

А. М. КУПРИН

ЛИК ЗЕМЛИ

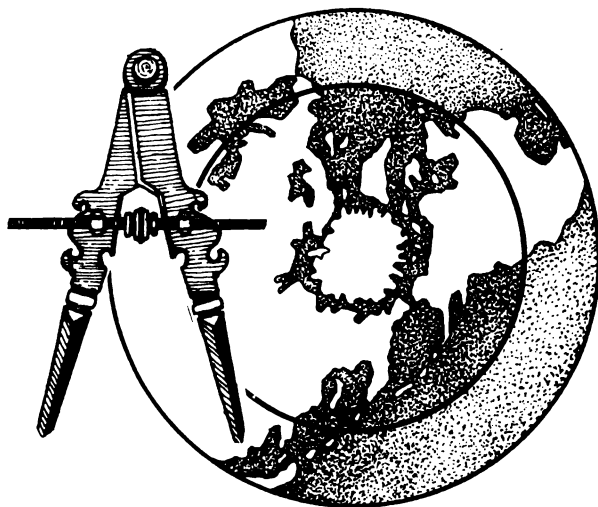


НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ.
БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

А. М. КУПРИН

ЛИК ЗЕМЛИ



МОСКВА "НЕДРА" 1991

ББК 26.12
К 92
УДК 528.93

Библиотека основана в 1986 году

Куприн А.М.

К 92 Лик Земли. — М.: Недра, 1991. — 112 с.: ил. (Научно-популярная библиотека школьника)
ISBN 5-247-02327-7

В увлекательной форме в виде познавательных рассказов и любопытных задач изложены сведения о нашей планете, об измерениях и ориентировании на местности, о задачах геодезии. Популярно рассказывается об изображении лика Земли на планах и картах. Значительное место отведено работе с картой и решению по ней практических задач. Впервые раскрываются тайны топографических карт.

Для учащихся старших классов общеобразовательных школ, а также для широкого круга читателей, интересующихся науками о Земле.

К $\frac{1802030000 - 019}{043(01) - 91}$ 208—91

ББК 26.12

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЕ ИЗДАНИЕ

Куприн Алексей Михайлович

ЛИК ЗЕМЛИ

Заведующий редакцией *Л.Г. Иванова*
Редактор издательства *Е.А. Евтеева*
Технический редактор *С.Г. Веселкина*
Корректор *Е.С. Глуховская*
Операторы *Ю.А. Савельева, И.Е. Черепкова*
ИБ № 8891

Подписано в печать с репродуцируемого оригинал-макета 19.11.90. Формат 60 × 88 $\frac{1}{16}$. Бум. кн.-журн. для офсетной печати. Гарнитура Универс. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 6,86. Усл. кр.-отт. 7,23. Уч.-изд. л. 7,37. Тираж 50 000 экз. Зак. № 6234/2735—8. Цена 40 коп.

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра".
125047 Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО
"Первая Образцовая типография" Государственного комитета СССР по печати
113054 Москва, Валуевская, 28

ISBN 5-247-02327-7

© А.М. Куприн, 1991
© Художник-иллюстратор Н.В. Маркова, 1991

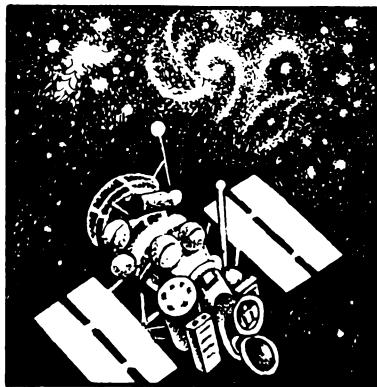
ПРЕДИСЛОВИЕ

Земля — единственная обитаемая планета солнечной системы. Из космоса ее всю можно охватить взглядом и выглядит она необыкновенно красиво. А когда-то люди считали Землю необъятной, населяли ее загадочными существами и искали на ней рай и ад. За прошедшие тысячелетия человек многое познал и многое сделал, чтобы раскрыть тайны нашей планеты, но и сегодня она еще таит в себе много неразгаданного.

Изучением облика Земли с давних пор занимаются геодезия, топография, картография. Эти науки взаимосвязаны и в конечном счете решают одну основную задачу: верно и точно показать форму, размеры и внешний облик нашей планеты. Вот об этих науках и близких к ним предметах (в частности, об ориентировании на местности) и пойдет разговор в нашей книге.

В книгу включены интересные иллюстрации, примеры из художественных произведений известных писателей. Все это в значительной мере поможет читателям лучше понять излагаемый материал.

Несколько слов о построении книги. Каждый раздел состоит из обзорной части, небольших познавательных рассказов, исторических фактов, любопытных задач. Некоторые задачи связаны с простейшими расчетами, вполне посильными школьникам. Подобные упражнения не только прочнее закрепляют сообщаемые сведения, но и подготавливают к чтению более серьезных книг. Задачи сопровождаются подробными решениями или ответами. Но вы не спешите их прочитать: сначала попробуйте, путем логических рассуждений, самостоятельно прийти к правильному выводу, это интереснее, чем сразу узнать готовый ответ.



ЗЕМЛЯ – НАШ ДОМ

КАК ЛЮДИ ОТКРЫВАЛИ ЗЕМЛЮ

История познания нашей планеты – это интересное и поучительное повествование о том, как люди по крупицам собирали сведения о суше и морях, пытаясь по ним изобразить лик Земли. Истоки этой науки уходят в далекое прошлое.

Наши древние предки имели самые фантастические представления о Земле. Они считали, что Земля поддерживается четырьмя слонами, которые, в свою очередь, стоят на огромной черепахе, плавающей в океане; представляли ее в виде плоского диска, дрейфующего во всемирном океане.

С годами представление о Земле менялось. Благодаря героическим усилиям отважных мореходов мировой океан отдавал все новые и новые земли. Труден был путь первооткрывателей. Они шли на лишения и подвиги и порой ценой своей жизни закрывали белые пятна неизвестности. Каждое открытие, сделанное отважными путешественниками, – это вклад в познание Земли. Постепенно на карте стали обозначаться некогда загадочные недоступные континенты, россыпи островов, разбросанных в бескрайних океанских водах. Так, шаг за шагом человек познавал свою Землю – свой дом.

В результате географических открытий на карте мира появились изображения неведомых до того времени морей и материков, островов, рек и других географических объектов.

Облик Земли глазами Гомера. Древнегреческий поэт Гомер, живший в XII–VIII в. до н.э., создал известные всему миру эпические поэмы “Одиссея” и “Илиада”. Из их содержания мы узнаем, что Гомер хорошо знал окружающий его мир и стремился познакомить с ним своих читателей. По его представлению Земля имела форму круга, в середине которого располагалось Эгейское море.

Мир, хорошо знакомый Гомеру, ограничивался странами, прилегающими к Эгейскому морю. Все то, что было дальше от него, было известно только отчасти. Гомер считал, что пространство к востоку и западу занято эфиопами (буквально “обожженные солнцем”), а на

крайнем юге живут низкорослые племена пигмеев. Далеко на севере, по словам Гомера, расположены земли, всегда покрытые туманами и облаками.

“Там безотрадная ночь исконе окружает живущих”.

Несомненно, что во времена Гомера были весьма смутные представления о дальних странах.

С о м н е н и я Г е р о д о т а . В V в. до н.э. жил известный древнегреческий ученый Геродот. Он был великим путешественником древности и оставил нам классический памятник античной науки, известный под названием “История в девяти книгах”. Геродот был очевидцем многих событий и с величайшими подробностями передал все, что сам увидел или узнал от других, не умалчивая при этом о своих сомнениях в правдивости изложения некоторых событий и фактов. Вот, например, как описывает Геродот некоторые подробности экспедиции вокруг Африки (в описании она именуется Ливией): — “Финикияне отплыли из Эритрейского моря и вошли в южное (Красное) море. . . Прошло в плавании два года, и только на третий год они обогнули Геракловы Столбы (Гибралтарский пролив) и возвратились в Египет. Рассказывали также, чему я не верю, а другой кто-нибудь может быть и поверит, что во время плавания кругом Ливии финикияне имели Солнце с правой стороны”.

Самое невероятное для Геродота состояло в том, что “финикияне имели Солнце с правой стороны”. Любой житель средиземноморских стран знал, что если корабль плывет на запад, то Солнце находится слева по ходу, т.е. в полдень светит с юга. Финикияне же якобы видели Солнце к северу, — разве можно этому поверить?

Если бы Геродоту было известно, что Земля имеет форму шара и вращается вокруг своей оси, а южная часть Африки, которую экспедиция огибала, находится в южном полушарии, то он не поставил бы под сомнение описанный факт. Сейчас каждому из нас все это известно, и мы не сомневаемся, что в южном полушарии Солнце в полдень находится на севере. Доказательство очень простое. Начертите круг, посередине его слева направо проведите линию и в центре поместите кружочек. Линия будет обозначать экватор, а кружочек — Солнце. Южнее экватора покажите стрелку, направленную справа налево, т.е. с востока на запад. Эта стрелка обозначает курс корабля, а относительно его Солнце находится справа, т.е. на севере.

В е л и к и й к а р т о г р а ф д р е в н о с т и . Свои представления о Земле древние греки старались изложить в виде чертежа — карты. В то время, когда жил Геродот, уже были такие карты, но они содержали слишком примитивные сведения. “Смешно глядеть, — писал Геродот, — как из множества составителей землеописаний ни один не показал вида Земли толково”.

Большой вклад в изучение лика Земли внес древнегреческий ученый Клавдий Птолемей, живший во II в. н.э. Он представлял Землю

уже в виде шара и для изображения ее поверхности разработал ряд картографических проекций.

Птолемей считал, что на земном шаре преобладает суша, разделяющая единый океан на отдельные замкнутые моря. Индийский океан, например, представлялся ему в виде огромного озера, окруженного со всех сторон сушей, которая далеко распространяется к югу, северу и востоку.

Птолемей составил подробную карту Земли, какой до него еще никто не создавал и вплоть до XV в. никто не создал лучшей. На его карте довольно подробно изображены три части света: Европа, Азия и Африка. Западные берега Европы омывают воды океана, с неведомых гор катит свои волны в Каспийское море река Ра (Волга). Мощные, причудливо извивающиеся потоки образуют Нил, ряды нарисованных горок показывают направления горных хребтов.

При Птолемеи картография у греков достигла наивысшего расцвета. Громадный географический кругозор Птолемея позволил ему основательно преобразовать прежнюю карту Земли. Птолемея по праву можно назвать отцом картографии.

З а б л у ж д е н и е К о л у м б а. В средние века достижения науки античного мира были забыты. Церковь боролась с научными представлениями о строении мира, жестоко преследовала учение о шарообразной форме Земли. Прошли многие годы, прежде чем человеческая мысль смогла, наконец, разорвать церковные путы. В конце XV в. вновь возрождается учение о шарообразности Земли, издаются сочинения и карты Птолемея.

Исключительно важное значение в познании Земли имели путешествия в конце XV и начале XVI вв. Наиболее крупным из них было путешествие испанского моряка Христофора Колумба, открывшего Америку.

Ранним утром 3 августа 1492 г. три каравеллы Колумба подняли паруса и отплыли искать новый морской путь в богатую Индию. Убежденный, что Земля — шар, Колумб считал, что, плывя на запад через Атлантический океан, можно достичь берегов Азии. В заблуждение его ввела карта Птолемея, на которой восточные берега Азии близко подходили к западному побережью Европы.

В трудном плавании прошло более двух месяцев, когда наконец моряки увидели землю. Это был один из островов Центральной Америки, а не Восточной Азии, как предполагал Колумб. Он совершил еще три путешествия в Америку, но до конца жизни был уверен, что побывал в Индии. Величайшая ошибка привела к величайшему открытию.

О т к р ы т и я К у к а. Известный английский мореплаватель Джеймс Кук (1728—1779) совершил несколько кругосветных путешествий и открыл множество островов в Тихом океане. Во время плаванья он познакомился с интересными картами, которыми пользо-

вались жители Маршалловых островов и Полинезии. Сделаны они были из черенков пальмовых листьев, расположенных под разными углами друг к другу. К ним прилагались раковины, и все это соединялось нитями из пальмовых волокон. Что же представляли собой такие загадочные карты?

Внимательно наблюдая за океаном на протяжении многих поколений, островитяне заметили, что морские волны, встречая на своем пути землю, изменяют свое направление и по нему можно найти путь к острову. Палочки на картах и указывают направление волн, а раковины обозначают острова.

Возможно, Кук и сам в какой-то мере использовал такие карты, но главным его путеводителем в плавании по безбрежному океану была карта, составленная полинезийским жрецом Тупиа, которого Кук взял на свой корабль с острова Таити. Тупиа вырос на родине смелых мореплавателей, обладал выдающимися способностями и отлично знал Полинезию. На лист бумаги он нанес семьдесят четыре острова, рассеянных в радиусе трех тысяч километров, причем указал и примерные румбы, под которыми эти острова расположены к острову Таити. Карта охватывала огромную территорию, лежащую между 7° и 27° южной широты, и 130° и 170° западной долготы. Благодаря этой карте Кук сделал крупнейшие географические открытия. К сожалению, оригинал карты не сохранился до наших дней, но сохранились две ее копии.

Подвиги русских землепроходцев и мореходов. Это было более двухсот пятидесяти лет тому назад. Отряд моряков под командованием Василия Прончищева должен был обогнуть полуостров Таймыр и составить карту побережья. На корабле находилась первая полярная исследовательница, его жена Мария Прончищева, которая мужественно прошла все тяжелые испытания, выпавшие на их долю.

Полярные льды преградили путь кораблю. Короткое северное лето окончилось, и людям пришлось бороться с пятидесятиградусными морозами, снежными бурями, голодом и болезнями. Многие не вынесли тягот, 29 августа 1736 г. скончался Василий Прончищев, а 12 октября последовала за ним его верная спутница. Они похоронены на берегу пустынной бухты в устье реки Оленек. Могила сохранилась до наших дней, хотя надписей на деревянном кресте невозможно разобрать. В честь их подвига на карте появились названия, в том числе и мыс Прончищевой.

Дело Прончищевых продолжил отряд Харитона Лаптева. Он также повел корабль на север, но громадные льдины стиснули судно со всех сторон и раздавили его, как спичечный коробок. Команда успела выбраться на берег. Теперь у Харитона Лаптева уже не было судна, однако от своей цели он не отказался. Люди решили переждать долгую полярную зиму, чтобы весной на лыжах и собачьих упряжках пе-

ресечь Таймыр. И вот, наконец, солнце вернулось на небо, морозы ослабли. Можно отправляться в путь. Штурман Семен Челюскин повел своих людей вдоль берега, 8 мая 1742 г. он достиг самой северной точки нашего материка, определил ее широту и поставил столб с надписью "Восточный северный мыс". Теперь этот мыс носит имя Челюскина.

Цель экспедиции достигнута. В результате неимоверных усилий самоотверженных исследователей были составлены подробное описание и приближенная карта полуострова Таймыр.

Это всего лишь одно из многочисленных открытий, сделанных русскими исследователями. История сохранила имена смелых капитанов и землепроходцев, открывших окраины Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока. Среди них блистательные землепроходцы, ходившие вдоль Амура и Тихого океана Василий Поярков, Ерофей Хабаров, разведчик Охотского моря Михаил Стадухин, храбрый исследователь реки Лена Василий Бугров, открыватель новых земель и основатель русских поселений в так называемой Русской Америке Григорий Шелехов и многие другие.

Особой заслугой русских исследователей считается открытие шестого континента — Антарктиды. В 1819—21 гг. корабли "Восток" и "Мирный" под командой Ф.Ф. Беллинсгаузена и М.П. Лазарева обошли вокруг неведомого материка и пять раз вплотную подходили к его берегам. В водах Антарктики было открыто много островов.

