{25^\circ} = \frac{4}{5},$$

т. е. на отрезке в 9 мм общая ширина штрихов составит 5 мм, а ширина белых промежутков — 4 мм.

Шкала подразделена на 9 частей через 5° , начиная с 5° и до 45° . Она разработана применительно к горному рельефу. Впоследствии для более наглядного отображения рельефа разных ландшафтных районов было предложено много шкал, но принцип их построения тот же.

Картографическая штриховка — это результат большой работы и художественной техники чертежника. В этом легко убедиться, рассматривая рис. 19. Многие штриховые карты остаются до сих пор непревзойденными образцами картографического искусства. Они дают выразительное и наглядное представление о формах земной поверхности и позволяют оценивать крутизну скатов. Сами штрихи не указывают, в каком направлении идет подъем или спуск, но это легко определяется по расположению оврагов, речной сети и высотным отметкам.

Штриховой способ изображения рельефа на общегосударственных топографических картах в настоящее время не применяется. Но в тех случаях, когда требуется наглядно отобразить поверхность какого-либо участка, вновь возвращаются к штриховому способу.

Линии равных высот

Линии равных высот — горизонтали, применяемые для изображения рельефа на топографических картах, пришли на смену штрихам и получили широкое распространение. Способ изображения рельефа горизонталями имеет преимущество: он математически точно передает плановое очертание и высоты всех форм рельефа.

В качестве самостоятельного способа горизонтали начали применять одновременно во Франции и в России в двадцатых годах прошлого столетия. Но упоминание о них появилось еще в конце XVII века. Горизонтالي были прекрасно известны и одному из создателей шкалы штрихов — русскому ученому Болотову, который в своих трудах разбирает этот способ изображения рельефа на

примере моделей. Постараемся и мы на том же примере усвоить сущность этого способа.

Посмотрите на рис. 20. Три геометрические конусные фигуры с различными формами боковой поверхности рассечены через одинаковые интервалы параллельными

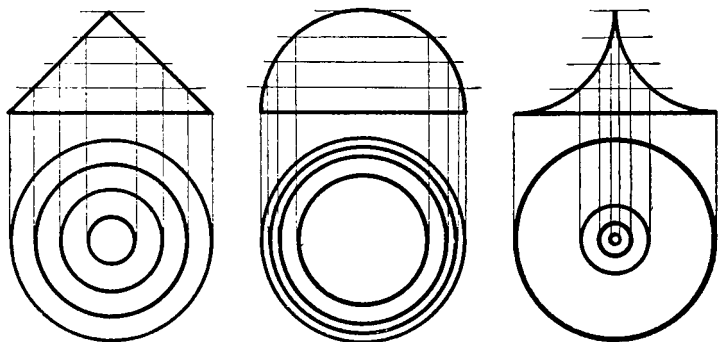


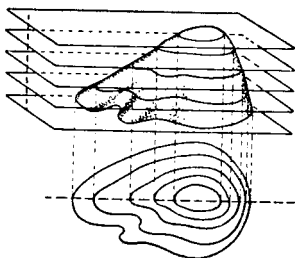
Рис. 20. Проекция сечения различных фигур горизонтальными плоскостями.

плоскостями. Проекция линий сечения на плоскость представляет собой концентрические окружности. Расстояния между этими окружностями у правильного конуса одинаковы, у полушария уменьшаются от вершины к подошве, а у конуса с вогнутой поверхностью — увеличиваются. А теперь обратимся к рис. 21, на котором изображен холм, рассеченный параллельными плоскостями. Легко заметить, что если горизонтали сближаются от вершины к подошве, то они указывают на выпуклый скат, а если расширяются, то характеризуют вогнутую поверхность.

На топографических картах горизонтали проводятся по абсолютным высотам точек местности через определенные интервалы. Счет абсолютных высот ведется от среднего уровня моря, определяемого из многолетних наблюдений. У нас в СССР за начало счета абсолютных высот принят нуль-пункт Кронштадтского футштока. Нуль установлен по черте на медной дощечке, вделанной в каменный бык моста через обводной канал в Кронштадте. Эта черта проведена в результате столетних наблюдений за изменением уровня моря.

Способ изображения рельефа горизонталями является математически строгим и точным. К его недостатку

Рис. 21. Изображение холма горизонталями.



следует отнести слабую наглядность отображения различных форм рельефа. Для улучшения читаемости горизонталей делались различные цветовые подслои, растушевки и т. п. На некоторых старых картах для четкого отличия возвышенностей от углублений горизонтали оттеняли в предположении, что местность освещается лучами с северо-запада. Горизонтالي, изображающие возвышенности, утолщали с восточной и южной стороны, а горизонтали, изображающие углубления, утолщались с западной и северной стороны (рис. 22).

Один из интересных способов придания наглядности рельефу предложил участник обороны Севастополя в 1854—1855 гг. военный инженер Э. Тотлебен. Он утолщали горизонтали на крутых склонах. Увеличивая толщину горизонталей по мере возрастания крутизны склонов, Тотлебен достиг художественной и вместе с тем вполне научной передачи рельефа. Глядя на рис. 23, вы отчетливо представляете крутые скаты, возвышенности и лощины.

Чтение рельефа, изображенного на карте горизонталями, требует известных навыков. Обучение чтению горизонталей идет значительно проще и быстрее, если переходить к карте от рельефной модели местности. Таких моделей создано очень много. С некоторыми из них мы познакомимся.

Модель горки делается из глины или папье-маше. Для проведения на этой модели горизонталей изготавливается специальное приспособление, показанное на рис. 24. Пользуясь приспособлением, можно начертить горизонтали. Если же посмотреть на модель сверху, то мы увидим систему таких же горизонталей, какими изображается горка на топографической карте.

Рельефная модель местности изготавливается по карте с горизонталями. Для этой цели из картона вырезают фигуры, ограниченные горизонталями карты. Затем эти

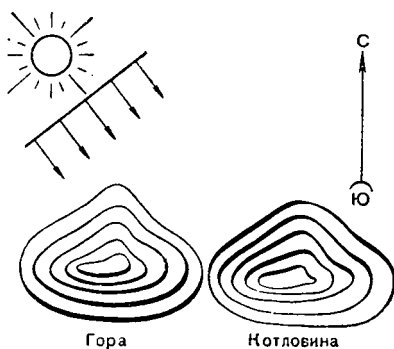
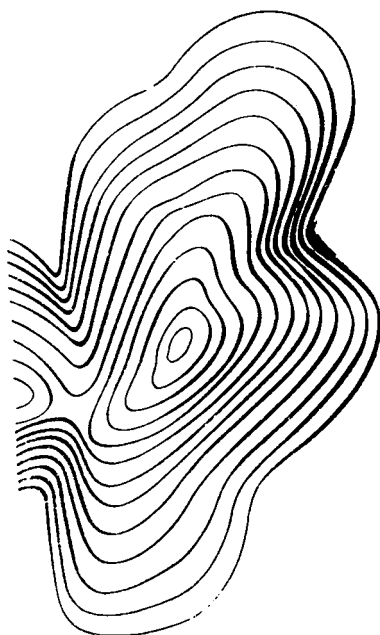


Рис. 22. Оттенение горизонталей, выражающих гору и котловину.

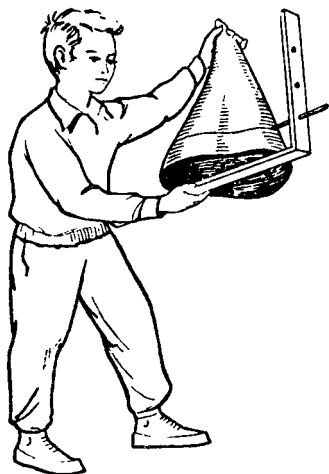


фигуры наклеивают одну на другую в соответствии с их расположением на карте. В результате получается ступенчатая модель рельефа местности, горизонтальный масштаб которой равен масштабу карты, а вертикальный зависит от толщины картонных слоев. Сравнивая такую модель с картой, мы легко усваиваем сущность изображения рельефа горизонталями.

Карта-модель представляет собой несколько положенных друг на друга листиков обыкновенного стекла, на каж-

Рис. 23. Способ утолщения горизонталей на крутых скатах.

Рис. 24. Проведение горизонтали на модели горки.



дом из которых начерчено чернилами по одной горизонтали.

Сложив стекла, мы получим стеклянную карту-модель. Смотря на нее, увидим вместо отдельных кривых линий рельефное изображение холма.

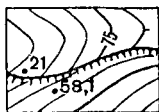
С КАРТОЙ В РУКАХ

У ч и с ь ч и т а т ь

Чтобы прочесть карту, мало знать условные знаки, надо еще обладать живым воображением. Умение читать карту предполагает способность представлять себе изображенную на ней местность с такой ясностью и отчетливостью, как будто вы были на ней в действительности. Вот, например, как Д. Фурманов рассказал о способности героя гражданской войны Василия Ивановича Чапаева разбираться в карте.

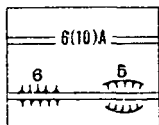
«Перед взором Чапаева по тонким линиям карты развертывались снежные долины, сожженные поселки, идущие в сумраке цепями и колоннами войска, ползущие обозы, в ушах гудел-свистел утренник-ветер, перед глазами мелькали бугры, колодцы, замерзшие синие речонки, поломанные серые мостики, чахлые кустарники: Чапаев шел в наступление».

Рельеф



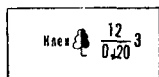
- 58,1 — абсолютная высота в метрах (отметка точки)
 75 — абсолютная высота в метрах (отметка горизонтали)
 21 — высота обрыва в метрах

Шоссе



- 6 — ширина покрытой части в метрах
 10 — ширина всей дороги в метрах
 А — материал покрытия (асфальт)
 6 — высота насыпи в метрах
 5 — глубина выемки в метрах

Леса

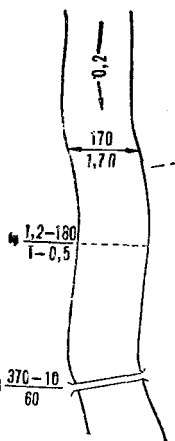


- 12 — высота деревьев в метрах
 0,20 — толщина деревьев в метрах
 3 — расстояние между деревьями в метрах

Реки

- 0,2 — скорость течения в м/сек
 170 — ширина реки в метрах
 1,7 — глубина реки в метрах
 П — грунт дна (песок)

Броды



- 1,2 — глубина брода в метрах
 180 — длина брода в метрах
 Т — характер грунта (твердый)
 0,5 — скорость течения в м/сек.

Мосты

- К — материал постройки (каменный)
 8 — высота моста над уровнем воды в метрах
 370 — длина моста в метрах
 10 — ширина моста в метрах
 60 — грузоподъемность моста в тоннах

Рис. 25. Буквенно-цифровые обозначения, принятые на топографических картах.

Умение, глядя на карту, представить себе изображенную на ней местность требует тренировки. Но прежде всего нужно твердо усвоить условные знаки и цифровые характеристики объектов, изображение типовых форм и деталей рельефа.

Условные знаки, принятые для наших топографических карт, как об этом уже говорилось выше, просты, удобны для запоминания и в большинстве своем имеют начертание, напоминающее внешний вид изображаемого местного предмета. Изучение условных знаков не представляет особых трудностей. Несколько сложнее запомнить буквенно-цифровые обозначения и подписи, применяемые для количественной и качественной характеристики местных предметов. Такими обозначениями, например, характеризуется лес: порода деревьев, их средняя высота и толщина, расстояние между ними. Некоторые буквенно-цифровые обозначения приведены на рис. 25. Они обогащают карту и дают возможность сделать более полную и объективную оценку местности.

Труднее всего научиться читать рельеф. Трудность заключается в том, что изображение таких, например, форм рельефа, как гора и котловина, хребет и ложина, выглядит на первый взгляд одинаково. Отличить их мож-

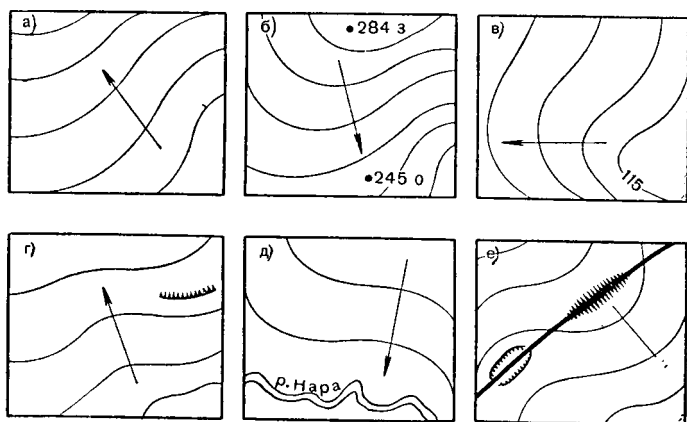


Рис. 26. Определение направления ската: а — по скатоуказателю; б — по отметкам высот; в — по отметкам горизонталей; г — по обрывам; д — по рекам; е — по насыпям и выемкам на дорогах.

но лишь по направлению скатов. Поэтому основная суть чтения рельефа заключается в умении быстро определять направление скатов. Специалист-топограф может легко и быстро определить направление ската в любом месте карты, пользуясь различными, подчас мало приметными признаками. Пользуясь рис. 26, попробуем определить направления скатов в каждом из шести примеров. На рис. 26, а направление ската определяет черточка на горизонтали, которая называется скатоуказателем. На рис. 26, б даны подписи абсолютных высот двух точек. Вполне очевидно, что скат будет направлен от точки с большей высотой к точке с меньшей высотой.

На рис. 26, в направление ската можно узнать по подписи отметки горизонтали. Условились все отметки горизонталей писать так, чтобы верх цифр был направлен к вершинам холмов.

При наличии обрыва направление ската определяется его направлением (рис. 26 г).

На рис. 26, д показан наиболее простой признак определения направления скатов: скаты всегда понижаются к рекам, ручьям, озерам.

И последний пример. Как известно, насыпи возводятся там, где дорога проходит через долину, лошину, а выемка делается на водоразделах, хребтах. Эти признаки и позволяют определить направление ската на рис. 26, е.

Рельеф и местные предметы находятся в неразрывной взаимосвязи. Поэтому читать карту по этапам, — вначале местные предметы, а затем рельеф, — это все равно, что читать книгу по складам. Учиться читать карту нужно сразу по изображению рельефа и местных предметов.

Процесс чтения карты даже для натренированного человека всегда был и будет несколько более сложным, чем процесс чтения книги. И все же прочитать лист карты можно значительно быстрее, чем эквивалентную ему книгу. Подсчитано, что для передачи словами содержания одного листа карты масштаба 1 : 100 000 понадобится книга объемом в 400 страниц! Чтобы убедиться в этом, возьмите лист топографической карты, на котором изображены две-три реки, негустая дорожная сеть, десяток-два населенных пунктов, и попробуйте описать ее словами так, чтобы описание могло заменить вам карту. Вы сразу же легко убедитесь в том, что замена карты текстом дело почти что невозможное.

Как определить масштаб!

Обычно на каждой карте изображен линейный или численный масштаб. Но как быть, если по той или иной причине масштаб отсутствует? Опытный специалист по внешнему виду может сразу назвать масштаб рассматриваемой карты. Если же вы этого сделать не можете, то следует прибегнуть к следующим способам.

По километровой сетке. На всех топографических картах печатается километровая сетка. Стороны квадратов сетки соответствуют определенному количеству километров. Это легко узнать по подписям на выходах линий сетки у рамки карты. Допустим, что расстояние между двумя соседними линиями сетки равно 1 км. Измеряем это расстояние линейкой; у нас получается 2 см. Значит, масштаб карты в 1 см 500 м ($1000 : 2$) или $1 : 50\,000$ (рис. 27).

По номенклатуре листа. Номенклатура — это буквенно-числовое название листа карты. Каждый масштабный ряд имеет свое обозначение, по которому нетрудно определить масштаб карты. Например:

М-35;	масштаб 1 : 1 000 000
М-35-А;	масштаб 1 : 500 000
М-35-Х1;	масштаб 1 : 200 000
М-35—18;	масштаб 1 : 100 000
М-35—18-А;	масштаб 1 : 50 000
М-35—18-А-6;	масштаб 1 : 25 000
М-35—18-А-6-1;	масштаб 1 : 10 000.

По известным расстояниям. На картах крупного масштаба особым условным знаком изображаются километровые столбы на шоссейных дорогах. Стоит в таком месте измерить расстояние от одного столба до другого, и мы сразу узнаем масштаб карты (число сантиметров карты, соответствующее одному километру местности).

На других картах, например, масштаба $1 : 200\,000$ на дорогах поставлены расстояния между населенными пунктами. В этом случае надо измерить линейкой расстояние от одного населенного пункта до другого и на полученное количество сантиметров разделить подписанное количество километров. Полученное число будет означать величину масштаба карты (число километров в одном сантиметре).

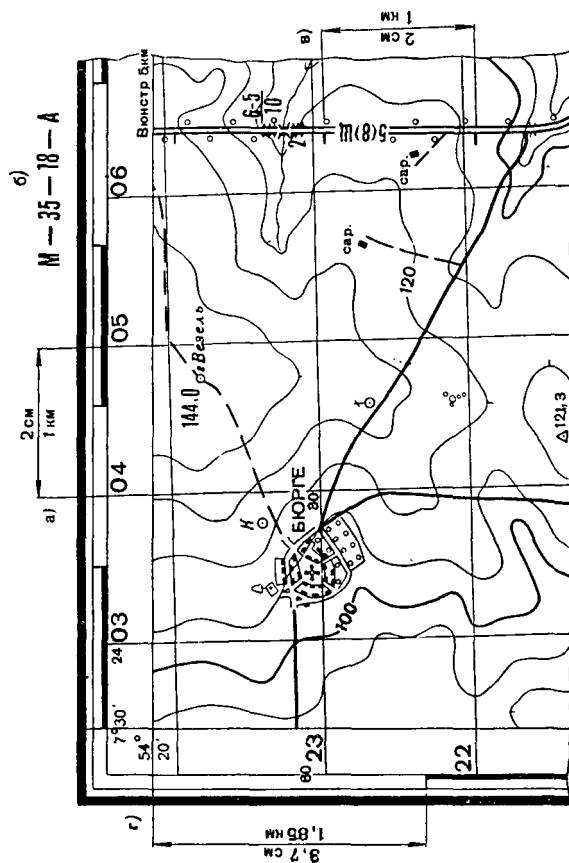


Рис. 27. Определение масштаба карты: а — по километровой сетке; б — по нomenclature листа; в — по километровым столбам; г — по длине дуги меридиана.