28 января 1820 г., когда экспедиция впервые подошла к берегам Антарктиды, принято считать датой ее открытия. С этого времени легенда о Южном материке становится явью и к его берегам устремляются новые экспедиции.

Кто открыл Берингов пролив? В 1648 г. казак Семен Дежнев совершил смелое морское путешествие. На шести больших лодках-кочах, которые могли идти на веслах и под парусами, он отправился от устья реки Колымы на восток по холодным водам Ледовитого моря. К тому времени русские землепроходцы уже побывали на далекой Чукотке у берегов реки Анадырь, и Дежнев решил пройти в те места морским путем. В очень трудных условиях ему удалось обогнуть азиатский материк и высадиться на безмолвное побережье Чукотки южнее устья реки Анадырь. "Носило меня по морю после Покрова Богородицы всюду неволею и выбросило на берег за Анадырь-реку".

С. Дежнев, обогнувший морем северо-восточную оконечность азиатского материка, открыл, сам того не ведая, пролив между Азией и Америкой. Подвиг Дежнева неоспорим. Но Дежнев не мог определить местонахождение пролива, так как не было еще карты, на которой можно было бы показать его положение.

В 1725 г. Петр I за три недели до смерти распорядился направить экспедицию Витуса Беринга разведать, где "Азия сошлась с Америкой". В 1728 г. Беринг открыл остров Св. Лаврентия и прошел про-

ливом между Азией и Америкой до параллели 67° с.ш. Но ему также не удалось осмотреть американские берега и тем более нанести их на карту. Это сделали в 1732 г. подштурман Иван Федоров и геодезист Михаил Гвоздев. Судно Федорова пересекло пролив Беринга от мыса Дежнева до мыса Принца Уэльского. В июне 1733 г., после смерти Федорова, Гвоздев составил карту этого замечательного плавания и послал ее в Иркутск. К сожалению, карта пока не найдена, но описание ее сохранилось.

Таким образом, пролив между Азией и Америкой был открыт совместными усилиями отважного морехода С. Дежнева, капитан-командора В. Беринга и мало кому известных беззаветных тружеников И. Федорова и М. Гвоздева, которые первыми не только осмотрели противоположащие берега Азии и Америки, но и нанесли их на карту.

ПОД СВОДОМ НЕБЕСНЫМ

Для древних людей было естественным считать Землю неподвижной. Они наблюдали, как Солнце, Луна, весь небосвод поворачивается вокруг нее, и восприняли это как очевидный факт. И действительно, с Земли окружающее нас пространство кажется огромным опрокинутым над нами куполом, на котором днем мы видим Солнце, а иногда и Луну, а ночью звезды, Луну, планеты. Медленно, почти незаметно для глаза, небосвод поворачивается над нами: одни звезды подобно Солнцу заходят за горизонт, другие, перемещаясь по небосводу, остаются видимыми всю ночь. Теперь каждый из нас знает, что небос-

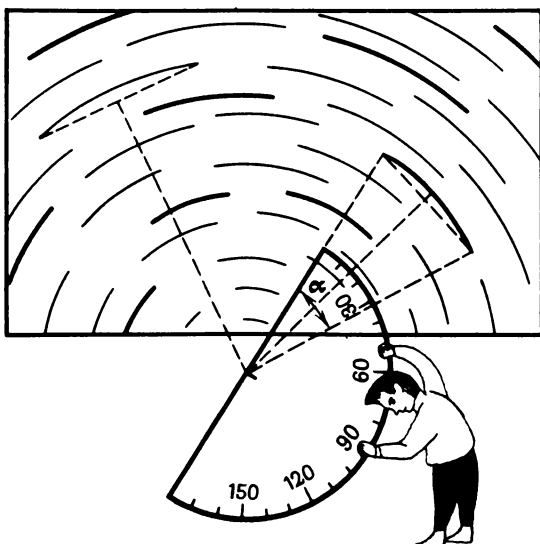


Рис. 1. Фотография ночного неба

вод вовсе не крутится, а вращается наша планета. Но от этого дело не меняется. Наше представление о ходе времени, как и у наших далеких предков, связано с видимым движением звезд, Солнца.

Сейчас ни у кого не вызывает сомнения, что Земля — шар. На ровных местах, особенно на морских просторах, нашему взору открывается горизонт в виде круга. Дальность горизонта не всегда одинакова: она зависит от высоты наблюдения. По мере подъема на высоту линия горизонта как бы отодвигается и круг расширяется.

В р а щ е н и е н е б о с в о д а. На рис. 1 изображен фотоснимок ночного неба, который иллюстрирует кажущееся вращение небосвода. Как вы думаете, долго ли был открыт затвор фотоаппарата при съемке?

Если при фотосъемке установить очень маленькую выдержку, то каждая звезда на снимке изобразится в виде точки. Открыв затвор на 12 часов, мы получили бы изображение звезд в виде дуг, протяженностью в 180° . Отсюда следует, что угловая дуга, в которую превращается звезда на снимке, пропорциональна времени открытия затвора. Это можно выразить следующим соотношением:

$$\frac{\alpha}{180} = \frac{t}{12},$$

где α — дуга, градус; t — время, ч.

Итак, чтобы вычислить время t , нужно знать угол α . Его можно измерить с помощью транспортира, считая вершиной угла центр вращения изображения звезд. Этот центр вы можете найти следующим образом. Выберите две дуги и наметьте на них хорды, соединив прямыми линиями крайние точки дуг. Восстановите из середины хорд перпендикуляры. В точке их пересечения будет находиться центр видимого вращения звезд. В нашем случае на рис. 1 угол α получился равным примерно 30° , что будет соответствовать времени фотографирования 2 ч.

Н е о щ у т и м ы й п о л е т. Вследствие вращения Земли вокруг своей оси все точки, расположенные на ее поверхности, описывают параллельные круги, размер которых уменьшается по мере удаления от экватора к полюсам. Поставим вопрос: какова скорость "невольного путешествия" людей, находящихся на экваторе, и жителей, скажем, города Мурманска?

Считая длину экватора 40 000 км, разделим ее на 24 часа и в результате получим скорость перемещения всех точек, расположенных на экваторе ($40\,000 : 24 = 1667$ км/ч). Мурманск находится значительно севернее — на широте 69° . На этой широте длина параллели равна 14 400 км и скорость "невольного путешествия" мурманцев составит 600 км/ч ($14\,400 : 24$), т.е. почти в 3 раза меньше, чем для жителей населенного пункта, расположенного на экваторе.

С в е т о т С о л н ц а. Мы наблюдали восход Солнца в 6 часов

утра. Но известно, что свет распространяется не мгновенно, и требуется некоторое время, чтобы лучи успели дойти от источника света до глаз наблюдателя. Можно поэтому задать вопрос: в каком часу мы наблюдали бы тот же восход, если бы свет распространялся мгновенно?

Свет пробегает расстояние от Солнца до Земли примерно за 8 мин. Казалось бы, что при мгновенном распространении света мы должны были бы увидеть восход Солнца на 8 мин ранее, т.е. в 5 ч 52 мин.

Для многих, вероятно, будет полной неожиданностью, что такой ответ совершенно неверен. Ведь Солнце "восходит" от того, что земной шар поворачивает новые точки своей поверхности в уже освещенное пространство. Поэтому при мгновенном распространении света мы заметили бы восход Солнца в тот же момент, что и при последовательном его распространении, т.е. ровно в 6 часов. А вот если бы Солнце перестало светить, то мы узнали бы об этом только через 8 мин.

Где зайдет Солнце, если оно взошло точно на востоке? На этот вопрос вы, наверное, ответите так. Если Солнце взошло на востоке, то, очевидно, наступило равноденствие. Значит, Солнце в этот день должно зайти точно на западе. Но это не совсем верно. Равноденствие длится не весь день, а только одно мгновение, когда Солнце, двигаясь по эклиптике, пересекает небесный экватор. Следовательно, во время весеннего равноденствия Солнце зайдет не на западе, а несколько севернее запада. Осенью Солнце, взойшедшее точно на востоке, зайдет немного южнее запада.

Расчеты показывают, что на широте Ленинграда (60°) сдвиг точки захода относительно точки запада составит примерно $0,4^\circ$. Если вспомнить, что угловой диаметр Солнца приблизительно равен $0,5^\circ$, то получится, что точка захода сместится почти на величину диаметра Солнца.

Загадки равноденствия. Астрономические вычисления указывают, что во время равноденствия продолжительность дня и ночи одинакова. Так оно должно и быть: ведь слово равноденствие означает, что в это время день равен ночи. Однако истинная продолжительность дня больше той, которую дают астрономические вычисления. Например, 23 сентября, т.е. в день осеннего равноденствия продолжительность дня для Москвы составляет 12 ч 9 мин. Как это объяснить?

Причина этого — рефракция, т.е. искривление атмосферой траектории визирного луча, в данном случае линии, соединяющей глаз и Солнце. В результате рефракции луч при прохождении в атмосфере как бы прижимается к земной поверхности. Величина искривления луча зависит от его положения в пространстве и достигает максимального значения вблизи линии горизонта. Вследствие этого явления Солнце видно восходящим несколько раньше, а заходящим несколько позже, чем следует из чисто геометрических построений. Вот основная причина того, что во время равноденствия день фактически продолжительнее ночи.

То же самое можно сказать и о продолжительности полярного дня и полярной ночи. Так, например, на географической широте 74° полярный день длится 100 суток, а полярная ночь на 14 суток меньше.

Сплюснутое Солнце. Раннее утро. Вот показался верхний край нашего дневного светила. Постепенно “выползло” и все Солнце, яркое, слегка красноватое и чуть сплюснутое. По мере дальнейшего подъема над горизонтом красноватость и сплюснутость исчезают и Солнце становится блестящим круглым диском. Таким же сплюснутым оно кажется и при заходе. В чем тут дело?

Причина та же — рефракция. Даже сравнительно близко расположенные друг от друга лучи, идущие на верхний и нижний края солнечного диска, имеют разницу около 7 угловых минут, что составляет примерно $1/4$ углового диаметра Солнца. Вот почему оно при восходе и заходе и выглядит сплюснутым.

Кто и как впервые определил размеры Земли? Еще в далеком прошлом ученые предполагали, что Земля имеет форму шара. Доказать это (и не только доказать, но и определить размеры земного шара) удалось древнегреческому ученому Эратосфену, жившему в III в. до н.э. в египетском городе Александрии. Из рассказов путешественников он знал, что во время летнего солнцестояния в городе Сиене (Асуане) Солнце стоит прямо над головой (в зените). Но в Александрии, где он жил, Солнце в этот день оказывается значительно ниже и даже в полдень все предметы имеют небольшую тень. Значит, если в это время измерить высоту Солнца в Александрии, то можно узнать разность географических широт двух городов.

Эратосфен изготовил полукруглую чашу и на дне ее укрепил вертикальный стержень. По середине чаши он провел черту, которую разделил на 180 частей — градусов. Дождавшись 22 июня, Эратосфен стал наблюдать за тенью от стержня. В полдень она покрыла 7,2 деления, а затем снова стала увеличиваться. Получилось, что Александрия отстоит от Сиены на $7,2^\circ$.

Для решения задачи Эратосфену надо было еще знать расстояние между городами. И тут ученый нашел остроумный выход. Из Сиены в Александрию и обратно сквозь пески шли верблюжьи караваны. Мерно покачиваясь, живые корабли пустыни двигались так плавно, что по времени их передвижения можно было определить расстояние. Оно оказалось равным 5 000 египетских стадий.

А далее Эратосфен составил простую пропорцию, которую может составить каждый из вас: расстояние между Александрией и Сиеной так относится к длине окружности земного шара, как $7,2^\circ$ относится к 360° . Разделив расстояние на 7,2 и умножив результат на 360, Эратосфен получил длину земной окружности.

Способ очень остроумный и удобный. К сожалению, точная величина стадии нам неизвестна. По одним сведениям радиус Земли в наших мерах получился равным 6310 км, по другим — 6844 км. Считая

средний радиус Земли равным 6370 км, точность его определения по тем временам была превосходной.

Н а ц е л ы й м е т р б о л ь ш е. Мы знаем, что длина земного экватора составляет примерно 40 000 км. Теперь вообразите, что это расстояние увеличилось на 6 м. Возникает вопрос: на сколько удлинится экваториальный радиус Земли? Пролезет ли, скажем, мышь под воображаемой окружностью нового экватора?

Мы склонны думать, что по отношению к протяженности экватора 6 м величина совсем малая, и между действительной и воображаемой линиями экватора образуется лишь едва заметный зазор. Однако, выполнив вычисления, мы получим настолько большúю величину, что готовы заподозрить ошибку.

Оказывается, разность длин двух концентрических окружностей зависит не от величины радиусов этих окружностей, а только от разности радиусов. В этом убеждает нас следующий расчет. Если радиус экватора равен R , то длина экватора равна $2\pi R$. При удлинении радиуса, например, на 1 м новая длина экватора равна $2\pi(R+1) = 2\pi R + 2\pi$. Прибавка длины экватора в метрах составит, как видим, 2π , т.е. 6,28 м и не зависит от величины радиуса. В нашем случае протяженность экватора увеличилась на 6 м, т.е. как раз почти на 2π . Значит, между действительным и воображаемым экватором образуется "щель" около метра и в нее пролезет не только мышь, но и каждый из вас.

В о д я н о й к у п о л. Перед вами озеро округлой формы диаметром 1 км. Вы уже знаете, что его зеркальная гладь представляет собой не плоскость, а сферическую поверхность. Попытаемся определить высоту водяного купола, образованного за счет округлости Земли.

Из рис. 2 можно записать следующую математическую зависимость:

$$(R - h)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2 = R^2,$$

где R — радиус земного шара (6400 км); D и h — диаметр и высота купола.

Сделаем соответствующие алгебраические преобразования и исключим h , так как эта величина весьма мала по сравнению с радиусом Земли. В результате получим

$$h = \frac{D^2}{8R}.$$

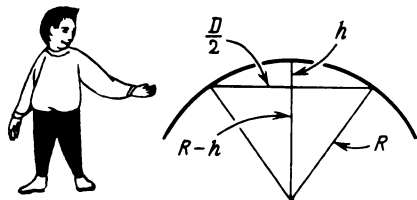


Рис. 2. Обозначения к задаче о водяном куполе

Подставив в формулу соответствующие числа в метрах, получим

$$h = \frac{1\,000^2}{8 \cdot 6\,400\,000} \approx 0,02 \text{ м.}$$

Высота водяного купола, как видите, очень мала — всего 2 см. Ну, а если диаметр озера будет 10 км, то во сколько раз увеличится высота купола?

Обычно с ходу отвечают — в 10 раз. Выполнив вычисления, мы получим высоту, равную примерно 2 м, т.е. в 100 раз больше, чем у первого озера. Не такое уж плоское будет второе озеро. Под его куполом мы можем свободно прогуляться.

Раздвигение горизонта. Многие дни корабль смелых путешественников бороздил безбрежное море. По расчетам моряков уже давно должна была появиться заветная земля. Капитан приказал принести клетку, в которой сидел ворон. Клетку открыли, птица важно ступила на палубу и вдруг взмыла в воздух. Десятки глаз следили за ней. Ворон сделал большой круг, поднялся так высоко, что превратился в чуть заметную точку, направился было в сторону от судна, но вдруг, словно раздумав, вернулся и сел на верхушку мачты. Все поняли: земли не видно даже с той высоты, на которую поднялся ворон. Поставим вопрос: на какую высоту поднялся ворон и какова дальность горизонта, открывшаяся с этой высоты?