По измеренным расстояниям. В том случае, если мы находимся на местности, которая изображена на карте, масштаб ее можно определить непосредственным измерением расстояния между предметами, нанесенными на карту.

По длине дуги меридиана. Чтобы пользоваться этим способом, нужно твердо помнить, что одна минута по меридиану равна примерно 2 км (точнее 1,85). Подписи градусов и минут всегда даются на боковых сторонах рамки карты и, кроме того, каждая минута выделена шашечкой. На рис. 27 длина одной минуты равна 3,7 см. Значит, масштаб карты будет 1 : 50 000, т. е. один см на карте соответствует 0,5 км на местности.

В предисловии к повести В. Орлова «Дорога длиною в семь сантиметров» (журнал «Юность» № 10 за 1959 г.) читаем такие строки:

«Мы поведем здесь речь о последнем звене Южсиба: Абакан-Тайшет. Семьсот два километра, семь мостов, двенадцать туннелей. Магистраль пройдет по южным районам Красноярского края. Если у карты масштаб 1 : 100 000 — эта линия будет длиною в семь сантиметров. Коротенькая, узенькая лента — дорога с черными поперечными полосками... Всего лишь семь сантиметров».

Нетрудно убедиться, что здесь вкралась досадная ошибка. В самом деле, если умножить 7 см на 100 000 и полученное число в сантиметрах перевести в километры, то в результате будет не 700, а всего 70 км. Автор, видимо, имел в виду карту масштаба 1 : 1 000 000, а не 1 : 100 000.

Чтобы нам не допускать подобных ошибок и свободно оперировать с масштабами, решим несколько задач.

Задача 1. Масштаб карты 1 : 50 000. На какое число надо разделить знаменатель дроби, чтобы узнать длину линии местности, соответствующей 1 см карты?

Обычно расстояния на местности даются в метрах, а метр, как известно, содержит 100 см. Значит, знаменатель надо делить на 100 ($50\,000 : 100 = 500$ м).

Для решения таких задач полезно запомнить правило: если в знаменателе масштаба зачеркнуть два последних нуля, то оставшееся число покажет, сколько метров местности содержится в 1 см на карте.

Задача 2. Какая карта крупнее, если масштаб одной 1 : 50 000, а другой 1 : 100 000 и во сколько?

Как уже нам известно, масштаб выражается в виде дроби, числитель которой равен единице, а знаменатель число, показывающее, во сколько раз все линии на карте меньше соответствующих линий на местности. А дробь при одинаковом числителе будет больше та, у которой меньше знаменатель. Значит, карта масштаба 1 : 50 000 будет крупнее карты масштаба 1 : 100 000 ровно в два раза.

А если вам встретится такое выражение: «Масштаб карты более 1 км в 1 см», что же это будет за карта? Крупнее или мельче, чем карта масштаба 1 : 100 000, у которой 1 см точно соответствует 1 км? Оказывается, мельче, потому что величина 1 км помещается в знаменателе, а чем больше знаменатель, тем мельче масштаб карты.

Как измерить расстояние?

Чтобы определить расстояние между двумя точками, вначале измеряют это расстояние на карте, а затем, пользуясь численным или линейным масштабом карты, узнают действительное значение этого расстояния на местности. При пользовании численным масштабом измеренное на карте расстояние между двумя объектами в сантиметрах и умножают на величину масштаба. Например, на карте масштаба 1 : 50 000 измеренное расстояние между двумя местными предметами 4,2 см. Величина масштаба 500 м, следовательно, искомое расстояние будет равно $4,2 \times 500 \text{ м} = 2100 \text{ м}$.

Значительно проще расстояния по карте определяют с помощью линейного масштаба. Для этого достаточно измерить циркулем, линейкой или полоской бумаги расстояние между заданными точками на карте, а затем приложить циркуль к линейному масштабу и снять отчет.

В практике очень часто приходится измерять расстояния не по прямым, а по ломаным или извилистым линиям, например, длину маршрута по дорогам. В этом случае можно воспользоваться одним из следующих приемов.

Шагом циркуля. Устанавливается небольшой раствор циркуля, который называется шагом. Длина шага зависит от степени извилистости линии, но, как правило, не должна превышать 1 см. Одну иглу циркуля ставят в начальную точку маршрута, а вторую в направлении измеряемой линии (рис. 28). Поворачивая циркуль относи-

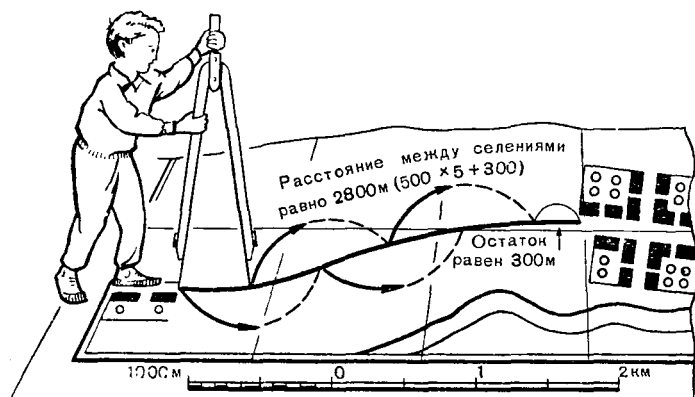


Рис. 28. Определение расстояний по карте.

тельно одной из игл, «шагают» по маршруту. Общая длина маршрута равна числу шагов, умноженному на шаг циркуля в масштабе карты, плюс остаток, измеренный по линейному масштабу.

Способом наращивания раствора циркуля. Измеряемая кривая делится черточками на приблизительно прямолинейные отрезки. При работе циркуль сначала ставится одной ножкой на начальную точку кривой и раздвигается до тех пор, пока вторая ножка не совпадет с первой черточкой линии. Далее, держа эту ножку циркуля плотно на бумаге, поворачиваем первую ножку так, чтобы она стала на мысленном продолжении второго отрезка, то есть отрезка между 1-й и 2-й черточками. После этого, оставляя первую ножку в этом месте, раздвигаем циркуль до совпадения второй ножки со второй черточкой и так далее до конца маршрута. Конечный раствор циркуля будет соответствовать длине кривой в масштабе карты.

Полоской бумаги. Кривую линию небольшой протяженности легко измерить при помощи узенькой полоски

бумаги. Поставив ее на ребро, совмещают с измеряемой линией, изгибая ее там, где имеются извилины. Затем по линейному масштабу узнают общую длину кривой.

Курвиметром. Курвиметр — прибор для измерения кривых линий. Основанием курвиметра служит колесико, длина окружности которого известна. Вращение колесика передается на стрелку, поворачивающуюся по круговой шкале. Зная число оборотов колесика, катящегося по измеряемой линии, легко определить и ее длину. При измерении расстояния нужно стрелку установить на ну-

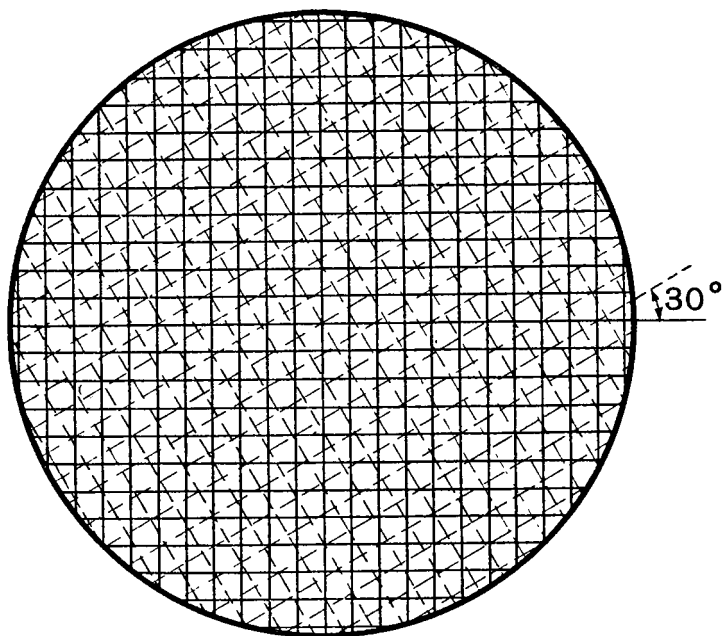


Рис. 29. Лонгометр.

левое деление и прокатить колесико вдоль маршрута. Полученный в сантиметрах отсчет умножают на величину масштаба и в результате определяют действительное расстояние на местности. У курвиметров новых образцов шкалы на циферблате построены с учетом масштабов карт и отсчеты сразу же показывают расстояния в километрах и метрах.

С помощью лонгометра. Лонгометр представляет собой сетку квадратов со сторонами 3,82 мм каждый, построенную на прозрачной основе. Этот простой прибор предложен польским математиком Стейхаусом в 1930 году. Теоретическое обоснование метода измерения длины кривых линий с помощью лонгометра довольно сложно, и мы не будем его разбирать.

Показанный на рис. 29 лонгометр легко изготовить самим. На прозрачную основу наносят разными цветами две сетки квадратов, пересекающиеся под углом 30°. Для измерения длины линии лонгометр накладывают на карту так, чтобы концы измеряемой кривой оказались внутри сетки. Подсчитывают число сторон квадратов, пересекаемых измеряемой линией, по сетке одного цвета, затем, не сдвигая лонгометра, — по сетке другого цвета. Далее берут среднее арифметическое из отсчетов по двум сеткам, утроенное значение которого дает длину измеряемой линии в миллиметрах в масштабе карты.