Любой предмет перестает различаться нормальным глазом, если он наблюдается под углом меньше $1'$. Одна угловая минута — это средний предел остроты человеческого зрения. При таком угле каждый предмет, будь он крупным и расположенным далеко или очень мелким, и расположенным близко, превращается в точку. Для нашей задачи размер точки будем считать равным 1 мм. Известно, что предмет размером в 1 мм будет виден под углом в 1° с расстояния 57 мм, а под углом в $1'$ — с расстояния в 60 раз больше, т.е. с расстояния 3,4 м. Принимая размер птицы равным 25 см, т.е. в 250 раз больше точки, получим ответ на первый вопрос: ворон будет различим на высоте 850 м ($3,4 \times 250$).

Какая же с этой высоты откроется видимость горизонта? Дальность можно подсчитать (с учетом рефракции) по формуле

$$D = 4\sqrt{h},$$

где D — дальность, км; h — высота подъема, м.

Подставив определенную нами высоту подъема в формулу, получим

$$D = 4\sqrt{850} \approx 117 \text{ км.}$$

Итак, с высоты, на которую поднялся ворон, открылся обзор водного пространства в круге радиусом 117 км.

З а к а т С о л н ц а. Два наблюдателя следили за заходом Солнца.

Они находились на экваторе и один из них вел наблюдения со шлюпки, а второй — с самолета, летящего с севера на юг на высоте 10 км. Нетрудно сообразить, что момент захода Солнца произойдет для них в разное время. Чем выше находится наблюдатель, тем Солнце позже опустится за линию горизонта. Как вы думаете, насколько позже зайдет Солнце для наблюдателя, находящегося в самолете?

Прежде всего по известной нам формуле определим для двух слу-чаев дальность видимости горизонта, считая высоту поднятия наблю-дателя, сидящего в лодке, 1 м —

$$D_1 = 4\sqrt{1} = 4 \text{ км}; \quad D_2 = 4\sqrt{10\,000} = 400 \text{ км}.$$

Пренебрегаем величиной 4 км, так как она слишком мала по срав-нению с расстоянием 400 км. А теперь будем рассуждать так. Если всю длину окружности по экватору, равную примерно 40 000 км, Солн-це проходит за сутки (24 ч), то 400 км оно пройдет за $1/100$ суток, а это составит 14,4 мин ($\frac{24 \times 60}{100}$). Задача решена: для наблюдателя, находящегося в самолете, Солнце зайдет примерно на 14 мин позже.

ВРЕМЯ, ПО КОТОРОМУ МЫ ЖИВЕМ

Все вещи вокруг нас находятся в пространстве, — одни ближе, дру-гие дальше. Подобным же образом все явления, все события проис-ходят "во времени": одни раньше, другие позже.

Люди с незапамятных времен умели измерять расстояния в прост-ранстве. Так же давно человечество научилось измерять отрезки вре-мени между двумя событиями. Какая же основная единица была при-нята для измерения таких отрезков?

С тех пор, как человек научился мыслить, он знал, что наступив-шая сегодня ночь кончится, как кончилась вчерашняя ночь, что после нее опять наступит день, и что так будет всегда. Таким образом, сама жизнь подсказала единицу для измерения времени. Единица эта не день, а день и ночь вместе взятые, т.е. сутки.

За сутки Солнце обходит всю нашу планету, а за 1 час — дугу в 15° ($360^\circ : 24$). По этой причине на разных меридианах в один и тот же момент будет разное время. Когда, например, в Москве полдень, то на любом другом меридиане, лежащем к востоку от Москвы, пол-день уже прошел, а на меридианах, расположенных к западу, он еще не наступил.

Такое обстоятельство оказалось чрезвычайно неудобным, особен-но при передвижении с запада на восток и с востока на запад. Вот по-чему было установлено так называемое поясное время.

Весь земной шар разделили на 24 пояса меридианами, отстоящими один от другого на 15° , т.е. с разницей времени ровно один час. В каж-дом часовом поясе установили единое поясное время, равное мест-

ному времени среднего меридиана. Фактически границы между часовыми поясами проходят не строго по меридианам, а по государственным и административным границам, близким к меридианам, разделяющим часовые пояса. При перемещении из одного пояса в другой с запада на восток часы переводят на один час вперед, а в обратном направлении — на час назад.

Еще одна особенность. В нашей стране в 1930 г. декретом (постановлением) Совета Народных Комиссаров СССР с целью более полного использования дневного света в течение рабочего дня и экономии электроэнергии время переведено на один час вперед. Это сдвинутое на час вперед поясное время называется декретным. Кроме того, с той же целью в 1980 г. было введено "летнее" время. Это значит, что каждый год с последнего воскресенья марта до последнего воскресенья сентября стрелки часов переводят на час вперед. Таким образом, летом Солнце в нашей стране находится на полуденной линии в середине каждого часового пояса не в 12 часов дня, а в 14 часов.

Что такое сутки? Многие считают, что сутки — это промежуток времени, за который Земля совершает полный оборот вокруг своей оси. Оказывается, что это не так и что вообще сутки не такое простое понятие, как кажется.

Определим продолжительность суток с помощью простейшего наблюдения. Пусть из окна вашего дома на фоне неба выделяется высокое здание. Заметим яркую звезду, которая в своем суточном движении подошла к зданию. Отметим по часам этот момент (допустим, 9 ч 25 мин) и повторим то же самое наблюдение в следующий вечер с того же самого места.

Оказывается, завтра эта же звезда подойдет к зданию в 9 ч 21 мин, т.е. на 4 мин раньше. Если наши часы очень точно выверены, то мы заметим, что разница составляет не ровно 4 мин, а немного меньше, именно 3 мин 56 с. Значит, Земля поворачивается вокруг оси не за 24 ч, а за 23 ч 56 мин 4 с. Этот промежуток времени называется звездными сутками. Продолжительность именно этих суток остается все время одинаковой. Правда, в последнее время астрономам удалось установить незначительную неравномерность вращения Земли вокруг своей оси, что приводит к отклонению продолжительности суток от их среднего значения примерно на 0,001 с. Но это обстоятельство не имеет никакого практического значения, скажем на движение поездов, полеты самолетов, а учитывается лишь в научных работах, требующих точного и непрерывного счета времени.

Итак, продолжительность звездных суток практически одинакова. Почему же в таком случае звездные сутки не берут за единицу измерения времени?

Звездное время в нашей жизни непригодно, так как один и тот же звездный час в течение года переходит на различное время дня и ночи. Жизнь природы, а с нею и человека согласована с Солнцем, а

не со звездами. Вот почему основной единицей измерения времени считают солнечные сутки, которые отличаются от звездных из-за движения Земли вокруг Солнца.

Для пояснения, почему орбитальное движение Земли влияет на продолжительность суток, приведем такой пример. Представим себе равномерно вращающееся колесо, совершающее один оборот относительно отмеченной метки, за 24 с. За это время передвинем вперед метку, по которой отмечается его вращение, на $1/24$ части окружности. Очевидно, колесо, совершив ровно один оборот, еще не дойдет до метки и ему понадобится еще 1 с. Так что время обращения колеса относительно метки составит 25 с.

Практически меткой, по которой мы считаем время, является Солнце. При движении Земли по орбите оно ежедневно отстывает в среднем примерно на $1/365$ долю окружности, и Земле требуется еще почти 4 мин, чтобы догнать отступившую метку. И только после этого закончатся солнечные сутки.

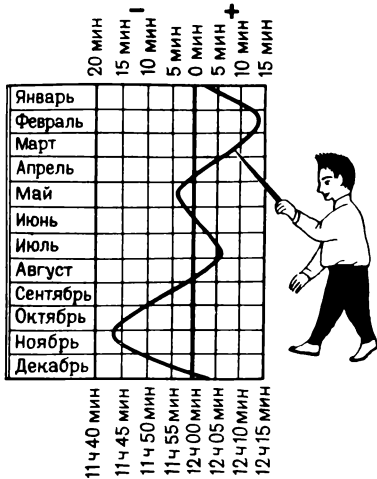
Солнечные сутки — это промежуток времени, в течение которого земной шар делает один оборот вокруг своей оси по отношению к Солнцу. Но этот промежуток, вследствие неравномерности движения Земли по орбите, не всегда одинаков. Солнце проходит через какую-нибудь одну и ту же линию меридиана то немного раньше, то немного позже.

Неодинаковая продолжительность солнечных суток в разное время года мешает пользоваться истинным солнечным временем. Поэтому наши часы отрегулированы не по реальному Солнцу, а по некоторому воображаемому “среднему” Солнцу, которое придумано для правильного счета времени. Такое время называется средним солнечным. Вот эти-то средние солнечные сутки и поделены ровно на 24 ч.

Хотя истинные сутки бывают длиннее или короче средних суток самое большее на 30 с, но разница с каждым днем становится все больше и 11–12 февраля и 2–4 ноября достигает наибольшей величины — примерно четверти часа, а четыре раза в году (15 апреля, 14 июня, 1 сентября и 24 декабря) среднее солнечное время совпадает с истинным. Разницу между средним и истинным временем для любой даты можно определить по графику уравнивания времени (рис. 3). Внизу отложены показания механических или электронных часов, сверху — величины расхождений между истинным и средним солнечным полуднем. Для нахождения среднего времени показания солнечных часов при знаке минус надо уменьшить, а при знаке плюс — увеличить.

С у т к и в п р и д а ч у. Герой романа Жюль Верна “Вокруг света в 80 дней” Филеас Фогг заключил пари, что за 80 дней сумеет объехать всю Землю. На пароходе, поезде, пешком, на слоне, через горы, пустыни и леса, не теряя даром и минуты, он пробивается на восток. И все же он возвращается в родной город, затратив сверх обусловленных 80 дней еще несколько часов. Ему кажется, что все труды нап-

Рис. 3. График уравнения времени



расны и пари проиграно. Но нет! Его преданный слуга узнает, что в городе еще "вчерашний день". Почему это произошло? Откуда взялся лишний день?

Впервые о таком невероятном случае стало известно после первого кругосветного путешествия Магеллана. Когда в 1522 г. экспедиция прибыла в Испанию, то моряки узнали, что они вернулись в пятницу, хотя по их расчету был еще четверг. Ошибиться они не могли, так как тщательно вели корабельный журнал. Тем не менее выходило, что они совершили религиозное преступление: во время путешествия все праздники отмечали не в надлежащие дни. Поэтому им пришлось немедленно принести публичное покаяние.

За счет чего же набегает лишние сутки? Разберемся в этом вопросе на таком примере. Допустим, вы передвигаетесь каждый день на 15° на восток и за 24 дня обойдете земной шар. Поскольку вы уходите каждый день на 15° к востоку, то для вас Солнце каждый день восходит и заходит на 1 ч раньше, чем вчера. Значит, ежедневно ночь будет наступать на час раньше, и через двенадцать суток день и ночь поменяются местами. Пользоваться часами в таких условиях очень неудобно. Поэтому, чтобы согласовать ваши часы с темным и светлым временем суток, вам придется ежедневно переставлять их на час вперед, т.е. делать продолжительность суток равной 23 ч. Таким образом за время вашего кругосветного путешествия вы переставите часы на 24 ч вперед, т.е. на целые сутки, и наберете одну лишнюю смену дня и ночи. А когда вы закончите путешествие, вам нужно исключить эти лишние сутки, чтобы жить "в ногу" с вашими соотечественниками. При следовании в западном направлении, наоборот, каждые сутки будут длиннее, и по окончании кругосветного путешествия вы не досчитаетесь целых суток.

Чтобы устранить подобного рода ошибки, на земном шаре установлена линия изменения даты. Она проходит вблизи стовосьмидесятого меридиана между Азией и Америкой в зоне Берингова пролива и далее на юг, нигде не касаясь суши. Если для американцев, живущих на западном побережье Аляски, только еще начинается воскресенье, то для жителей Чукотки воскресенье уже кончилось и начинается понедельник.

Пересекая линию изменения даты при движении на запад, один день выбрасывают из счета, например после 5 марта следующее число считают 7 марта. При движении же на восток два дня подряд называют одним и тем же числом. Если корабль покинет Владивосток утром в среду 12 октября и прибудет в Сан-Франциско ровно через 14 суток, то в корабельном журнале будет записано не среда 26 октября, а вторник 25 октября.

А теперь испытайте свою сообразительность и попробуйте ответить на такой вопрос: сколько воскресений может быть в феврале?

Если вы ответите, что в високосный год, когда в феврале бывает 29 дней, может быть пять воскресений, то ошибетесь ровно в два раза. Наибольшее число воскресений в феврале может быть десять! Столько воскресений отметит команда судна, плавающая между Чукотским полуостровом и Аляской в високосный год и покидающая Чукотку в воскресенье 1 февраля, причем один рейс туда и обратно должен занимать ровно неделю.

А как же поступают космонавты, совершающие несколько кругосветных путешествий за одни сутки? Если бы они делали так же, как моряки, то им пришлось бы переводить часовую стрелку через каждые несколько минут. Конечно, этого они не делают, а принимают одно какое-то поясное время. Советские космонавты, например, живут в космосе по московскому времени, срывая листки календаря ровно в 24 часа по этому времени.

Н е б е с н ы е ч а с ы. Еще в далеком прошлом люди уже умели определять время по различным созвездиям. Наблюдая, например, за положением Большой Медведицы, они заметили, что это созвездие описывает за сутки полный круг, центром которого служит Полярная звезда. В течение года положение Большой Медведицы меняется. Две крайние звезды α и β (их называли Стражницами) в полночь занимают следующее положение (рис. 4): в начале мая стоят прямо над Полярной звездой, в начале февраля располагаются на 90° к востоку, в начале ноября занимают позицию, противоположную майской, а в первые дни августа находятся на западе.

Мореплаватели, зная, в каком положении относительно Полярной звезды будут находиться в полночь любого дня звезды α и β , могли исчислять по ним время, приняв во внимание, что за 24 ч эти звезды описывают полную окружность, а за 1 ч дугу в 15° . Для этого они использовали номограмму, которая имела вид круга с фигурой челове-

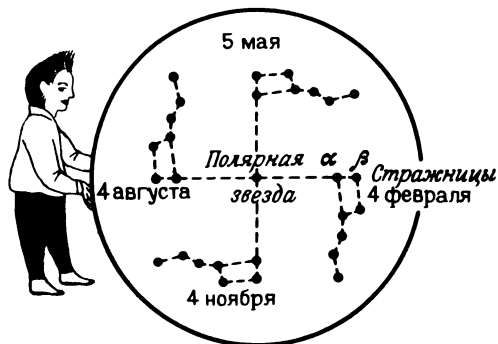
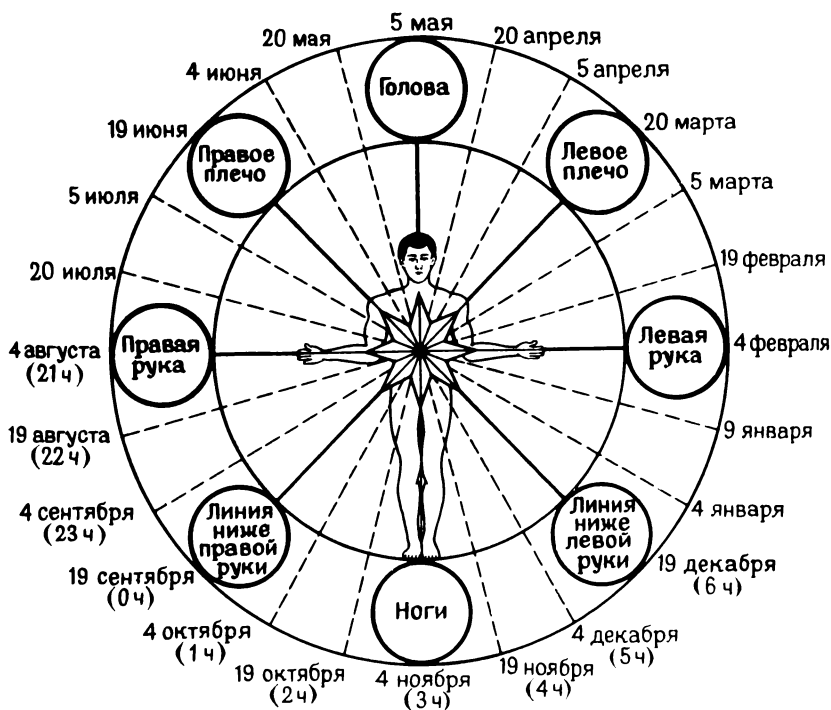


Рис. 4. Положение Большой Медведицы в полночь

Рис. 5. Номограмма для определения времени по Стражницам



ка посередине (рис. 5). На груди фигуры в центре круга было изображение Полярной звезды, а на окружности через равные промежутки в 45° нанесены полночные положения Стражниц в различное время года. От Полярной звезды к каждой из этих позиций шли радиальные лучи, которые пересекали голову, руки, плечи и ноги человеческой фигуры. Углы между лучами равны 45° или трем часам, а поделенные

пунктирными линиями на 3 — одному часу. Такой номограммой пользовались моряки Х. Колумба при плавании в Новый Свет. В его дневнике приводится следующий пример: 19 сентября вечером Стражицы находились у правой руки, а на рассвете — у линии ниже левой руки, и за ночь прошли три линии. Обратимся к номограмме: 19 сентября эти звезды в полночь должны находиться на "линии ниже правой руки". Найдем эту линию, около нее подпишем в скобках 0 ч и дадим соответствующую оцифровку у других лучей. Согласно данным дневника, получается, что первое наблюдение Колумба относится к 9 ч вечера (21 ч), а второе — к 6 ч утра.

В д о г о н к у з а С о л н ц е м. В "Фаусте" Гете есть сцена, в которой доктор Фауст и его помощник Вагнер наблюдают заход Солнца:

День прожит, Солнце с вышины
Уходит прочь в другие страны.
Зачем мне крылья не даны
С ним вровень мчаться неустанно!

В настоящее время эта мечта осуществима. Те, кому случалось лететь в часы заката на запад, знают, что заход Солнца может длиться очень долго. В этом пришлось мне убедиться во время полета из Москвы в Калининград. Самолет пролетел 1100 км, переместившись с востока на запад на 17° , а Солнце за время полета оставалось все время на одной и той же высоте. Определите, с какой скоростью летел самолет и сколько времени он был в полете.

Для этого прежде всего определим полетное время. Зная, что за 1 ч Земля поворачивается на 15° , составим и решим пропорцию:

$$\begin{array}{l} 15^\circ - 1 \text{ ч;} \\ 17^\circ - x \end{array} \quad x = \frac{17}{15} = 1,13 \text{ ч.}$$

А теперь нетрудно узнать и скорость полета, разделив расстояние, которое пролетел самолет, на вычисленное время x . В результате получится, что самолет летел со скоростью примерно 970 км/ч.

В какое время наступит полдень? Прежде всего уточним само понятие "полдень". Полдень — это такой момент времени, когда Солнце занимает самое высокое положение и указывает направление точно на юг. И если с двенадцатым ударом кремлевских курантов диктор объявляет по радио: "В Москве полдень", то истинный полдень в Москве еще не наступил. Ведь стрелки наших часов передвинуты на час, а в летнее время на два часа вперед. Кроме того, следует учесть, что для любого пункта, расположенного в пределах часового пояса, принимается время, соответствующее среднему солнечному времени для среднего меридиана пояса. Для пунктов, расположенных на других меридианах того же пояса, среднее солнечное время будет другим.

Предположим, вы живете в Москве. Москва расположена на $37,5^\circ$

восточной долготы, в часовом поясе, средний меридиан которого 30° . Значит, Москва находится к востоку от среднего меридиана на 7.5° и полдень здесь наступит не в 13 ч (в летнее время не в 14 ч), как в пунктах, лежащих на среднем меридиане, а раньше на 30 мин. Это вполне очевидно, так как Солнце за 1 ч проходит путь в 15° , а за полчаса в два раза меньше. Таким образом полдень в Москве наступит в 12 ч 30 мин в зимнее время или в 13 ч 30 мин в летнее время. В такой момент полдень будет только в дни, когда истинное солнечное время соответствует среднему солнечному времени. В другие дни среднее солнечное время, по которому "настроены" наши часы, будет больше или меньше истинного, и, чтобы узнать, когда наступит полдень в любой день, нужно ввести соответствующую поправку, определенную по графику (см. рис. 3). Например, в середине февраля полдень по нашим часам наступит на 14 мин позже, а в начале ноября на 16 мин раньше.

А как бы вы решили такую задачу: насколько позже полдень наступит в Москве по сравнению с самим восточным населенным пунктом нашей страны — Уэленом? Вот здесь уже не надо вводить никаких поправок. Достаточно узнать разность долгот обоих городов и полученный результат перевести в часы. Уэлен расположен восточнее Москвы на $152,5^{\circ}$, это соответствует примерно 10,2 ч ($152,5 : 15$).

Где раньше зайдет Солнце? Однажды летом я разговаривал по телефону с моими друзьями, живущими в Одессе. У нас в Москве еще светило Солнце, поэтому я сильно удивился, когда мне сказали, что в Одессе уже стемнело. Не правда ли странно: ведь Одесса находится западнее Москвы и Солнце там должно заходить позже.

Действительно Одесса расположена западнее Москвы на 7° , а это приводит к запаздыванию заката на 28 мин (7×4). Но Одесса находится не только западнее Москвы, но и значительно южнее (на 9°). Поэтому летом одесский день значительно короче московского, а зимой длиннее. Продолжительность самого длинного дня (21,22 июня) в Москве составляет 17 ч 30 мин, а в Одессе — 16 ч. Восход и заход Солнца в эти дни практически симметричны относительно полудня. Поскольку в Одессе 21 июня продолжительность дня на 1 ч 30 мин меньше, чем в Москве, то Солнце там заходит на 45 мин раньше. Таким образом, при совместном влиянии той и другой причины Солнце в Одессе зайдет раньше, чем в Москве, на 17 мин ($45 \text{ мин} - 28 \text{ мин}$). Если учесть, что в южных широтах Солнце уходит за горизонт по довольно крутой траектории, то за 17 мин после заката Солнца в Одессе действительно заметно стемнеет.

Восход в Москве. Наша столица занимает огромную площадь. Протяженность ее с запада на восток составляет 31 км! По этой причине восход Солнца в восточной и западной окраинах города будет наблюдаться в разное время. Как вы считаете, на сколько раньше жители восточной окраины города увидят восход Солнца по сравнению с жителями, проживающими в его западной части?

Москва лежит на широте $55,7^\circ$, а по этой параллели длина дуги в 1° составляет 62 км. Протяженность Москвы с востока на запад, равная 31 км, соответствует разности долгот в $0,5^\circ$. Перевычислим эту угловую величину во время, и мы узнаем, что восход Солнца на восточной окраине наступит на 2 мин раньше, чем на западной.

ПО ЗВЕЗДАМ, СОЛНЦУ И ЛУНЕ

Шаг за шагом люди познавали свою Землю, свой дом. Уже в далеком прошлом они пускались в дальние плаванья через бурные моря и открывали неведомые земли. В таких путешествиях надежными путеводителями служили им Солнце, Луна, звезды. По ним смелые мореходы вели свои корабли в нужном направлении. Предание гласит, что отважный мореплаватель Океании Ру однажды направился на поиски новой земли. В пути разыгрался шторм, небо затянуло тучами и Ру обратился к Тангароа — богу Океана:

О Тангароа, в безбрежном пространстве
Разгони ты дневные тучи,
Разгони ты ночные тучи,
Пусть увидит Ру звезды на небе,
Чтобы привели они его в страну его желаний.

Мореход не молил бога Океана высадить его благополучно на землю. Уверенный в своих знаниях, он просил лишь одного — дать увидеть ему Солнце или путеводные звезды, и он сориентируется в морском пространстве и уверенно поведет свою ладью.

Слово "ориентирование" происходит от латинского слова *oriens*, что в переводе означает восток. С первобытных времен восток считался почитаемой стороной: с востока появлялось Солнце — источник жизни на Земле, поэтому на восток молились, обращали алтари православных церквей.

Великий русский сатирик М.Е. Салтыков-Щедрин в "Повести о том, как один мужик двух генералов прокормил" описывает приключения генералов, оказавшихся "по-щучьему велению" на необитаемом острове.

"Вот что, — отвечал другой генерал: — подите вы, ваше превосходительство, на восток, а я пойду на запад, а к вечеру опять на этом месте сойдемся; может быть, что-нибудь и найдем.

Стали искать, где восток и где запад. Вспомнили, как начальник однажды говорил: если хочешь отыскать восток, то стань глазами на север, и в правой руке получишь искомое. Начали искать севера, становились так и сяк, перепробовали все страны света, но так как всю жизнь служили в регистратуре, то ничего не нашли".

Все же наши герои кое-что помнили. Действительно, если встать лицом к северу, то справа будет восток, слева запад, а сзади юг.

Север, юг, восток и запад — это стороны горизонта. Иногда их называют странами света, так как в дни равноденствия направления на восток и запад указывает восходящее и заходящее Солнце — величественный источник света.

Самый безотказный небесный "компас" — это Солнце, которое в полдень находится точно на юге. По нему можно узнать стороны горизонта в любое время дня.

Для жителей северного полушария особой известностью пользуется Полярная звезда. Она расположена на севере и кажется нам неподвижной. Ее особое положение среди других звезд отмечено во многих поэтических произведениях. Вот, например, строки из стихотворения И. Бунина:

И бледная Полярная звезда
Горит недвижно в бездне небосвода.

Часто небо бывает затянуто туманной мглой или покрыто бегущими облаками, сквозь которые просматривается лишь Луна. По ней так же, как и по Солнцу, можно ориентироваться и определять стороны горизонта.

Какой путь проходит Солнце? Совершая видимое вращение вокруг Земли, Солнце на экваторе движется от восхода до захода почти перпендикулярно к плоскости горизонта. В дни равноденствия оно проходит через зенит, а в дни солнцестояния отклоняется от него всего на $23,5^\circ$ — угол наклона оси вращения Земли к плоскости орбиты. Вот почему на экваторе день почти равен ночи круглый год.

В средних широтах Солнце поднимается не вертикально, а под углом к горизонту, описывая кривую линию. Летом оно проходит над горизонтом выше, зимой ниже. Меняются и места восхода и захода. Зимой Солнце восходит на юго-востоке и заходит на юго-западе, а летом восходит на северо-востоке и заходит на северо-западе. Только дважды в году: в дни весеннего и осеннего равноденствия (21 марта и 23 сентября), когда день равен ночи, Солнце на всем земном шаре восходит на востоке и заходит на западе.

Для широт, расположенных выше широты Северного или Южного полярного круга, Солнце часть года бывает незаходящим и часть года — невосходящим. На северном полюсе восход Солнца происходит медленно, в течение нескольких суток, и только с 21 марта центр Солнца поднимается над горизонтом и движется по спирали вверх. Наибольшей высоты $23,5^\circ$ Солнце достигает 22 июня. После этого оно медленно опускается, а 23 сентября скрывается за горизонтом и не показывается до 21 марта следующего года.

Ориентирование по Солнцу. Наиболее просто стороны горизонта по Солнцу можно определить по часовому углу Солнца. Способ этот приближенный, и заключается в следующем. В полдень

(13 ч в зимнее время и 14 ч в летнее время) Солнце находится на юге. Видимое перемещение его по небосводу происходит со средней угловой скоростью 15° в час. Если, например, наблюдение ведется зимой в 10 ч утра, то до полудня остается 3 ч. Значит, Солнце не дошло до точки юга на 45° (15×3) и находится сейчас на юго-востоке. Отложим вправо от направления на Солнце угол в 45° . В этом направлении и будет находиться точка юга. Итак, задача по определению сторон горизонта по Солнцу сводится к откладыванию на местности угла, на который Солнце не дошло до точки юга или который оно перешло от этой точки (в последнем случае угол откладывается влево от направления на Солнце).

Углы можно откладывать на глаз или с помощью угломерных приборов. Простейшим угломерным устройством служат часы. На их циферблате каждому часу соответствует угол в 30° , поэтому направление на юг будет соответствовать биссектрисе угла между часовой стрелкой, направленной на Солнце, и цифрой 1 в зимнее время или цифрой 2 в летнее время, которые обозначают время наступления полудня.

Какова же точность определения сторон горизонта по часовому углу Солнца?

Основная причина погрешности в определении сторон горизонта по часовому углу Солнца состоит в том, что углы на местности откладываются в горизонтальной плоскости, а это соответствует суточному пути Солнца только на полюсе в дни солнцестояния. Во всех других случаях плоскость солнечного пути составляет с горизонтом разные углы от 0 до 90° (на экваторе). По этой причине на широте Москвы в июне—июле (время летнее) Солнце в точку востока приходит не в 8, а примерно в 9,5 ч, а в точку юго-востока — не в 11, а в 12,5 ч. Разность достигает 1,5 ч или в угловой мере более 20° . На экваторе в дни равноденствия Солнце поднимается и опускается по вертикальной линии и ни о какой точности говорить не приходится, так как здесь задача не решается.

П у т е в о д н а я з в е з д а. Вы наверное догадались, что здесь речь пойдет о Полярной звезде. Напомним, как ее отыскать среди других звезд.

Окинув взглядом ночной небосвод со множеством горящих на нем светил, мы увидим семь ярких звезд созвездия Большой Медведицы, которое напоминает огромный ковш (рис. 6). Если соединить воображаемой линией две крайние звезды “ковша” Большой Медведицы и мысленно продолжить эту линию на пять таких же расстояний, получим место положения Полярной звезды.

А теперь зададим вопрос, в каком направлении находится Полярная звезда? Если вы скажете, что она расположена точно на севере, то допустите ошибку. Полярная звезда не остается на небосклоне совершенно неподвижной. Она так же, как и другие звезды, описывает видимый суточный путь относительно земных предметов. Верно, размер



Рис. 6. Положение Полярной звезды и полюса мира

описываемого ею круга будет сравнительно небольшим, но все же, если производить наблюдения с Земли, то отклонения от истинного меридиана на средних широтах могут достигать $1,5^\circ$. Разумеется, для приближенных расчетов можно пренебречь такой величиной. Но в некоторых случаях нам потребуется знать точное направление меридиана. Как же его определить?

Мысленно соедините прямой Полярную звезду с крайней звездой в "ручке ковша" созвездия Большой Медведицы — Бенетнаш (см. рис. 6). Северный полюс мира будет лежать на этой прямой в угловом расстоянии от Полярной, равном одному градусу, что составляет примерно два видимых диаметра Луны.

По полной и неполной Луне. Вспомним строки из стихотворения А.С. Пушкина: "Луна, как бледное пятно, сквозь тучи мрачные желтела". Очевидно, в таких условиях нельзя отыскать на небе нужные звезды, и единственным ориентиром может служить только Луна. Как же по ней определить стороны горизонта? Луна движется по небосклону так же, как и Солнце, с угловой скоростью в среднем примерно 15° в час. Если Луна полная, то направления на стороны горизонта определяют по ней так же, как и по Солнцу. Ведь полная Луна противостоит Солнцу, значит, в полночь (1 ч ночи по зимнему времени) она будет на юге, в 19 часов — на востоке и в 7 часов — на западе. По отношению к положению Солнца разность составит 12 ч, и эта разность на циферблате часов не видна.