Измеряя по картам расстояния любым из описанных выше способов необходимо помнить, что карта — документ обобщений. При ее составлении некоторые мелкие подробности местности не учитываются. Как правило, в результате этого на всех картах размеры кривых всегда получаются меньше действительных. Такое несоответствие находится в прямой зависимости от масштаба карты. Чем мельче масштаб, тем существеннее разница между действительным и измеренным расстоянием. Кроме того, уменьшение длины вызывается рельефом, так как при съемке местности на карту наносят не длину линий на поверхности Земли, а длину проекций этих линий на уровенную поверхность. Вследствие этих причин полученные по карте результаты измерения длины маршрута по дорогам следует увеличить с учетом характера местности и масштаба карты. В приведенной ниже таблице даны коэффициенты увеличения длины маршрута, полученные опытным путем.

Характер местности	Масштаб карты		
	1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000
Горная (сильно-пересеченная)	1,15	1,20	1,25
Холмистая (средне-пересеченная)	1,05	1,10	1,15
Равнинная (слабо-пересеченная)	1,00	1,00	1,05

Как измерить площадь?

Измерение площадей по карте требует использования вспомогательных приемов. О некоторых из них мы расскажем.

Геометрический способ. Измеряемая площадь разбивается на сеть треугольников, квадратов, трапеций. Площадь каждого из них вычисляют по известным правилам геометрии. Сумма площадей отдельных фигур даст общую площадь, заключенную в контуре. Для уменьшения ошибки разбивку желательно производить на равнобедренные треугольники. Для проверки общего результата данную фигуру можно вновь разбить на сеть треугольников или же, оставив старую, вычислять их площади, беря за основание другие стороны.

С помощью сетки квадратов. Очень удобно определять площадь при помощи миллиметровой сетки, которую наносят на прозрачную бумагу или пленку. Прикладывая такую сетку на контур карты, подсчитывают число квадратных миллиметров, покрывающих площадь, причем доли миллиметров определяют на глаз. Зная, чему соответствует 1 мм^2 карты на местности, легко определить площадь на карте.

Величину одного квадратного миллиметра нетрудно определить, зная масштаб карты. Например, на карте масштаба $1 : 100\,000$ — 1 мм соответствует 100 м , значит, в 1 мм^2 будет один гектар ($100 \times 100 \text{ м}$).

Планиметром и перочинным ножом. Для измерения площадей специалисты обычно применяют особые приборы, называемые планиметрами. Основным принцип всех видов планиметров заключается в том, что каждую поверхность можно преобразовать в прямоуголь-

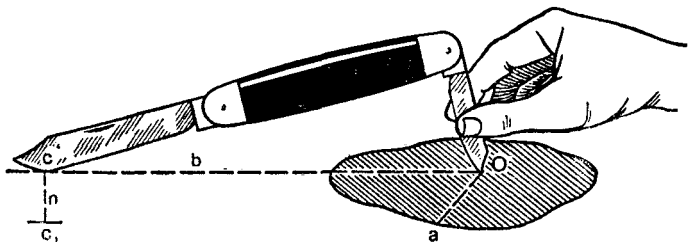
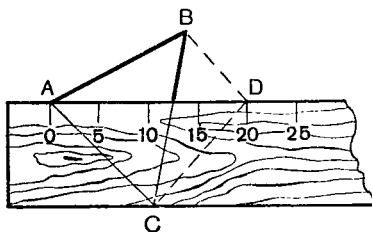


Рис. 30. Измерение площади фигуры ножом.

Рис. 31. Определение площади треугольника линейкой.



ник (треугольник), основание которого равно длине рычага планиметра, а высота — произведению числа оборотов ко-

лесика на его окружность. Обводя иглой, расположенной на конце рычага, контур измеряемой площади, на ободе колесика получают отсчет, равный площади, заключенной в контуре.

Мы не будем более детально рассматривать принцип действия планиметра и его устройство. Вместо этого предложим читателю оригинальный способ измерения площадей с помощью обычного перочинного ножа.

Раскройте большое лезвие ножа полностью, а малое наполовину (рис. 30). Найдите на глаз «центр тяжести» «О» фигуры, площадь которой измеряется, и установите на него острое малое лезвия. При таком положении сделайте нажимом большого лезвия на бумаге метку. Затем возьмите двумя пальцами малое лезвие и передвигайте острое его из центра *о* по прямой линии в какую-нибудь точку *а* и от нее продолжайте обводить контур фигуры, а затем по линии *ао* вновь верните его в точку *о*. В этом положении сделайте нажимом большого лезвия новую метку на бумаге. Расстояние *n* между двумя метками и расстояние *b* между точками соприкосновения лезвий ножа с бумагой измерьте по масштабу карты и определите площадь фигуры по весьма простой формуле $s = b \cdot n$.

Для повышения точности необходимо измерения сделать дважды при взаимно противоположных положениях лезвий. Причем при втором измерении малое лезвие следует передвигать в обратном направлении. Среднее из двух таких измерений даст возможность определить площадь фигуры с точностью 2—3 процента.

Специальной линейкой. Изготовьте из картона или плотной бумаги линейку шириной 2 или 4 см. На одной ее стороне нанесите деления, величина которых зависит от масштаба карты. Так, например, при измерениях площади по карте масштаба 1:10000 линейкой шириной

4 см каждые пять миллиметров будут соответствовать одному гектару.

Определение площадей основывается на равновеликости треугольников, имеющих равные основания и высоты. Так, например, нам требуется измерить площадь треугольника ABC (рис. 31). Через точку B проведем линию BD , параллельную AC . Наложим линейку так, чтобы нуль ее совпал с точкой A , а противоположный край линейки с точкой C . В этом случае отсчет у D даст искомую величину, так как в треугольниках ABC и ADC основание и высота одинаковые.

Если измеряемый треугольник слишком велик и для него данная линейка мала, то основание треугольника и его площадь делят на равные части (2—3). Измеряют площадь одной из них и умножают на число частей (2—3). Если каждая сторона треугольника меньше ширины линейки, то одну из них нужно увеличить в 2—3 раза и полученную площадь разделить на это же число.

Линейкой можно измерять и площадь многоугольника, но в этом случае его надо предварительно разбить на сеть треугольников или превратить его в равновеликий треугольник.

Взвешиванием фигур нанесите на плотную толстую бумагу фигуру, площадь которой S_1 точно известна, вырежьте ее и определите на чувствительных весах ее вес P_1 . На такую же бумагу перенесите с карты измеренную площадь S_2 . Вырежьте и определите вес P_2 этой фигуры. Затем, пользуясь отношением

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{P_1}{P_2},$$

определите искомую площадь.

Как определить крутизну ската?

Расстояние между горизонталями, так называемое заложение, определяет крутизну ската. Чем ближе друг к другу на карте расположены горизонтالي, тем скат круче; чем больше расстояние между двумя соседними горизонталями, тем скат положе. Рассмотрим основные способы определения крутизны ската.

Вычислением. Измерив по карте заложение d и зная высоту сечения h , можно найти крутизну ската α по формуле

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

Эту формулу можно преобразовать, сделав некоторые допуски. Получится простая зависимость, справедливая для карт любого масштаба со стандартным сечением рельефа

$$\alpha = \frac{12}{d},$$

где α — крутизна ската в градусах,

d — расстояние между двумя смежными горизонталями в миллиметрах.

С помощью линейки или на глаз. На топографических картах СССР стандартная высота сечения для каждого масштаба установлена такой, что заложению в 1 см соответствует крутизна около 1° . В приведенной выше формуле существует обратная зависимость между заложением d и крутизной α . Поэтому можно вывести следующее правило: во сколько раз заложение меньше (или больше) одного сантиметра, во столько раз крутизна ската больше (или меньше) одного градуса. Отсюда следует,

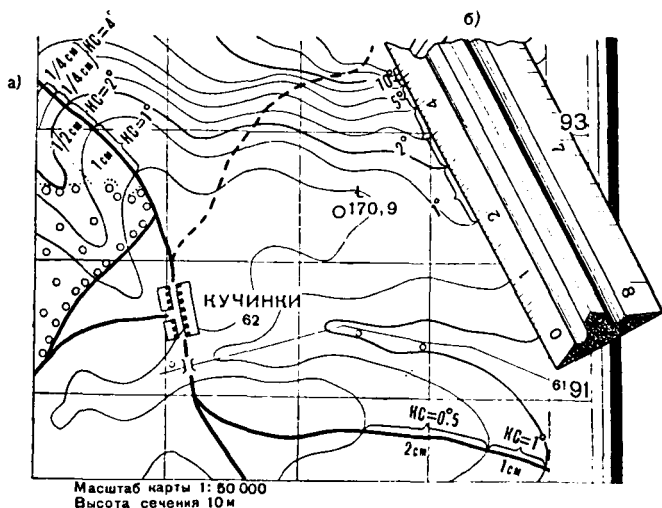


Рис. 32. Определение крутизны скатов: а — на глаз, б — линейкой.

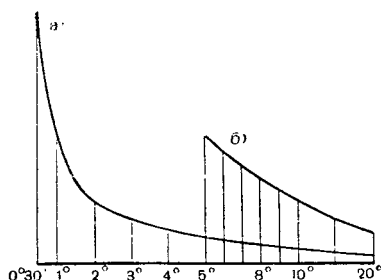


Рис. 33. Шкала заложений.

что заложению в 1 мм соответствует крутизна ската 10° , заложению в 2 мм — 5° , заложению в 5 мм — 2° и т. д. Это правило позволяет определять крутизну скатов как по линейке

с миллиметровыми делениями, так и на глаз (рис. 32 а).

По шкале заложений. На картах шкала заложений дается в виде графика, показанного на рис. 33. Вдоль горизонтального основания шкалы подписаны цифры, означающие крутизну скатов в градусах. На перпендикулярах к основанию отложены соответствующие им заложения и концы их соединены непрерывной кривой. Шкала заложений дается для двух высот сечений: одна — для заложений между двумя соседними горизонталями, другая для заложений между утолщенными.

Для определения крутизны ската по шкале заложений следует измерить циркулем расстояние между двумя смежными горизонталями и приложить циркуль к шкале заложений. Отсчет внизу на шкале против ножки циркуля укажет крутизну ската в градусах.

Теперь представьте себя в роли проектировщика автомобильной дороги. Перед вами карта, часть которой показана на рис. 34. Требуется выбрать трассу дороги на участке от селения в левом нижнем углу карты до перевала между высотой с отметкой 249,2 и высотой с вышкой. Угол наклона дороги нигде не должен превышать 2° .

Возьмем по шкале заложений раствор циркуля, соответствующий 2° . Этим раствором циркуля опишем дугу из начальной точки А до пересечения со второй горизонталью в точке В и соединим эти две точки. Затем из точки В тем же радиусом опишем дугу до пересечения с третьей горизонталью и так далее, пока радиус не коснется горизонтали в конечной точке маршрута. Полученные точки пересечения радиусов с горизонталями соединим сплошной линией с плавными закруглениями. Эта кривая линия на всем протяжении будет иметь подъем ровно 2° .

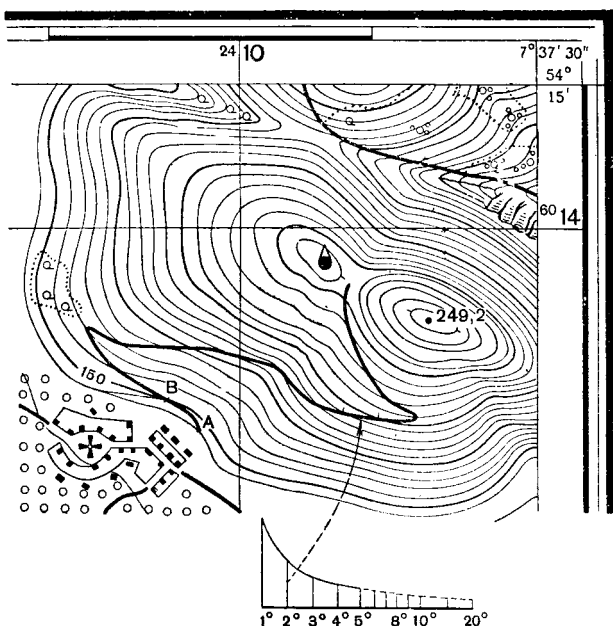


рис. 34. Нанесенная линия на всем протяжении имеет одинаковый уклон.

Строители дорог очень часто сталкиваются с подобными задачами. Причем величину наклона земной поверхности они характеризуют так называемым уклоном. Он выражается дробью, в числителе которой стоит превышение, то есть число, показывающее, на сколько метров местность повышается или понижается, а в знаменателе — число, показывающее, на каком горизонтальном проложении имеет место это повышение или понижение. С помощью буквенных обозначений уклон может быть выражен отношением $\frac{h}{d}$, где d — расстояние, а h — превышение конечной точки расстояния над начальной.

Превышение определяется как разность абсолютных высот двух точек. Если точки не имеют подписей отметок, то вначале определяют их высоты, а затем и разность этих высот, которая и покажет превышение одной точки над другой.

Уклон обычно выражается десятичной дробью в тысячных долях. Например, уклон, равный 26, означает, что

$$\frac{h}{d} = \frac{26}{1000} = 0,026.$$

У железнодорожного полотна часто можно видеть столбы с табличками. Наклон таблички указывает подъем или спуск, а цифры на ней выражают величину уклона и расстояние, на каком происходит этот уклон. Например $\frac{26}{1300}$ означает, что на каждые 1000 м железнодорожное полотно повышается (или понижается) на 26 м и что такой уклон продолжается 1300 м. При этом 26 представляет сокращенную запись, заменяющую 0,026.

Чем же отличается уклон от крутизны ската и можно ли перевести величину уклона в градусные измерения, которыми выражается крутизна ската.

Между уклоном и крутизной существует очень простая математическая зависимость:

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

Поэтому, зная это отношение, можно легко определить угол α (крутизну ската) с помощью математических таблиц. Впрочем перевод вы можете сделать и без таблиц, если помните, что $\operatorname{tg} 1^\circ = \frac{1}{57}$, или 0,018. Следовательно, уклон в 26 тысячных, который дан в нашем примере, соответствует углу примерно в 1,5 градуса

$$\left(\frac{26}{18} = 1,5 \right).$$

Как определить видимость?

Определение по карте взаимной видимости точек сводится к выявлению препятствий, которые могут закрыть объект от взгляда наблюдателя. На равнинной местности такими препятствиями чаще всего являются местные предметы. Поэтому просматриваемость местности зависит от высоты наблюдательных пунктов и местных предметов, мешающих наблюдению.

На холмистой и горной местности препятствовать обзору будут хребты, горы, холмы и другие неровности рельефа в сочетании с местными предметами.

Определение видимости основывается на некоторых общих правилах. Обозначим пункт, где находится наблюдатель, буквами НП, наблюдаемую точку — А, а возможное препятствие между ними — П. Если высота препятствия П меньше высот НП и А, то видимость между этими точками есть (рис. 35, а). Если высота препятствия П больше высот НП и А, то видимости между этими точками нет (рис. 35, б). Если препятствие П имеет высоту больше НП и меньше А или наоборот, то видимость может быть и может не быть (рис. 35, в). В этих случаях взаимная видимость точек определяется одним из следующих способов.

Построением профиля. Пусть требуется определить видимость по направлению тригонометрический пункт — мост (рис. 36). Соединим эти точки прямой, приложим к этой линии бумагу и перенесем на ее край короткими черточками все горизонталы. Около черточек подпишем отметки соответствующих горизонталей. После этого

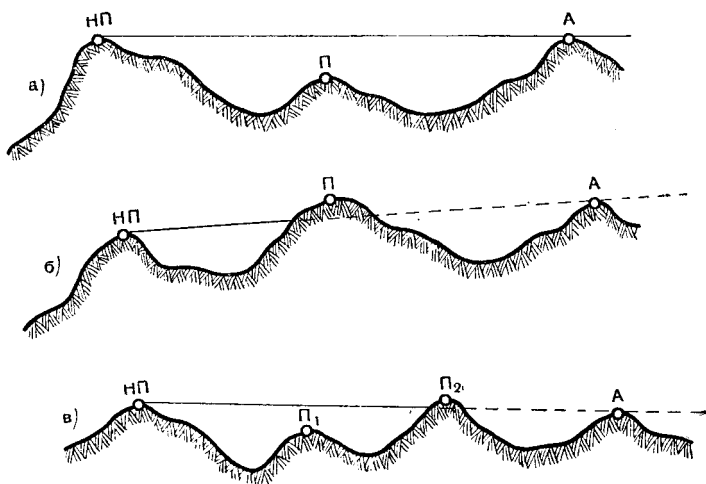


Рис. 35. Условия определения видимости: а — препятствие ниже НП и наблюдаемой точки А; б — препятствие выше НП и точки А; в — препятствие ниже НП и выше точки А.

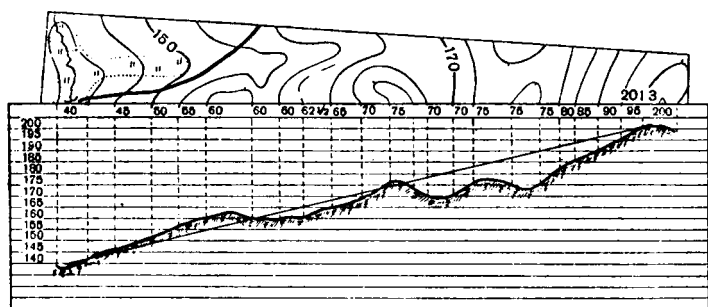


Рис. 36. Построение профиля и определение видимости.

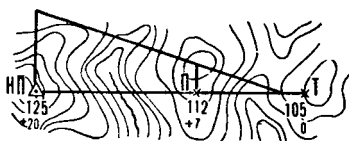
прочертим на бумаге ряд параллельных горизонтальных линий, равных по длине профильной линии карты. Расстояние между ними, изображающее высоту сечения, берется равным 3—4 мм, а число их должно соответствовать числу горизонталей на данном участке. Слева у параллельных линий проставим отметки горизонталей, меньшая по величине отметка должна быть внизу. Теперь от черточек проведем перпендикуляры до пересечения с соответствующими по отметкам параллельными линиями. Пересечения дадут ряд точек, которые после соединения их плавной линией образуют профиль.

Построенный профиль учитывает все изгибы рельефа. В то же время он условный, так как вертикальные размеры (промежутки между параллельными линиями) на нем больше, нежели полагалось бы по масштабу карты. Вертикальные размеры профиля в масштабе карт выдержать невозможно, так как высота сечения 5 м в масштабе 1 : 50 000 получается равной 0,1 мм.