При определении сторон горизонта по полной Луне можно пользоваться теми же приемами, что и при определении по Солнцу. Учитывая слабую освещенность, наиболее удобно откладывать углы на глаз путем поворота наблюдателя. До полуночи поворот нужно делать вправо, так как в это время Луна еще не дойдет до точки юга, а после полуночи — влево. Угол поворота составит 15° на каждый час, не дошедший до полуночи или перешедший полуночь.

Полная Луна наблюдается с Земли несколько ночей в месяц. Чаще бывает видна ее правая или левая сторона. Все зависит от того, какая часть Луны освещается Солнцем. Как же в таких случаях использовать Луну для определения сторон горизонта?

Способов существует много. Можно, например, зная положение Луны в различных ее фазах, определить направление по времени наблюдения. Так, в первой четверти (видна только правая сторона диска) примерно в 19 часов по зимнему времени Луна находится на юге, а в час ночи — на западе. Если Луна будет в третьей четверти, т.е. видна ее левая половина, то она в час ночи будет находиться на востоке, а в 7 часов утра — на юге. Понятно, что пользоваться этим способом можно лишь в том случае, если мы все это запоем. Но лучше использовать различные приемы, основанные на определенных правилах. Вот, например, один из приемов.

Известно, что по полной Луне направления на стороны горизонта определяют сравнительно легко. Значит, нужно прежде всего найти направление, в котором была бы в это время полная Луна. Такую задачу решить несложно. Встаньте лицом к Луне, заметьте ее неосвещенную часть и в этом направлении сделайте поворот (рис. 7). Чтобы запомнить, в какую сторону надо поворачиваться, мысленно доведите лунную дугу до полной окружности и она своей выпуклостью покажет направление поворота. Допустим, вы видите левую половину Луны. Сделайте поворот на 90° вправо и перед вами будет положение полной Луны. Если видно меньше половины лунного диска, то поворот должен быть больше 90° , а при почти полном ее затемнении — 180° . Если видно больше половины Луны, то поворот должен быть меньше 90° .

Этим приемом на территории нашей страны можно пользоваться повсеместно, за исключением самых южных районов, где иногда прикрытая часть Луны будет располагаться не сбоку, а сверху или снизу.

Чтобы проверить, как вы освоили данный прием, определите направление на юг по Луне. Встаньте лицом в этом направлении и затем повернитесь на 180° . Если прямо перед вами будет находиться Полярная звезда, значит, стороны горизонта по Луне вы определили правильно.

Несостоявшиеся "кругосветки". Можно ли совершить кругосветное путешествие, направляясь строго на север, юг, восток или запад? Если с любой точки земного шара направиться на север

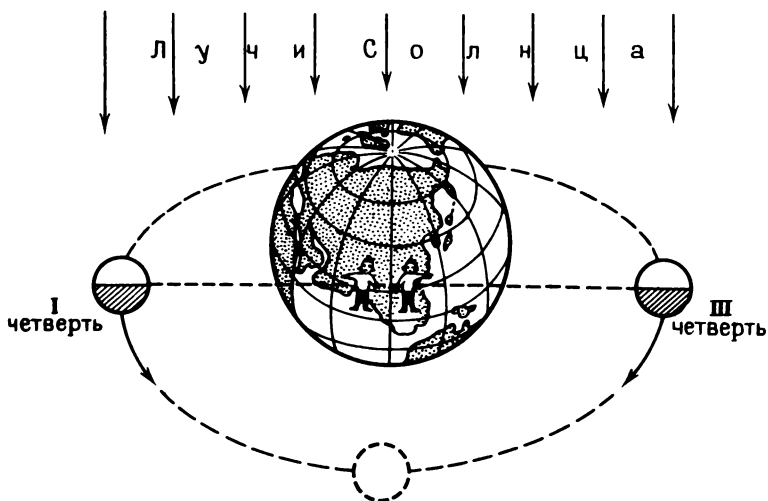


Рис. 7. Пример определения местонахождения полной Луны

или юг, то кругосветного путешествия не получится. В самом деле, направляясь, например, на север, вы достигнете Северного полюса, а дальше уже все пути от него идут только на юг.

Что касается решения задачи при условии движения на восток или запад, то тут нужно прежде всего уточнить само понятие кругосветного путешествия. Если, например, мы пересечем все меридианы в 20–30 м от полюса, можно ли считать такое путешествие кругосветным? Видимо, кругосветное путешествие более правильно следовало бы считать по дуге большого круга земного шара, протяженность которого составляет примерно 40 000 км. При таком условии, двигаясь на восток или запад, кругосветное путешествие можно осуществить только вдоль экватора. Чем дальше от экватора находятся путешественники, тем меньшее расстояние, они будут проходить и около полюсов для "кругосветного путешествия" потребуются всего несколько минут. Если же путешественники находятся на Северном или Южном полюсе, то такого путешествия им не удастся сделать совсем, так как там нет понятия восток и запад.

На полюсе и около полюса. Можно ли установить палатку так, чтобы все ее четыре стороны были направлены на юг? Вопрос довольно простой и наверное каждый из вас скажет, что это можно сделать на северном полюсе, так как с него любое направление будет только южным. Перенесем палатку на 5 метров от полюса и установим ее так, чтобы одна сторона смотрела на юг, другая на север. Куда будут направлены остальные стороны?

Вовсе не на запад и на восток, как думают многие. Направления

на восток и запад — это направления вдоль параллелей. Палатка стоит настолько близко к полюсу, что параллель, проходящая через ее центр, успевает заметно искривиться, пока дойдет до “восточной” и “западной” сторон палатки. При размерах палатки 5 × 5 м ее “восточная” сторона будет смотреть на юго-восток, а “западная” — на юго-запад. Это легко проверить путем построения схематического чертежа по условию задачи.

Курсом на северо-восток. Воздушный корабль поднялся с одесского аэропорта и взял курс на северо-восток. Куда он прилетит?

Как правило, на этот вопрос отвечают: самолет облетит земной шар и прибудет на то же место, откуда вылетел. Это неверно.

Нам известно, что северо-восточное направление составляет с каждым меридианом угол 45° . Значит, линия маршрута, проходящего по этому направлению, будет пересекать каждый меридиан под углом 45° . А так как все меридианы сходятся на Северном полюсе в одной точке, то там и закончится маршрут полета. В той же точке, т.е. на Северном полюсе, окажется самолет, следующий по любому другому курсу менее 90° . Если же самолет полетит по курсу 90° , то в этом случае он будет пересекать все меридианы точно под прямым углом и его маршрут будет идти по параллели, проходящей через исходный пункт. При курсе более 90° , но менее 270° самолет окажется на Южном полюсе, а при курсе от 270° до 360° — опять на Северном полюсе.

Как ориентируются пчелы. Надежным компасом для пчел служит Солнце. Пчелы могут отыскивать дорогу, даже если Солнце скрыто за облаками. Чтобы сравниться с пчелами в их способности ориентироваться по Солнцу в облачный день, человеку нужны так называемые поляризационные фильтры. Если мы посмотрим на небо через пластинку исландского шпата и будем медленно поворачивать ее, то при определенном положении пластинки яркость резко уменьшится. Если продолжать ее вращение, то небо, наблюдаемое сквозь пластинку, обретет прежнюю яркость. Ослабление яркости объясняется тем, что при определенном положении пластинки мы видим световые волны, которые колеблются только в одной плоскости. Глаза пчел от природы оснащены таким сложным устройством.

Пчелы, обитающие в тропиках, сталкиваются с довольно трудной проблемой. Дважды в год Солнце в полдень бывает в зените и вот тут даже пчелы не знают, как решить навигационную задачу. В подобных случаях они поступают самым мудрым способом: остаются дома. Однако через несколько минут, когда Солнце отклонится на несколько градусов от зенита, пчелы снова обретают способность точно прокладывать курс, используя изумительный навигационный прибор — глаз, состоящий из нескольких тысяч фасеток.

Ориентирование на Луне. Основными опорными точками для ориентирования на Земле служат географические полюса —

воображаемые точки земного шара, через которые проходит его ось вращения. Есть ли подобные точки на Луне?

Оказывается, есть. За те 27 суток с небольшим, в течение которых Луна совершает полный оборот вокруг Земли, она делает также полный оборот вокруг своей собственной оси. Именно из-за этого мы и видим с Земли всегда одну и ту же половину лунного шара. Значит у Луны тоже есть свои полюса и по аналогии с земными их можно назвать северным и южным.

На продолжении земной оси находится основная для нас путеводная звезда — Полярная. Ось вращения Луны также имеет определенное направление. Она обращена в область неба, находящуюся в созвездии Дракона. По одной из звезд этого созвездия можно ориентироваться на Луне так же, как мы ориентируемся на нашей планете по Полярной звезде.

Ориентирование по звездам на Луне можно осуществлять в любое время, так как из-за отсутствия атмосферы звезды с Луны видны постоянно и не только ночью, но и днем при ярком Солнце. Изменения картины звездного неба на Луне с течением времени происходит гораздо медленнее, чем на Земле, — ведь лунные сутки в 27 раз длиннее земных!

На Луне значительно проще осуществляется и ориентирование по Солнцу, так как оно на лунном небе движется чрезвычайно медленно.

На стороне Луны, обращенной к Земле, имеется еще один замечательный небесный ориентир — наша планета. Благодаря особенностям обращения Луны вокруг Земли и своей оси наблюдатель, находящийся на Луне, видит Землю всегда над одним и тем же районом лунной поверхности. Правда, в связи с движением Луны вокруг Земли по орбите, имеющей форму эллипса, а также по некоторым другим причинам земной диск на небе намного смещается то в одну, то в другую сторону.

МЕСТНЫЕ ПРИМЕТЫ И ПРИЗНАКИ

Поверхность материков весьма разнообразна, и ее различные приметы можно использовать для ориентирования на местности. Особенно много примет связано с воздействием солнечного тепла на живую природу. Разница в освещении и нагревании Солнцем обычно и вызывает те или иные изменения на солнечной или теневой стороне местных предметов.

Напомним наиболее характерные признаки, которые позволяют определить направления на стороны горизонта. У отдельно стоящих деревьев кора с северной стороны всегда грубее, чем с южной. Особенно это хорошо заметно на березах, у которых стволы с южной стороны значительно светлее и эластичнее, чем с северной. Мох и лишайники растут у основания деревьев, камней, столбов преимущественно

но с северной стороны. Ягоды в период созревания приобретают окраску с южной стороны раньше, чем с северной.

Верными признаками могут служить муравейники. Они обычно бывают расположены около деревьев, пней, кустов. А так как муравьи большие любители тепла, то строят они свои жилища всегда с южной стороны дерева, пня.

Ранней весной снег быстрее тает с тех мест, куда поступает больше солнечного тепла. Южные склоны раньше освобождаются от снега, чем склоны, обращенные к северу. В это время снежная поверхность как бы ошетиливается, образуя своеобразные выступы — “шипы”, которые направлены на юг.

В отдельных районах стороны горизонта можно определить по характеру распространения растительности. Так, в горах Западного Кавказа на южных склонах растет сосна, на северных — бук, ель, пихта. В западной части Северного Кавказа северные склоны покрыты буком, а южные — дубом. В южной части Осетии на северных склонах растут ель, пихта, тис, бук, на южных — сосна и дуб. На Дальнем Востоке в районе Уссурийска бархатное дерево встречается исключительно на северных склонах, а на южных — дуб. На западных склонах Сихоте-Алиня растет хвойный лес, а на восточных — смешанный. Между Якутском и устьем Майи склоны долин рек и ручьев, обращенные к северу, покрыты лиственницей, склоны же, обращенные к югу, — сосновыми лесами или типичной степной растительностью. В Закавказье, начиная с долины реки Риони и кончая долиной Куры, дубовые леса располагаются на южных склонах. На Южном Урале в зоне лесостепи южные склоны гор каменистые, заросшие травой, северные же покрыты островками березового леса. На юге Бугурусланского района южные склоны покрыты лугами, а северные — лесом. В бассейне Верхней Ангары степные участки находятся на южных склонах гор, а леса — на северных.

Пользоваться местными приметами и признаками надо осторожно и умело, так как некоторые из них дают надежный результат лишь в определенных условиях. Тем не менее, ориентирование по местным приметам может быть вполне надежным. Только нужно наблюдать не одну, а несколько примет или особенностей местных предметов.

Как в ы б р а т ь с я и з л е с а? Хороши леса в тихую и безветренную погоду. Нет лучшего отдыха, чем идти по лесу к какому-то дальнему урочищу. Но все удовольствие от прогулки может омрачиться, если вы заблудитесь в нем (потеряете ориентировку). Тогда лес кажется диким и неудобным и вызывает лишь одно желание скорее выбраться из него. Что в таком случае можно вам посоветовать?

Перед тем, как войти в лес, запомните направление железной или автомобильной дороги, по которой вы прибыли. Допустим, дорога проходит с юга на север. От нее вы пошли вправо, т.е. на восток. И теперь, как бы вы ни углублялись в лес и по какому бы маршруту

ни следовали, дорога все время будет расположена от вас на западе. Нетрудно догадаться, что для выхода к ней надо определить направление на запад.

И еще один совет. Прежде чем заходить в лес, обратите внимание на Солнце и запомните, с какой стороны оно расположено. Если Солнце справа, то при выходе из леса нужно, чтобы оно было слева. При задержке в лесу свыше часа нужно помнить, что Солнце постепенно смещается вправо. Поэтому, выходя из леса по Солнцу, приходится дополнительно уклоняться влево на 15° за каждый час пребывания в лесу.

П о л и н е й н о м у о р и е н т и р у. В 1974 г. вертолет перуанских ВВС потерпел катастрофу над амазонскими тропическими лесами — сельвой. Все считали экипаж вертолета погибшим. Но через тринадцать дней пришла весть о том, что члены экипажа остались живы. Они шли вдоль одного из притоков Амазонки, надеясь выйти к самой реке — единственному месту, где можно встретить людей. Их расчеты оправдались.

Автору этих строк приходилось выполнять топографические съемки на побережье Северного Ледовитого океана. Там заблудиться невозможно. Как бы ни петляла береговая линия Ледовитого океана, она всегда на севере. А все реки текут в океан, и где бы мы ни находились, любая из них всегда приведет к его побережью, а там селения, люди. Можно привести и другие примеры и способы использования линейных ориентиров, например, можно запомнить направление ориентира и, чтобы выйти к нему, достаточно определить перпендикулярное к нему направление.

О б м а н ч и в ы е р а с с т о я н и я. Горы весьма "сокращают" расстояния. Иногда кажется, что до горы, как говорится, рукой подать, а на самом деле до нее нужно идти несколько дней.

Однажды мне пришлось побывать на Северном Кавказе. Рано утром мы прибыли в Теберду, откуда должны были пешком добраться до альпинистского лагеря. Нам показали дорогу к лагерю, а также ориентир, расположенный в направлении движения. Это была выделяющаяся среди гор вершина с белой шапкой. Она казалась совсем рядом, и все мы были уверены, что лагерь расположен очень близко — у подножья вершины. Но мы прошли не менее десяти километров, достигли, наконец, лагеря, а расстояние до вершины как будто не уменьшилось.

Все это объясняется очень просто. В горах воздух очень прозрачен, и предметы, казавшиеся близкими, как бы отступают.

О р и е н т и р о в а н и е в г о р а х. Немногие знают, как страшно заблудиться в горах. Этот страх совершенно другого рода, чем тот, который испытывает человек, заблудившийся в лесу. Человек, попавший в горы, впервые чувствует себя затерянным среди огромных вершин и пространств. Заблудившись в горах, все время находишься в

состоянии напряженной тревоги и все время ждешь какой-нибудь за-
падни. Вот вы встретили тропу, которая идет примерно в нужном вам
направлении. Прошли два-три километра. Тропа постепенно исчезает,
и вы оказываетесь на краю каменистого обрыва. Как бы вы поступи-
ли в таких условиях?