Для определения видимости с помощью профиля достаточно соединить наши точки прямой, и мы сразу же увидим, есть ли между ними видимость или нет. В примере на рис. 36 видимость отсутствует, так как в направлении наблюдения имеются два препятствия. Строгое решение этой задачи потребует обязательного учета высот местных предметов, если они расположены в направлении наблюдения.

В практике иногда применяется построение профиля по ломаной или кривой линии. Так, например, иногда приходится строить профиль для расчета маршрута в гор-

Рис. 37. Определение видимости построения треугольника.



ной местности. Порядок построения профиля по ломаной (кривой) линии остается таким же как и по прямой. Только при переносе черточками горизонталей полоску бумаги нужно поворачивать от одного изгиба к другому.

Построением треугольника. Рассмотрим этот способ на примере, в котором требуется определить, будет ли видна точка Т с наблюдательного пункта НП (рис. 37).

Прочертим на карте между заданными точками прямую линию и отметим на ней точку П, лежащую на хребте, которая по оценке на глаз может помешать наблюдению. Определим отметки всех трех точек. Допустим, получились $H_1 = 105$ м, $H_{\text{п}} = 112$ м и $H_{\text{нп}} = 125$ м. Ставим нуль у точки с наименьшей отметкой, а у других точек подпишем их превышения по отношению к этой нулевой точке. Точка П получилась выше точки Т на 7 м, а точка НП — на 20 м. Восстановим перпендикуляры из точек НП и П и на них в условном масштабе отложим превышения (от точки П — 7 и от НП — 20 мм). Теперь проведем через точки отложения прямую линию (луч зрения). Если эта прямая пересечет линию НП — Т, как это показано на рис. 37, то промежуточная точка не мешает видеть заданную точку Т. Если же пересечение будет на продолжении линии, то видимости нет. В том случае, когда промежуточной точкой будет местный предмет (лес, здание), надо к отметке места, на котором он стоит, прибавить его высоту.

Вычислением. Решим ту же задачу: будет ли видна с наблюдательного пункта НП точка Т (рис. 37). Прочертим между ними прямую, и на этой прямой отметим точку П, которая может помешать наблюдению. Определим превышения НП и П над точкой Т и измерим в сантиметрах расстояния до них: НП выше Т на 20 м и отстоит от нее на 7,2 см, а П выше Т на 7 м и отстоит от нее на 3 см. Делим первое расстояние на второе и соответственно превышения

$$7,2 : 3 = 2,4; \quad 20 : 7 = 2,9.$$

Если частные равны, значит все три точки лежат на линии луча. Если частное от деления расстояний меньше частного от деления превышений, как в нашем примере, значит точка Т видна с НП, если же первое частное больше второго, видимость отсутствует.

Сколько леса в лесу?

В каждом крупном лесном массиве условными знаками указывается порода, высота и диаметр деревьев и расстояние между ними. Допустим, около условного знака, показывающего породу леса, написано: $\frac{20}{0,30}$ 5. Это значит, что высота деревьев 20 м, диаметр на высоте груди — 0,30 м и расстояние между деревьями 5 м.

Полагаем, что ствол каждого дерева имеет форму конуса, основанием которого служит круг диаметром 0,3 м, а высота равна 20 м. Этих данных вполне достаточно, чтобы вычислить объем дерева по известной формуле объема конуса:

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h = \frac{1}{3} 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 20 = 0,47 \text{ м}^3.$$

В результате мы определили, что в одном дереве содержится 0,47 кубометров строевого леса или дров. А чтобы узнать, сколько кубометров леса растет на 1 гектаре, нужно прежде всего определить общее количество деревьев на этой площади. Гектар — площадь квадрата со стороной 100 м. В нашем примере дерево от дерева отстоит на 5 м, значит на расстоянии 100 м будет расположено 20 деревьев, а на площади 100×100 м — 400 (20×20). Теперь уже не представляет особой трудности подсчитать общий объем леса, произрастающего на 1 га. Для этого объем одного дерева нужно умножить на общее количество деревьев.

Сколько воды в реке?

Можно ли по карте узнать, сколько примерно кубометров воды в секунду, минуту, час протекает в той или иной реке?

Чтобы ответить на этот вопрос, выясним, какие данные нужно иметь для наших расчетов. Прежде всего необходимо знать среднюю скорость течения реки. Скорость течения выражается числом метров в одну секунду и подписывается на карте в разрыве стрелки, указывающей направления течения. Но для определения расхода воды этого недостаточно. Нужно знать еще поперечную водяную площадь, или то, что называется площадью «живого сечения» реки. Для определения этой величины воспользуемся другими числовыми данными. Это ширина и глубина реки в межень. Эти сведения даются на карте в виде дроби, в числителе которой указана ширина, а в знаменателе — глубина реки в метрах.

На рис. 38, *а* показан участок реки со всеми необходимыми нам данными. Попытаемся вычислить расход воды за единицу времени.

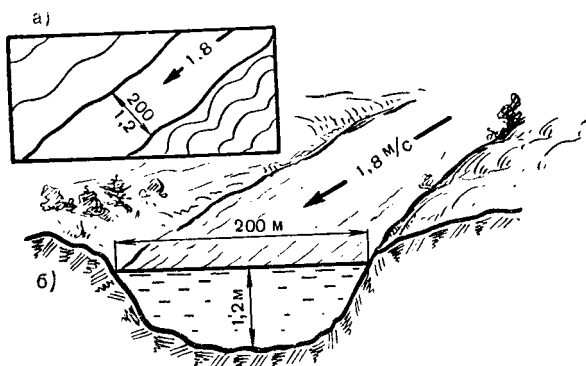


Рис. 38. Участок реки с данными для подсчета расхода воды: *а* — на карте; *б* — в натуре.

Прежде всего определим живое сечение реки. Если сечение реки считать прямоугольным, то для вычисления площади живого сечения достаточно перемножить ширину на глубину. Но нам известно, что все реки, как правило, имеют постепенное увеличение глубины. Для приближенных расчетов можно считать, что указанная на карте глубина проходит не по всему участку поперечного сечения, а только по половине его. Таким образом, живое се-

чение имеет форму не прямоугольника, а трапеции с основаниями 200 и 100 м и высотой 1,2 м, площадь которой будет равна 180 м^2 ($150 \times 1,2$).

Если бы скорость течения была равна 1 м/сек, то в каждую секунду проносилось бы 180 м^3 . Фактически скорость равна 1,8 м/с. Значит, ежесекундно через поперечное сечение реки протекает 324 кубических метра воды.

На местности с картой

С помощью карты можно ориентироваться на местности и точно выдержать намеченный путь. Но прежде необходимо научиться правильно ориентировать карту и находить на ней точку стояния.

Ориентировать карту — это значит расположить ее так, чтобы верхняя сторона рамки была направлена на север, а нижняя — на юг. Для этого с помощью компаса найдите направление на север и в этом направлении заметьте какой-либо предмет. Поверните карту так, чтобы ее верх был направлен на этот предмет.

Ориентировать карту можно и другим способом. Встаньте на какую-нибудь линию местности, обозначенную на карте. Допустим, такой линией будет дорога. Поверните карту так, чтобы направление условного знака дороги совпало с направлением дороги на местности. При этом нужно убедиться, что предметы справа и слева от дороги имеют такое же расположение, что и на карте. Если это условие выполнено, то карта ориентирована правильно.

После ориентирования карты определите на ней точку своего стояния. Проще всего это сделать по какому-нибудь местному предмету, изображенному на карте. Условный знак этого предмета будет указывать точку стояния.

Допустим, вы находитесь на шоссе у переезда через железную дорогу. Найдите на карте изображение железной дороги и шоссе. Пересечение условных знаков шоссе и железной дороги укажет вашу точку стояния.

Несколько труднее определяется точка стояния в

том случае, когда поблизости нет никаких местных предметов. Тогда вам придется применить следующий прием.

Ориентируйте карту, найдите на местности два заметных предмета и опознайте их на карте. Затем проведите на карте направления через условные знаки этих предметов. Для этого можно воспользоваться визирной линейкой или карандашом. Точка пересечения этих направлений будет точкой вашего стояния (рис. 39).

А теперь разберем пример движения по маршруту с помощью карты. Допустим, вы решили совершить небольшой поход от селения Стрельцы до селения Вилки (рис. 40). Для этого на карте предварительно наметьте мягким карандашом линию маршрута. Она пройдет по грунтовым дорогам через поселок Октябрьск. Вдоль маршрута выберите основные ориентиры, которые долж-

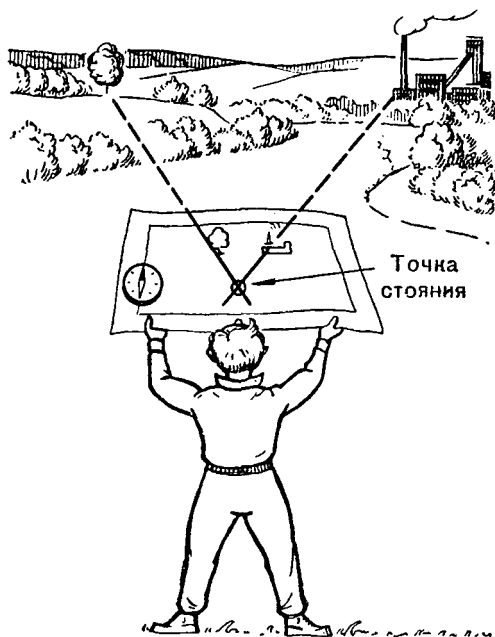


Рис. 39. Точка стояния получается в пересечении направлений, проведенных от местных предметов через соответствующие условные знаки.