В горах так же, как и в другой местности, можно тем или другим
способом определить стороны горизонта. Дополнительно к извест-
ным приметам можно использовать еще несколько характерных при-
знаков. На больших камнях теневые стороны часто бывают покрыты
мхом и лишайником. Летом почва около них с южной стороны более
сухая, чем с северной. Разница легко заметна даже на ощупь. Имеется
некоторая закономерность и в растительном покрове. В лесных гор-
ных районах на южных склонах растет преимущественно сосна, встре-
чается дуб; на северных — бук, ель.

По сторонам горизонта можно определить нужное направление
движения. Но попробуйте выдержать его в пути! Даже в незалесен-
ных горах вам это не удастся: на вашем пути сразу же встанет или не-
приступная скала, или глубокое ущелье. Выручить вас могут реки.
Даже самая маленькая речушка, если идти вниз по течению, приве-
дет в широкую долину или на морское побережье, где можно встре-
тить поселение.

Если, заблудившись в горах, вы все же хотите достигнуть наме-
ченного пункта, все равно следует двигаться по долинам рек. Только
вначале нужно убедиться в том, что общее направление долины рек
совпадает с направлением вашего маршрута. Возможно, придется идти
вверх по течению и переходить перевалы из одной долины в другую.
Если путь хоженный, то основным ориентиром, выводящим на пере-
вал и с него в долину другой реки, будет тропа. Идя по ней, нужно
сверять направление движения по сторонам горизонта и чаще поль-
зоваться ориентирами, видимыми издали. Ими обычно служат вы-
сокие вершины гор и гребни, имеющие какие-либо приметы. Это сво-
его рода горные маяки, по которым можно всегда сверить направле-
ние движения.

В населенном пункте. Любое строение, любая улица
и площадь имеют какие-то свои приметы, которые позволяют сво-
бодно ориентироваться в городе.

Характерные особенности местных предметов можно определить
не только непосредственно на местности, но и по плану города. По
нему вы можете изучить и запомнить общую планировку города, на-
правление главных улиц, расположение реки, водоемов, парков, вок-
залов и крупных площадей. После этого достаточно один-два раза
пройти по главным улицам и вы будете иметь общее представление
обо всем городе.

В крупных населенных пунктах также есть приметы, по которым
можно узнать направления на стороны горизонта. Еще в древности

при постройке различных сооружений и жилищ их сознательно ориентировали на местности. Многие архитектурные сооружения в Египте, Греции, Италии и других странах ориентировали строго по сторонам горизонта. Грани египетских пирамид, например, расположены точно с юга на север и с запада на восток. Строгими законоположениями определено ориентирование построек, связанных с религиозным культом. Так, алтари церквей и кирик всегда обращены на восток, а колокольни — на запад. Приподнятый край нижней перекладины креста на куполе церкви указывает на север, а опущенный — на юг. В некоторых городах главные улицы проходят с юга на север, например, Московский проспект в Ленинграде.

Р а с с е я н н ы й т у р и с т. Поздним вечером в нашу столицу, прибыли туристы. На вокзале их встретили и отвезли в гостиницу, расположенную в центре города. На следующее утро один из туристов решил пораньше ознакомиться с городом. Он пошел по центральной улице, несколько раз переходил с одной стороны на другую, заходил в магазины, и в конце-концов потерял ориентировку. Как же выйти ему из затруднительного положения?

В Москве установлена определенная нумерация домов. Счет ведется от центральных площадей в следующем порядке: по левой стороне все дома получают нечетные номера, по правой — четные. Посоветуем туристу встать так, чтобы дом с нечетными номерами был от него с правой стороны. Тогда прямо перед ним будет находиться центр города, где расположена гостиница.

А как найти путь к центру города, если мы находимся не на радиальной улице, например на Садовом кольце?

Нумерация домов, расположенных на магистральных улицах кольцевого направления и параллельных им, производится по ходу часовой стрелки, осью вращения которой является центр города.

В е т е р и е г о с л е д ы. Несмотря на достаточную надежность способа ориентирования по направлению ветра, люди, потерявшие ориентировку в пургу и метель, обычно не доверяют ему. Они считают, что ветер в непродолжительное время может часто менять свое направление. Вспомним рассказ Льва Толстого "Хозяин и работник".

Герой рассказа Василий Андреевич Брехунов со своим работником выехали в соседнюю деревню. В пути их застигла пурга, они сбились с дороги и замерзли.

Проследим по тексту рассказа действия Брехунова во время пурги: . . . Он поспешно стал погонять лошадь, не замечая того, что подъезжая к чернобыльнику, он совершенно изменил прежнее направление и теперь гнал лошадь совсем уже в другую сторону, все-таки воображая, что он едет в ту сторону, где должна была быть сторожка. . . Василий Андреевич остановился, нагнулся, пригляделся: это был лошадиный, слегка занесенный след и не мог быть ничей иной, как его собственный. Он, очевидно, кружился и на небольшом пространстве. . .

Надо одуматься, остепениться, говорил он себе и вместе с тем, не мог удержаться и все гнал лошадь, не замечая того, что он ехал теперь уже по ветру, а не против него”.

В таких случаях действительно большое значение имеют выдержка и рассудительность. И если бы Брехунов последовал своему же совету “одуматься, остепениться”, если бы он доверился направлению ветра, то, возможно, и не было бы такого трагического конца.

Господствующие ветры нередко оставляют на местности свои следы. Особенно это заметно в пустынно-песчаных районах. Песчаная пустыня во многом напоминает море. Она похожа на него своей беспредельной ширью и однообразной поверхностью с волнами, возникшими под действием ветра. Только водяные волны непрерывно подвижны и после ветра постепенно исчезают, а песчаные волны остаются, образуя на местности волнистую поверхность. На значительном пространстве такой поверхности песчаные волны располагаются в одном направлении, по которому можно уверенно ориентироваться при движении.

Возможно, многим из вас не придется путешествовать по бескрайним пустыням, покрытым сыпучими песками. Но ведь точно такая же волнистая поверхность нередко образуется и на заснеженных равнинах. И если вы собрались совершить дальний лыжный поход, то не забудьте приметить, как расположены снежные волны относительно направления вашего пути. Такая примета может оказать вам большую пользу в случае потери ориентировки.

П р и м е т ы “м о р с к о г о х о д у”. В сочинении М.В. Ломоносова “Рассуждение о большой точности морского пути” перечислены следующие приметы:

1. Когда румб морского течения переменится, значит в той стороне берег.

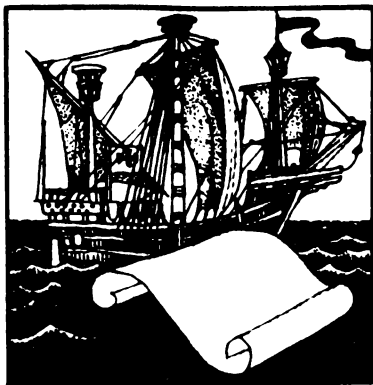
2. Разная соленость морской воды, прибавляясь, показывает отдаление от берегов: внезапная чувствительная пресность воды уверяет о близости устья великой реки.

3. Чем море глубже, тем берег далее.

4. Когда два или три дня сильный ветер веет с одной стороны и не производит великих волн, то значит, что в той стороне земля.

5. Чайка с рыбою во рту летает всегда на землю для корма своих птенцов и тем оную показывает.

“Все сие, — напоминает Ломоносов, — употреблять в пользу с рассуждением, а особливо, когда из вышеописанных примет две или три уверяют согласно и ни одна не противоречит”.



ЗАГАДОЧНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

ЗЕМЛЯ — БОЛЬШОЙ МАГНИТ

Каждому из вас знаком магнитный компас, с помощью которого можно легко и быстро определить стороны горизонта. Изобретение этого чудесного прибора по праву относится к числу немногих открытий, имевших первостепенное значение для развития цивилизации.

Трудно сказать, где и когда появился компас впервые. Недавно американские ученые при раскопках мексиканского поселка Сан-Лоренцо нашли обломок магнитного железняка, на котором хорошо видны следы искусственной обработки. После тщательного изучения исследователи сделали вывод, что этому обломку около трех тысяч лет и что он служил частью древнейшего компаса.

Широкое распространение получила китайская легенда о великой победе императора Хуанг-Ти, жившего более трех тысяч лет назад. В сражении он использовал повозку, на которой стояла фигура человека с вытянутой рукой. Фигурка свободно вращалась вокруг вертикальной оси и своей рукой показывала всегда направление на юг. В густом тумане Хуанг-Ти, пользуясь повозкой, вышел в тыл врага, внезапно напал на него и одержал победу. Загадочное свойство фигурки на повозке китайского императора объяснялось тем, что она была снабжена магнитом, который поворачивал фигурку лицом к югу.

Если же перейти от легенды к фактам, то компас значительно "помолодеет". Так, в музее хранится китайский компас, изготовленный по описаниям очевидцев, живших в начале нашей эры. Прибор имеет вид глубокой ложки, изготовленной из магнитного железняка (рис. 8). Ее шарообразная выпуклая часть опирается на латунную пластину. Пластина и шарообразная опора были тщательнейшим образом отполированы. Но и в этом случае "ложка" из-за трения не могла сама устанавливаться по направлению меридиана. Черенок ее показывал на юг только после того, как ложку приводили во вращательное движение и давали возможность "успокоиться".

В Европе также с давних пор использовали для ориентирования магнитный камень, который подвешивали на нити или устанавливали

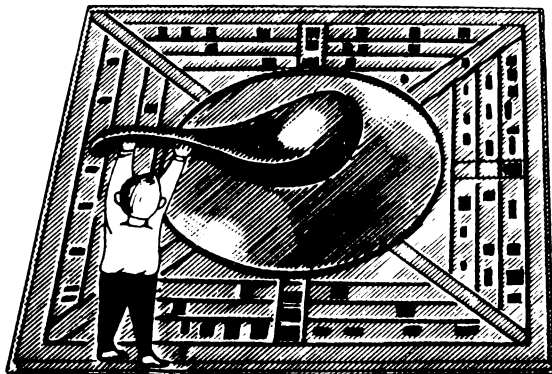


Рис. 8. Древний китайский компас

на дощечке, плавающей на поверхности воды. Такой прибор еще в XI в. норвежские рудокопы использовали для прокладки подземных ходов. В 1187 г. английский монах Александр Неккем описал в своем труде устройство, состоящее из намагниченной иглы, продетой сквозь соломинку, которая плавала в воде. Им, как сообщает автор, пользовались моряки для определения стран света, когда небо покрыто тучами и не видно на нем Солнца или звезд. Но они хранили в тайне этот прибор, боясь, что их обвинят в колдовстве.

Конструкция компаса постепенно совершенствовалась. В 1302 г. итальянский ювелир Флавио Джойя скрепил магнитную иглу с бумажным кругом-картушкой, по краю которого нанес градусные деления, а из центра его провел 32 луча, соответствующие определенным направлениям — румбам. Посчитав Джойя изобретателем компаса, благодарные жители Неаполя в 1902 г. соорудили в его честь памятный обелиск.

В течение многих лет компас был основным, а часто и единственным прибором в кораблевождении. Компас надежно указывал путь бесстрашным первопроходцам и вел их к открытиям.

Долгое время ученые не могли правильно объяснить загадочное свойство магнитной стрелки — устанавливаться в направлении север-юг. Они полагали, что причина этого кроется в притяжении северного конца стрелки Полярной звездой. Впервые научное обоснование этого явления было дано в 1600 г. английским ученым В. Гильбертом — придворным лекарем английской королевы. Он намагничивал железные шары и проводил с ними различные опыты. А потом написал сочинение "О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле".

Так, в 1600 г. люди узнали о магнитном поле Земли. Оно-то и действует на легкую стрелку компаса, устанавливая ее в направлении север-юг.

Открытие Колумба. Всем известно, что Колумб открыл

Америку, но мало кому известно, что его имя связано с открытием магнитных полюсов Земли. Как же это произошло?

Во время первого путешествия Колумба примерно на полпути между Европой и Америкой рулевые заметили, что стрелка компаса не указывает направление на Полярную звезду, а отклоняется от него к западу почти на 12° . Среди моряков поднялось волнение, и некоторые из них потребовали повернуть корабль назад. Вот как Колумб описывает этот случай в своем дневнике: "Пилоты взяли север (проверили северное положение магнитной стрелки по Полярной звезде) и обнаружили, что иглы компаса отклоняются к северо-востоку на большую четверть. Моряков охватили страх и печаль, и нельзя было узнать тому причину".

Колумб не мог отказаться от своей мечты открыть сказочно богатые страны. И чтобы предотвратить бунт, он приказал своим верным помощникам разъяснить команде, что Полярная звезда смещается на небе и тем самым сбивает магнитную стрелку.

Моряки поверили своему капитану и согласились плыть дальше. Но когда экспедиция прибыла в Новый Свет, Колумб сам очень удивился. Что за загадка? Будто ничего и не случилось. Стрелка опять указывала на север. Оказывается, северный конец магнитной стрелки тянется не к географическому, а к магнитному полюсу, а они отстоят друг от друга на значительном расстоянии.

Магнитные меридианы, вдоль которых устанавливается стрелка компаса, идут от одного магнитного полюса к другому не кратчайшим путем, а образуют сложную систему извилистых линий. В любой точке земной поверхности магнитный меридиан в общем случае составляет с географическим меридианом некоторый угол, который называли магнитным склонением. Значение магнитных склонений на земном шаре меняется в широких пределах: от -180° (западное склонение) до $+180^\circ$ (восточное склонение).

"Магнитная" карта. Осенью 1664 г. английская эскадра двигалась к Гибралтарскому проливу. Ее штурманы с особой тщательностью снимали показания с вполне исправных компасов. Однако это не уберегло их от ошибок в определении курса, и ведомые ими корабли потерпели жестокое крушение, разбившись о прибрежные скалы. Чем же это объяснить?

В трагической ошибке, стоившей жизни многих моряков эскадры, не было вины штурманов. В то время никто еще не знал значений магнитных склонений в разных частях земного шара, особенно в морях и океанах.

Правительство Англии вынуждено было направить морскую экспедицию для проведения магнитных измерений. Начальником этой экспедиции был назначен ученый Э. Галлей, которому принадлежат многие открытия в астрономии, особенно в теории комет. Одна из самых интересных открытых им комет названа в его честь кометой Галлея.

В течение трехлетнего плавания Галлеем было проведено огромное число измерений магнитного склонения. На основе своих и имевших в то время других определений он в 1720 г. построил первую морскую "магнитную" карту — карту, по которой можно было определить величину склонения для любой точки акватории Атлантического океана.

Но не только в этом заслуга ученого. При создании "магнитной" карты Э. Галлей сделал выдающийся вклад в картографическую науку. Он предложил наносить на географическую основу линии с равными значениями магнитного склонения, которые впоследствии стали называть изогонами.

Способ изолиний был крупным нововведением в картографии. И по сей день им широко пользуются картографы при составлении различных карт. Рельеф суши, например, изображают линиями равных высот — изогипсами, данные о распределении температур — изотермами и т.д.

Магнитное поле Земли имеет ряд загадочных особенностей, среди которых самая интересная состоит в том, что с течением времени изменяются значения магнитных склонений. В Париже, например, в 1600 г. склонение было равно $+9,6^\circ$, а в 1720 г. оно уже составляло $-12,3^\circ$, изменившись за 120 лет почти на 22° . Все это приводит к тому, что "магнитные" карты стареют и через определенное время их приходится обновлять.

Путешествие магнитного полюса. В 1831 г. английским полярным исследователем Джоном Россом был открыт северный магнитный полюс — точка (практически область), где магнитная стрелка становится вертикально. Он был расположен в Канадском архипелаге на полуострове Бутия на расстоянии около 1000 км от географического полюса.

Прошли годы. В тот же район была направлена следующая экспедиция. Исследователи произвели магнитные измерения и результат оказался неожиданным: магнитный полюс переместился и на довольно значительное расстояние. Последующие исследования подтвердили, что с течением времени магнитный полюс постоянно перемещается, и путь его очень сложный и загадочный. Это одна из еще неразгаданных тайн нашей планеты.

На рис. 9 показано перемещение северного магнитного полюса за период с 1946 по 1956 г. Только за десятилетие полюс прошел путь почти в 200 км. Подобно северному магнитному полюсу меняет свое положение и южный магнитный полюс. Вот в этом-то и кроется основная причина того, что магнитное склонение на одном и том же месте с течением времени изменяется.

Магнитная стрелка колеблется даже в течение суток. Днем и вечером северный ее конец склоняется ближе к западу, а ночью и утром — ближе к востоку. Правда, суточные колебания невелики, но для точных измерений и их нужно учитывать.

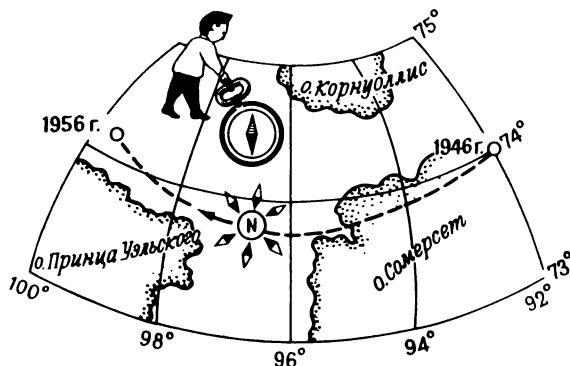


Рис. 9. Траектория перемещения Северного магнитного полюса

Неровности магнитного поля. Итак, у земного шара кроме географических полюсов имеются два магнитных полюса. Советские исследователи чуть не прибавили к ним третий, так как стрелка компаса на востоке Арктики упрямо отворачивалась от северного магнитного полюса. В чем тут дело?

В 1948 г. отправилась в те безлюдные края специальная экспедиция, которая на дне Ледовитого океана обнаружила огромные горы — был открыт, ставший сейчас знаменитым, подводный хребт Ломоносова. Магнитные горные породы этого хребта и поворачивали в свою сторону маленькую стрелку. Подобные явления широко распространены и наблюдаются в местах залегания магнетитовых руд. Это районы магнитных аномалий. Здесь стрелка компаса ведет себя слишком неровно. Слово аномалия по-гречески значит неправильность, неровность. Таких "неровностей" на Земле очень много, и каждая из них по-своему воздействует на магнитную стрелку компаса.

Особой известностью пользуются залежи магнетитовых руд под Курском. Этот район получил название Курская магнитная аномалия. Здесь оказалась колоссальная кладовая железа. Красновато-бурая руда залегает здесь сравнительно неглубоко, и ее добывают самым дешевым способом — в открытых карьерах с помощью экскаваторов.

Не случайно В.В. Маяковский посвятил первым добытчикам Курской руды стихотворение, в котором содержатся такие строки:

Двери в славу —
двери узкие,
но как бы ни были они узки,
навсегда войдете
вы,
кто в Курске
добывал
железные куски.

П о л ю с а п о м е н я л и с ь м е с т а м и. Нам известно, что наша планета — огромный магнит с двумя полюсами. Местоположение их было найдено с помощью магнитной стрелки. В свободно подвешенном состоянии северный конец ее направлен на север, а южный — на юг. Как же так, — спросите вы, — ведь одноименные магнитные полюса отталкиваются, а значит северный конец магнитной стрелки должен показывать на юг, а не на север?

Конечно, если говорить строго, то магнитный полюс, находящийся в южном полушарии, следовало бы назвать северным, а находящийся в северном полушарии — южным. Или же у магнитов поменять названия полюсов: южный полюс назвать северным, а северный — южным. Однако такой мысли ни у кого не возникает, так как названия полюсам даны в очень далекие времена и мы к ним привыкли.

Есть ли на земном шаре места, где магнитная стрелка обоими концами показывает на север или на юг? Вспомните, что магнитные полюса Земли не совпадают с географическими, и вы догадаетесь, о каких местах нашей планеты идет речь. Куда будет показывать стрелка компаса, помещенная на южном географическом полюсе? Один ее конец будет направлен в сторону южного магнитного полюса, а другой — в противоположную. Но в какую бы сторону не идти от южного географического полюса, мы всегда будем направляться на север: другого направления от южного географического полюса нет. Очевидно, помещенная на южном полюсе магнитная стрелка будет показывать на север обоими концами.

Точно так же стрелка компаса, перенесенного на северный географический полюс, обоими концами будет показывать на юг.

Ж и в ы е м а г н и т ы. Много еще существует загадок в природе. Взять хотя бы удивительную способность голубей ориентироваться в пространстве. Как же удастся им найти дорогу к дому, находясь от него на расстоянии в сотни километров?

Известна самая распространенная точка зрения: голуби ориентируются по магнитному полю Земли. Это подтверждается многочисленными опытами. Вот один из них. Пять голубей были увезены далеко от "своего" города. Все выпущенные на волю птицы безошибочно возвратились обратно. Затем каждому голубю под крыло прикрепили маленький магнитик и повторили опыт. Оказалось, что только один из пяти голубей возвратился домой и то после долгих поисков.

Интересны наблюдения шведских ориентологов. Они обнаружили, что над магнитной аномалией у Норберга, где лежит пласт железных руд толщиной не менее двух километров, перелетные птицы, неосторожно опустившиеся слишком низко, теряют ориентацию. Они ломают строй, начинают кружиться.

Как же птицы чувствуют магнитное поле? Решить эту задачу, возможно, позволит следующее открытие: в голове и шее голубей обнаружены ткани, содержащие магнетит. Ученые, сделавшие это откры-

тие, предполагают, что лежащие между мышечными волокнами магнитные частицы могут под воздействием магнитного поля Земли слегка поворачиваться, как стрелка компаса. Поскольку мышечные волокна очень чувствительны к давлению и растяжению, можно предположить, что через них птицы и чувствуют магнитное поле.

Ученые обнаружили магнитный материал и в мозге дельфинов. При рассмотрении срезов мозга под микроскопом в ткани найдены многочисленные темные частицы поперечником в несколько микрометров. Полагают, что это частицы магнетита.

Еще один интересный пример. Каждую осень вдоль американского Атлантического побережья проплывают колоннами тысячи лангустов. Выстроившись точно один за другим, они плывут в западном направлении и ничто не может сбить их с курса. Американские ученые обнаружили, что ориентироваться животным помогают не только морские течения и направления волн, но и своеобразная внутренняя "компасная система", направляющая лангустов по магнитному полю Земли.

С КОМПАСОМ ПО МАРШРУТУ

Со времени изобретения компаса прошли столетия, но этот простейший прибор применяется и сегодня. Его используют летчики и моряки, туристы и путешественники, люди самых разных специальностей.

Когда я был таким, как вы, я прочел в одной книге поучительную историю о бунте на невольничьем корабле. Этот бунт произошел среди океана. У невольников был свой вождь Таманго, он действовал хитро, смело и во время схватки невольники уничтожили всю команду корабля. Однако никто из них не знал, что такое компас и как им пользоваться, чтобы вернуться на родные острова, и они погибли.

Умение двигаться по намеченному маршруту с помощью компаса выручало из беды многих людей в трудных условиях. Вспомним, например, книгу Героя Советского Союза М. Наумова "Хинельские походы".

"Цель марша, — пишет автор, — заключалась в том, чтобы кратчайшим путем, обходя все населенные пункты и гарнизоны противника, достичь Брянского леса. . . Идти нужно было не только тихо, но и точно. Успех дела зависел теперь от искусства вести отряд по азимуту "сквозь игольные ушки".

Что же такое азимут? Обратимся к рис. 10,а. Предположим, мы стоим в центре круга, разделенного на 360 частей (градусов) и повернутого так, что его нулевой штрих указывает на север. Пользуясь отсчетами, подписанными у делений, вы можете указать направление на любой видимый предмет. Например, направление на вышку соответствует углу в 330° . Этот угол называется азимутом. Азимуты измеряются по ходу часовой стрелки от северного меридиана до направ-

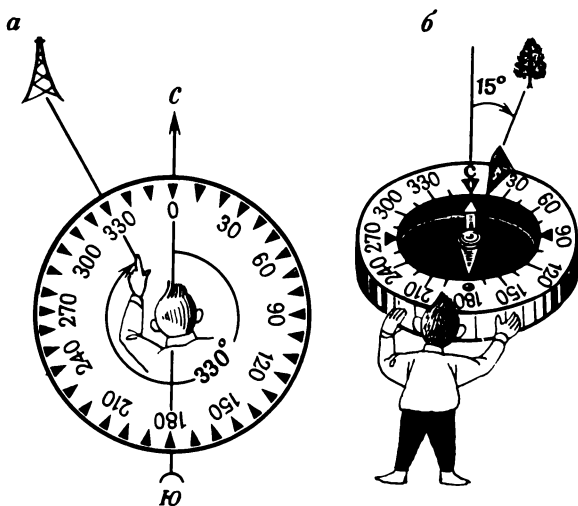


Рис. 10. Азимут (а) и его определение по компасу (б)

ления на ориентир. Если угол измерен от истинного, географического меридиана, то азимут будет истинным, а если от магнитной стрелки, то магнитным.

А теперь выйдем с компасом на местность и определим азимут на какой-либо местный предмет, например на отдельное дерево (рис. 10, б). Для этого встанем к нему лицом и придадим компасу горизонтальное положение. Когда стрелка успокоится, повернем компас так, чтобы нулевой штрих шкалы совместился с северным концом стрелки. Не сбивая ориентировки компаса, визируем на предмет и по линии визирования берем отсчет по шкале. Он и покажет величину азимута. В нашем случае азимут на отдельное дерево равен 15° .

Некоторые компасы, например "Турист", имеют откидное зеркало, которое позволяет одновременно визировать на предмет и следить за совмещением северного конца магнитной стрелки с нулевым штрихом. Если же компас не имеет зеркальной крышки, то его советуем держать не на уровне глаз, а на 10–15 см ниже, чтобы следить за положением магнитной стрелки.

С помощью компаса можно решить и обратную задачу, т.е. по заданному азимуту найти на местности нужное направление. В этом случае по шкале компаса устанавливают заданный отсчет, а затем, поворачиваясь вместе с компасом, добиваются совмещения стрелки с нулевым отсчетом. Тогда прямо перед нами будет направление, соответствующее заданному азимуту. Двигаясь в этом направлении, можно прийти к намеченному пункту. Для этого кроме величины азимута нужно знать еще и расстояние до пункта. Его обычно определяют по карте и считают на местности в парах шагов.

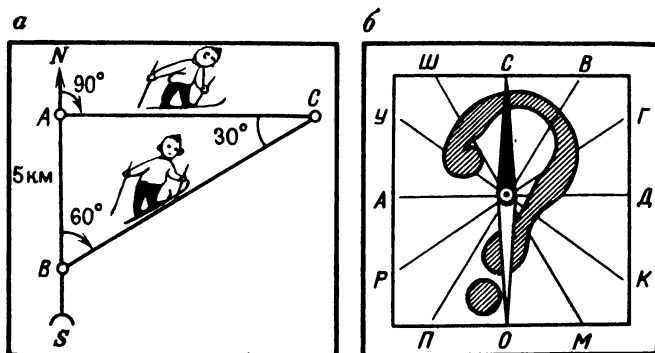


Рис. 11. Иллюстрации к задачам

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.

Встреча лыжников. Два лыжника вышли одновременно из населенных пунктов *A* и *B*, расположенных на одном и том же меридиане на расстоянии 5 км друг от друга (рис. 11, а). Первый лыжник из пункта *A* направился по азимуту 90° , а другой — из пункта *B* по азимуту 60° . С какой скоростью должен идти каждый лыжник, чтобы встретиться друг с другом через 2 ч?

По значениям азимутов от точек *A* и *B* прочертим направления, по которым идут лыжники. В пересечении направлений получим точку *C* — место их встречи. В треугольнике *ABC* определим стороны *AC* и *BC*. Треугольник прямоугольный с острыми углами 30° и 60° . Известно, что катет, лежащий против угла 30° , равен половине гипотенузы. Значит, гипотенуза *BC* равна 10 км (5×2). Сторону *AC* вычислим по известной формуле Пифагора ($AC^2 + AB^2 = BC^2$) и она получится равной 8,7 км.

А теперь один шаг до ответа: первый лыжник должен идти со скоростью 4,35 км/ч ($8,7 : 2$), а второй — скоростью 5 км/ч ($10 : 2$).

Загадочное письмо. К вам попало письмо. Но что это такое? Вместо букв какие-то непонятные числа: 120, 180, 150, 210, 270, 000, 030, 270, 330, 090, 240, 300, 060. А ниже нарисован компас с магнитной стрелкой и буквами на шкале (рис. 11, б). Оказывается, этот рисунок является ключом для расшифровки письма. Воспользуйтесь им и попытайтесь прочитать зашифрованный текст.

Ключ представляет собой шкалу компаса, на которой вместо чисел, показывающих значения азимуты, стоят буквы. В письме каждое число означает азимут. Возьмем, например, число 120. На шкале

компас найдем место, где должен быть отсчет, соответствующий азимуту 120° , и заменим его стоящей здесь буквой *K*. И так, подставляя вместо значений азимутов соответствующие буквы, получим текст: компас заш друг.

Р и с у н к и п о а з и м у т а м. Возьмите лист бумаги в клетку и начертите вдоль вертикальных линий стрелку север-юг. Из какой-либо точки пересечения вертикальной и горизонтальной линии прочертите через одну клетку линию по азимуту 45° и, не отрывая карандаша, продолжайте вести ее через две клетки, но уже по азимуту 180° . Что же у вас получилось? Очевидно, цифра 1.

Пользуясь заданными азимутами, можно начертить не только цифры, но и буквы и даже нарисовать несложные контурные рисунки. Обозначим в скобках число клеток, через которые проходит линия по соответствующему азимуту, и в таком виде запишем следующее задание: $5^\circ (12)$, $175^\circ (12)$, $180^\circ (3)$, $270^\circ (2)$, $0^\circ (3)$, $90^\circ (3)$, $71^\circ (3)$, $15^\circ (4)$, $165^\circ (4)$, $109^\circ (3)$, $180^\circ (3)$, $270^\circ (8)$, $0^\circ (3)$, $90^\circ (9)$, $24^\circ (8)$, $350^\circ (2)$, $190^\circ (2)$, $156^\circ (8)$, $180^\circ (3)$, $270^\circ (6)$, $0^\circ (3)$, $90^\circ (6)$.

Если по этим данным из исходной точки *A* вы проведете ломаную линию, то она очертит контуры трех островерхих строений, показанных на рис. 12.

О б х о д к о н т р о л ь н ы х п у н к т о в. На местности расположено четыре контрольных пункта *A*, *B*, *C*, и *D*, образующих квадрат со стороной 1 км (рис. 13,а). Направление север-юг проходит параллельно линии, соединяющей пункты *A* и *D*. Участники соревнований по спортивному ориентированию получили задание обойти кратчайшим путем все пункты по трем направлениям с таким условием, чтобы исходной и конечной точкой был контрольный пункт *A*. Найдите этот маршрут и подготовьте данные для движения по азимутам.