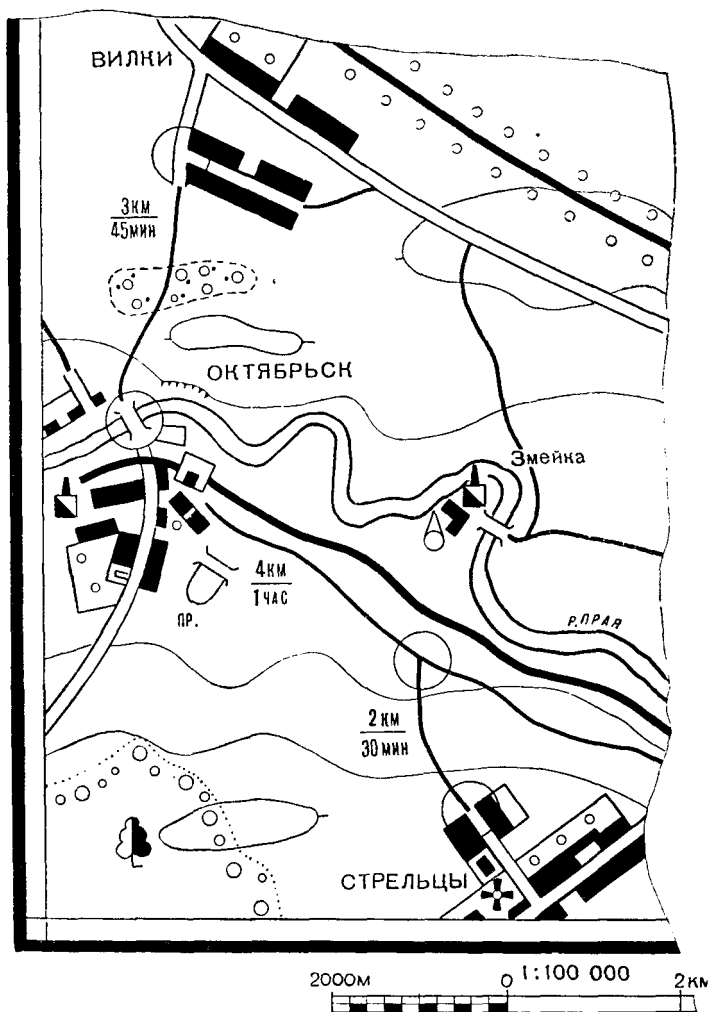


Рис. 40. Подготовка карты для движения по маршруту от селения Стрельцы до селения Вилки.

ны встретиться вам на пути движения. Такими ориентирами могут быть намечены развилка дорог у селения Змейка и мост через реку Прая у поселка Октябрьск. Ориентиры делят весь маршрут на три участка. Пользуясь масштабом карты, определите длину каждого участка и рассчитайте время, которое потребуется вам для движения по отдельным участкам со скоростью, например, четыре километра в час. Эти данные запишите на карте. Они пригодятся для контроля движения.

Будем считать, что вы закончили подготовку карты и можете отправляться в путь. Первая ваша задача — выйти из селения Стрельцы на дорогу, которая ведет в поселок Октябрьск. Для этого выйдите в центр селения и ориентируйте карту. По карте видно, что около церкви нужно свернуть от главной улицы в проезд. Поверните в этот проезд и пройдите по нему до окраины селения. Вы вышли на дорогу, которая ведет к поселку Октябрьск. Чтобы убедиться в этом, достаточно приближенно (на глаз) ориентировать карту, определить на ней свою точку стояния и сравнить ее с местностью. Вдали вы увидите заводские трубы, расположенные в поселке Октябрьск и в селении Змейка. Местоположение этих населенных пунктов точно соответствует положению их на карте. Значит, вы вышли из селения правильно.

Теперь идите к развилке дорог, которая должна встретиться через тридцать минут ходьбы. У развилки дорог снова ориентируйте карту и сравните ее с местностью. Убедившись в том, что развилка именно та, которая намечена в качестве ориентира, поворачивайте влево и идите вдоль железной дороги к поселку Октябрьск.

Дальше надо пройти через поселок Октябрьск к мосту, от которого идет дорога в селение Вилки. Обратитесь опять к карте. Она показывает, что вы должны продолжать движение вдоль железной дороги, миновать станцию и, достигнув переезда, повернуть направо, затем пройти прямо по улице, ведущей к мосту. Идите по этому маршруту, постоянно проверяя правильность движения путем сравнения карты с местностью. Достигнув моста, ориентируйте карту, и с ее помощью найдите дорогу в селение Вилки. Продолжая по ней движение, вы через сорок пять минут достигнете конечного пункта маршрута.

П о а з и м у т у

Разделим круг на 360 частей и по ходу часовой стрелки нанесем обозначение от 0 до 360. Предположим, что мы в центре круга, а нулевое его деление направлено на север. Следовательно, линия, соединяющая центр круга с нулевым делением, направлена вдоль меридиана. Любой отсчет от этой линии по ходу часовой стрелки в угловых величинах до линии, направленной на тот или иной предмет, называют азимутом. На практике азимут определяют с помощью компаса, шкала которого разделена на 360° . Азимут, определяемый с помощью компаса, называют магнитным в отличие от истинного азимута, отсчитываемого от истинного меридиана.

Топографические карты состояются листами, у которых боковые стороны ограничены линиями истинных меридианов. На каждом листе карты наносится километровая сетка. Вертикальные линии сетки не параллельны линиям меридианов, а составляют с ними некоторый угол, называемый сближением меридианов. Величина сближения указывается на схеме в нижней части карты. На той же схеме показывается значение угла между истинным и магнитным меридианом. Этот угол называется склонением магнитной стрелки.

Определять азимуты по карте можно с помощью транспорта. Отсчет производят обычно от вертикальных линий километровой сетки. Полученные значения так называемых дирекционных углов переводят в магнитные азимуты путем прибавления или вычитания соответствующей поправки. Как выполняются эти действия, разберем на примере.

Допустим, нам требуется определить магнитный азимут направления с кургана на мост (рис. 41). Соединим эти две точки прямой линией. Угол по ходу часовой стрелки между северным направлением вертикальной линии километровой сетки и направлением на предмет будет дирекционным углом. Для измерения углов воспользуемся транспортом. Отсчет по шкале транспорта составляет 120° . Теперь обратимся к схеме, помещенной в нижней части рисунка. От вершины углов, обозначенных на схеме, проведем произвольную прямую OA и отчертим дугами углы, которые составляет эта прямая с вертикальной линией сетки и с линией магнитного меридиа-

на. Первый угол (D_y) нам известен; он равен 120° ; второй угол — магнитный азимут (A_m) — требуется определить. Пользуясь схемой, на которой даны значения сближения и склонения, нетрудно найти поправку для перехода от дирекционного угла к магнитному азимуту. В данном случае она будет равна 8° . В зависимости от положения углов на схеме поправка прибавляется к дирекционному углу или вычитается из него. В нашем примере поправку нужно прибавить к дирекционному углу и магнитный азимут будет равен 128° .

Для того чтобы подготовить данные для движения по азимутам, прежде всего нужно по карте изучить местность и наметить по маршруту движения ориентиры, которые необходимы для контроля движения. Количество ориентиров и расстояния между ними устанавливают в зависимости от характера местности, по которой предстоит двигаться, и от времени суток. Очевидно, что при движении днем по открытой местности можно обойтись меньшим количеством ориентиров, намечая их через 1—2 км, а при движении в лесу или ночью ориентиры нужно намечать чаще. В качестве ориентиров можно выбрать любые предметы, хорошо опознаваемые на местности (ямы, перекрестки дорог, курганы и т. п.). При движении ночью в качестве ориентиров надо использовать такие местные предметы и детали рельефа, которые можно опознать в темноте.

Показанный на рис.

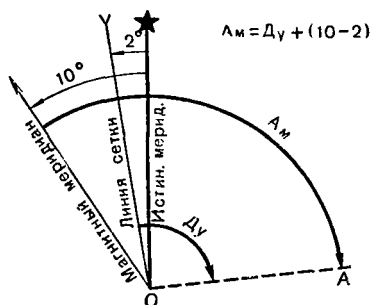
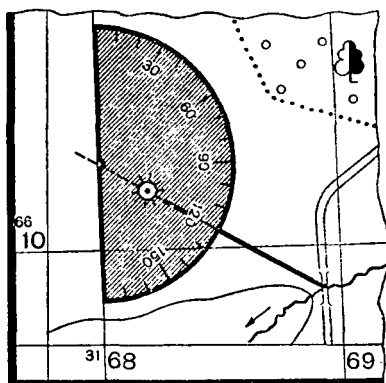


Рис. 41. Определение магнитного азимута по карте.

42 маршрут проходит по лесу; протяженность его небольшая, и мы ограничились лишь одним поворотным ориентиром — перекрестком просек.

Определение магнитных азимутов выполняем в такой последовательности. Выбранные по маршруту ориентиры соединяем прямыми линиями, но так, чтобы каждая линия пересекала одну из вертикальных линий километровой сетки. На рис. 42 направление Сходы — пересечение просек продолжено до пересечения его с километровой линией, обозначенной числом 40, а следующее направление продолжено до пересечения с линией, у которой подписано число 41.

Затем измеряем транспортиром углы между северным направлением вертикальной километровой линии и направлением на предмет по ходу часовой стрелки. Они получились равными: для направления Сходы — перекресток просек — 41° , а для направления перекресток просек — дом лесника — 338° .

Затем обращаемся к схеме, на которой даны значения сближения меридианов и магнитного склонения. Обозначим дугами дирекционный угол и магнитный азимут для произвольно прочерченного направления (Ду и Ам) и определим величину и знак поправки для перехода от дирекционного угла к магнитному азимуту. В нашем случае поправка равна 11° со знаком минус. Значит, магнитный азимут

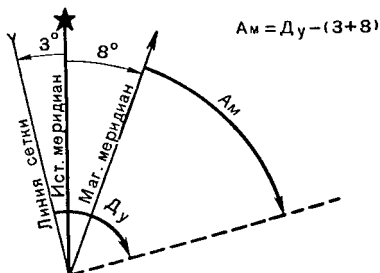
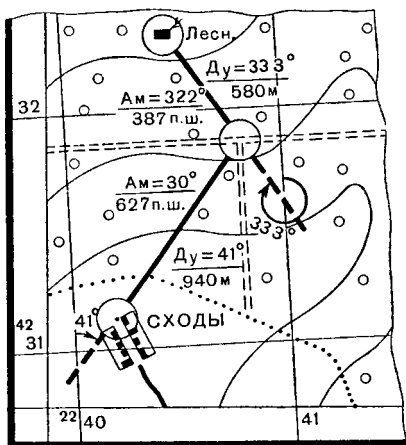


Рис. 42. Подготовка данных для движения по азимутам.

первого направления (Сходы — перекресток просек) будет равен 30° , а второго — 322° .

Для движения по азимутам необходимы не только угловые данные (азимуты), но и расстояния между ориентирами. Расстояния измеряем по карте известными нам способами. В нашем примере они получились равными 940 и 580 м.

Если движение будет совершаться пешим порядком, то расстояния в метрах нужно перевести в пары шагов. Данные для движения по азимутам сводятся в таблицу и приводятся на схеме движения, составленной по карте (рис. 43).

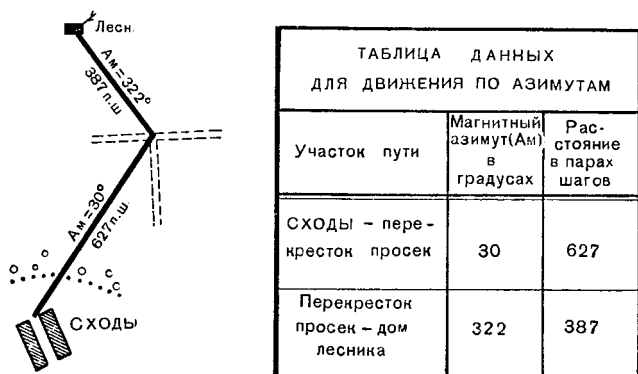


Рис. 43. Схема и таблица данных для движения по азимуту.

Движение на местности по данным азимутам производится с помощью компаса. Как видим из рис. 44, компас имеет шкалу, проградуированную в градусах, магнитную стрелку и визирное приспособление, состоящее из мушки и прицела.

В исходной точке (северная окраина Сходы) указатель мушки компаса устанавливают по шкале на отсчет, равный магнитному азимуту направления от Сходы до перекрестка просек, т. е. на 30° . Отпустив тормоз стрелки и придав компасу горизонтальное положение, совмещают северный конец магнитной стрелки с нулевой отметкой. Не сбивая ориентировки компаса, визируют через прорезь и мушку вперед от себя. Это и будет направлением движения на перекресток просек.

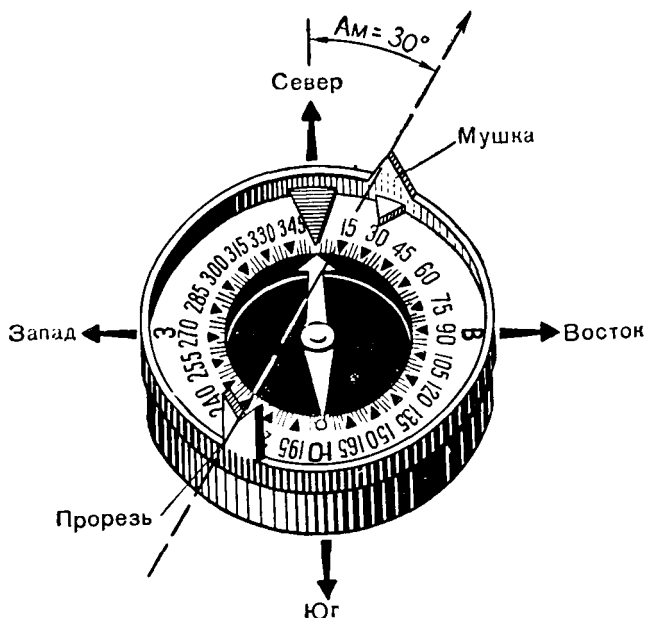


Рис. 44. Магнитный азимут направления Сходы — перекресток дорог равен 30° .

Чтобы выдержать в пути намеченное направление, при визировании замечают удаленный предмет (ориентир), находящийся строго в направлении визирования. Это будет вспомогательный ориентир, который в дальнейшем используют для выдерживания направления. Желательно, чтобы вспомогательный ориентир был расположен дальше поворотного ориентира, а еще лучше — на горизонте. Но если местность этого не позволяет, следует наметить ориентир, расположенный ближе поворотного. Им может быть любая хорошо заметная деталь местности, находящаяся на линии движения.

В нашем примере вспомогательным ориентиром будет угол леса. Выбрав вспомогательный ориентир, начинают на него движение, ведя при этом счет пар шагов. Дойдя до угла леса, снова определяют по компасу направление движения на перекресток просек по тому же азимуту 30° , что и на исходной точке. Если бы дальнейшее движение проходило на открытой местности, то мы наметили бы

следующий вспомогательный ориентир и продолжали движение, пока не достигли поворотного пункта. В нашем случае дальнейшее движение проходит по лесу, в котором будет значительно труднее выдержать назначенное направление, так как в лесу трудно, а порой и невозможно выбрать вспомогательные ориентиры. Поэтому, чтобы не сбиться с пути при движении по лесу, необходимо пользоваться компасом очень часто.

Продолжая движение от вспомогательного ориентира, отсчитывают шаги, пока не будет пройдено от селения Сходы заданное расстояние — 627 пар шагов. Возможно, мы не попадем точно на перекресток просек. В этом случае нужно пройти в ту или другую сторону по одной из просек, которую обязательно пересечем на своем пути.

У поворотного ориентира (пересечение просек) указатель мушки устанавливают на новый отсчет, равный магнитному азимуту направления на дом лесника, т. е. на 322° . Ориентируют компас так же, как в начальной точке маршрута, и по данному азимуту намечают направление движения, которое приведет нас к конечному пункту.

Движение по азимутам — простой и вместе с тем надежный способ ориентирования на местности. Чтобы хорошо освоить его и научиться уверенно выполнять описанные приемы и действия, достаточно после небольшой тренировки на местности самостоятельно пройти с компасом по одному-двум маршрутам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вот и закончилось первое знакомство с топографией. А что же дальше? А как быть, если не все ясно, если многие вопросы не были достаточно подробно рассмотрены в этой книжке? Надо идти дальше, и помощниками в этом будут учебники топографии и капитальные, специальные труды. Ведь топография — это не только наука, основы которой необходимо знать буквально каждому, а тем более будущему воину Вооруженных Сил. Топография — это и профессия. Топограф, а тем более военный топограф — это почетная и очень увлекательная профессия. И если эта книжка поможет вам в выборе военной профессии, мы будем считать, что ваше знакомство с топографией было не только приятным, но и полезным.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ОТ ПЛАНА К КАРТЕ	3
Немного истории	3
План и карта	5
Картографические проекции	6
Каркас карты	12
Треугольники на земле	15
Масштаб карты	17
Точность масштаба и точность карты	19
Топографическая карта	22
ЧТО СОДЕРЖИТ КАРТА	23
От рисунков к условным знакам	23
Азбука карт	27
Какими должны быть условные знаки	28
Третье измерение	31
Линии равных высот	35
С КАРТОЙ В РУКАХ	39
Учись читать	39
Как определить масштаб?	43
Как измерить расстояние?	46
Как измерить площадь?	50
Как определить крутизну ската?	52
Как определить видимость?	56
Сколько леса в лесу?	60
Сколько воды в реке?	60
На местности с картой	62
По азимуту	66
Заключение	71

Алексей Михайлович Куприн
УМЕЙ ОРИЕНТИРОВАТЬСЯ НА МЕСТНОСТИ

Художник **В. И. Сорокин**
Редактор **Л. А. Сергеев**
Художественный редактор **Г. Л. Ушаков**
Технический редактор **Д. А. Стеганцева**
Корректор **Р. М. Рыкунина**

Г 50343. Сдано в набор 9. I 1968 г. Подписано к печати 10. VI 1968 г.
Изд. № 2/4816. Бумага типографская № 2. Формат 84×108¹/₃₂. Объем
физ. п. л. 2,25. Усл. п. л. 3,78. Уч. изд. л. 3,36. Тираж 150 000 экз.
Зак. 201. Цена 11 коп.

Издательство и комбинат печати «Радянська Україна».
Киев, Анри Барбюса, 51/2.

Цена 11 коп.