Прежде всего подумайте, как можно обойти все четыре пункта по трем направлениям и возвратиться на исходную точку. Как бы вы ни пытались соединить вершины квадрата прямыми линиями с условием возвращения на исходную точку, у вас получится не три, а четыре линии. Видимо, при данном условии нужно выйти за пределы квадрата. Так и сделаем. Направимся из пункта *A* в пункт *B* и пойдем дальше по этому направлению (рис. 13,б). Затем из произвольной точки *M* повернем к пункту *C* и пройдем далее по этому же направлению до продолжения линии, соединяющей пункты *A* и *D*. В точке *N* сделаем поворот и направимся по прямой линии к исходной точке *A*. Первая часть задачи решена. Теперь подсчитаем исходные данные для движения по азимутам. Кратчайшим будет такой путь, когда прямоугольный треугольник *AMN* будет равнобедренным, т.е. сторона *AM* равна стороне *AN*, а углы при вершинах *M* и *N* будут по 45° .

В этом случае азимуты направлений *AM*, *MN* и *NA* получаются равными соответственно 90 , 315 и 180° . Нетрудно определить и стороны треугольника *AMN*, т.е. расстояния, которые должны пройти спорт-

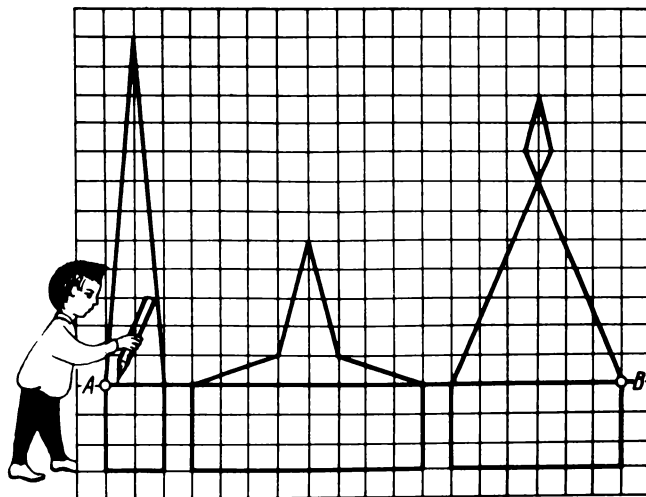


Рис. 12. Рисунок, выполненный по азимутам

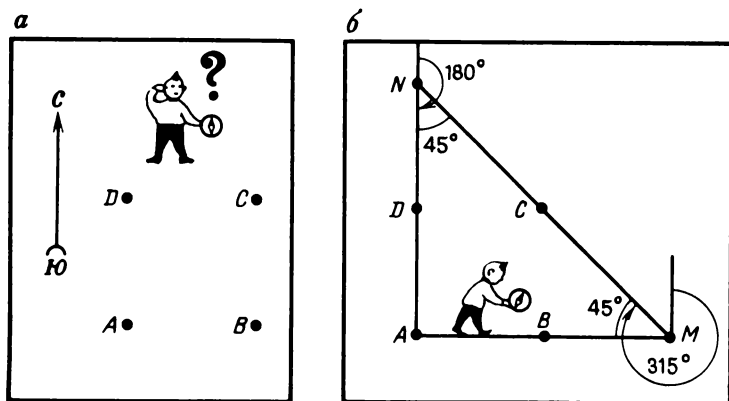


Рис. 13. Условие (а) и решение задачи (б)

смены по соответствующим направлениям. Очевидно, расстояния AM и AN будут по 2 км, а расстояние MN как гипотенуза прямоугольного треугольника AMN составит 2,8 км ($\sqrt{2^2 + 2^2}$). Можно идти и в противоположном направлении. В таком случае азимуты будут обратными, т.е. отличаться от полученных на 180° .

Морская навигация... на суше. Каждый из вас может легко и быстро составить карту, показанную на рис. 14. Назовем ее "морской". Конечно, она будет отображать не морские просторы, а небольшой участок местности, и тем не менее по ней, как по настоя-

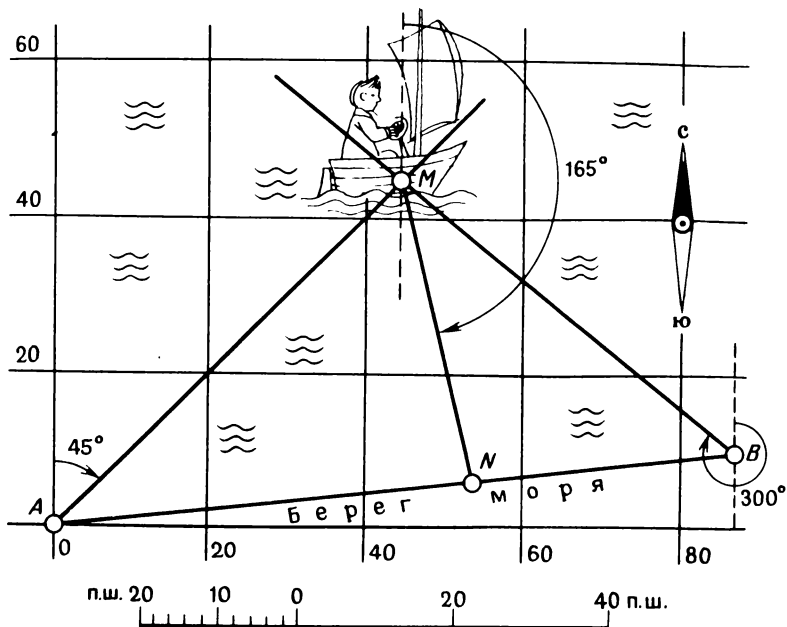


Рис. 14. Пример решения "морских" задач

щей морской карте, мы будем "водить корабли" и определять их местоположение.

Выберем открытый участок местности и установим на нем две вехи в точках A и B . Если имеется забор, то вместо вех можно закрепить на столбах два флажка. Эти вехи или флажки будем считать береговыми знаками. Измерим шагами расстояние между ними и нанесем их на чертежную бумагу в определенном масштабе, например в 1 см 10 пар шагов. Сориентируем чертеж по направлению линии AB , наложим на него компас и вдоль оси магнитной стрелки проведем направление север-юг. Параллельно и перпендикулярно к этому направлению прочертим через 2 см линии, которые образуют сетку квадратов. У каждой линии подпишем расстояния (в парах шагов) от угла левого нижнего квадрата, как это показано на рис. 14. Карта готова, и по ней можно решать такие же задачи, которые решают настоящие моряки.

1. Определение местоположения "корабля".

Встанем на любую точку (в нашем примере на точку M), считая ее положением корабля. С помощью компаса измерим магнитные азимуты, или, как говорят моряки, "возьмем пеленги" на знаки A и B . Допустим, они получились у нас равными 225 и 120° . Переведем их в обратные:

$$A_{1, \text{обр}} = 225 - 180 = 45^\circ;$$

$$A_{2, \text{обр}} = 120 + 180 = 300^\circ.$$

Отложим эти значения азимутов от соответствующих знаков и в точке пересечения M получим местоположение корабля. А как убедиться в том, что задача решена правильно? Очень просто! Измерим расстояние от полученной точки M до точек A и B на местности и на карте, и если они совпадают, значит положение "корабля" определено верно.

2. Прибытие в назначенный пункт.

Из точки M мы должны прибыть в порт, который обозначен на карте точкой N . Проложим по карте курс, т.е. соединим прямой линией точки M и N , и определим навигационные данные: магнитный азимут по курсу и расстояние до пункта назначения. В нашем случае азимут получился равным 165° , а расстояние — 40 пар шагов. Теперь "поведем корабль в порт". Для этого определим по компасу направление, соответствующее азимуту 165° и, следуя этим курсом, будем вести счет пройденного расстояния. Когда отсчитаем 40 пар шагов, наш "корабль" окажется в пункте назначения. Контролем служит также совпадение расстояний NA или NB , измеренных по карте и на местности.

Задачи для самостоятельного решения.

1. Пройдите 10 пар шагов по азимуту 40° , а затем 10 пар шагов по азимуту 220° . Где вы окажетесь?

2. Каким будет маршрут движения, если после каждых десяти пар шагов вы будете увеличивать азимут на 45° ?

3. Пройдите по 20 пар шагов по азимутам 10, 100, 190 и 280° и вы окажетесь в исходной точке. Почему?

4. Прочертите сверху вниз линию и считайте ее меридианом. Относительно этого условного меридиана нанесите непрерывную ломаную линию из пяти равных отрезков так, чтобы их азимуты соответствовали следующим значениям: 162, 306, 90, 234 и 18° . Какой получилась фигура, составленная из этих отрезков?



ИЗМЕРЕНИЯ НА ЗЕМЛЕ

ПРОСТЕЙШИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Всем хорошо известны такие измерительные приборы, как рулетка, мерная лента, землемерный циркуль. Это своего рода эталоны, с которыми сравнивают расстояния на местности. Есть и более простые способы измерений, которые полезно знать.

Очень легко измерять расстояния на местности шагами. Для этого нужно знать длину своего шага. В среднем она равна половине расстояния от уровня глаз до ступней ног. У взрослых людей она составляет 0,7 — 0,8 м. Чтобы узнать более точно длину своего шага, измерьте лентой или рулеткой расстояние 100 м и концы отрезка обозначьте колышками или вехами. Пройдите это расстояние три раза, считая каждый раз шаги. Затем поделите 100 м на среднее число шагов, и вы получите искомую величину.

Шаги обычно считают парами под левую или правую ногу. После каждых 100 пар шагов счет начинают сначала, а число сотен записывают на бумаге или замечают, загибая один за другим пальцы на руке.

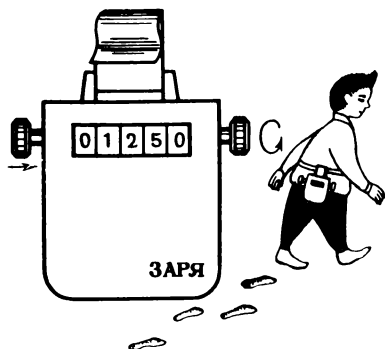
При измерении расстояний шагами очень удобно пользоваться специальным прибором — шагомером. В нашей стране выпускается шагомер "Заря" (рис. 15). Шагомер реагирует на толчки, получаемые при ходьбе, и регистрирует их с помощью счетчика. Количество шагов менее 10 на шкале счетчика не регистрируется.

Шагомер "Заря" имеет головки для сброса показаний счетчика на нуль. Чтобы сбросить показания, нужно левую головку прижать до упора и, не отпуская ее, вращать правую головку против часовой стрелки до установки нулей. На задней стороне корпуса имеется переключатель для остановки прибора. Чтобы прибор работал, необходимо переключатель сдвинуть влево.

Шагомер крепится в вертикальном положении с помощью прижима в кармане брюк, пиджака или на поясе. При ходьбе с шагомером шаг должен быть свободным, обычным. Нормальная работа шагомера гарантируется при ходьбе со скоростью от 30 до 140 шагов в минуту.

Очень простой измерительный прибор устанавливают на автомо-

Рис. 15. Шагомер "Заря"



биях, а иногда и на велосипедах. Это спидометр. С помощью его определяют скорость движения и расстояние, пройденное машиной. При отсутствии спидометра расстояние может быть определено по скорости движения и времени, затраченному на ходьбу или езду.

Расстояния на местности можно измерить и без непосредственных измерений, а с помощью дальномеров. Такие устройства применяются, например, в теодолите, нивелире и других геодезических инструментах. Это всего-навсего две параллельные нити, расположенные в фокальной плоскости зрительной трубы. Они-то и служат своего рода дальномером. На одном конце измеряемой линии — инструмент с нитяным дальномером, на другом — рейка с делениями, изображение которой вводится между нитями. Подсчитав число делений рейки, уложившееся на отрезке между дальномерными нитями, и умножив его на постоянный коэффициент (обычно на 100), топограф получает искомое расстояние.

Простейшим дальномером может служить обычная линейка, а вместо рейки можно воспользоваться вешкой высотой 2 м. Чтобы узнать расстояние до нее, нужно держать линейку вертикально в вытянутой (на 50 см от глаза) руке. Верхний конец линейки (начало отсчетов миллиметров) наведите на верх вешки. Затем передвигайте большой палец вдоль линейки до того момента, когда луч зрения от вашего глаза пройдет поверх ногтя к основанию вешки. Против ногтя большого пальца отсчитайте по линейке число миллиметров. Разделите 1000 на число миллиметров и получите искомое расстояние в метрах.

Нередко приходится измерять на местности не только расстояния, но и углы. Наиболее просто эту задачу можно решить путем сравнения измеряемого угла с прямым. А прямой угол строится так. Вытяните одну руку вдоль плеч, а вторую с приподнятым большим пальцем вперед. Смотрите на палец правым глазом, если вытянута правая рука, и левым глазом, если вытянута левая рука. Полученный между вытянутыми руками прямой угол можно глазомерно поделить, например, на 2 или 3 равные части, каждая из которых будет соответствовать углу в 45 или 30°.

Более точно углы до 30° можно измерить с помощью линейки, удаленной на расстояние 57 см от глаза. В этом случае каждое деление в 1 см будет соответствовать углу визирования в 1° , так как дуга центрального угла в 1° составляет $1/57$ части радиуса.

Точность измерения углов с помощью линейки зависит от навыка выносить ее на расстояние 57 см. В этом можно быстро натренироваться с помощью нитки, один конец которой зажать в зубах, а второй, удаленный на 57 см, держать в руке.

С какой скоростью вы идете? Хорошо, если маршрут вашего движения проходит вдоль шоссе или железной дороги. Пройдя расстояние между двумя километровыми столбами и заметив время, за которое вы его прошли, нетрудно определить и скорость движения. Но туристы обычно выбирают путь по полевым дорогам и глухим тропам, а там, конечно, километровых столбов нет. Как же быть?

Ответ такой: нужно вначале определить скорость движения в шагах в секунду, а затем сделать перевод в километры в час. Допустим, вы прошли за 100 секунд 200 шагов. Значит, скорость вашего движения будет 2 шага в секунду ($200 : 100$). Переведем шаги в метры, умножив полученное число на длину шага. Если, например, длина вашего шага составляет 0,55 м, то скорость движения будет равна 1,1 м/с. Известно, что километр содержит 1000 м, а час — 3600 с. Отсюда следует, что скорость вашего движения в километрах в час будет равна

$$1,1 \frac{3600}{1000} = 4 \text{ км/ч.}$$

Из наших вычислений можно вывести интересное правило: вы прошли в час столько километров, сколько шагов сделали за 2 секунды. Конечно, это правило будет действовать только для тех, у кого длина шага равна 0,55 м. В других случаях такое соотношение будет иным. Если, например, человек высокий и у него длина шага составляет 0,8 м, то скорость его движения в километрах в час будет равна числу шагов, которые он пройдет уже за 3 с.

Понятно, что при определении скорости движения данным способом вы должны считать число шагов, пройденное не за 2 с, а хотя бы за 100 с, а затем полученный результат уменьшить в 50 раз.

Как измерить ширину реки и высоту башни? Возьмите равнобедренный прямоугольный треугольник. Встаньте на берегу реки напротив какого-либо заметного местного предмета, расположенного на противоположном берегу. В исходной точке установите веху и идите вдоль берега до такого места, откуда можно одновременно визировать на замеченный предмет по гипотенузе, а на выставленную веху по одному из катетов треугольника. Расстояние от этого места до выставленной вехи будет равно ширине реки.

Вместо треугольника можно использовать кусок фанеры или картона, на котором должны быть воткнуты три булавки, образующие

равнобедренный прямоугольный треугольник. Визирование по булавкам будет более точным, чем по сторонам треугольника.

Для определения высоты башни поставьте товарища рядом с башней и отойдите назад. Возьмите в руку карандаш и, удерживая его вертикально, вытяните руку. Отметьте на карандаше ногтем большого пальца высоту роста вашего товарища. Теперь определите, сколько раз эта высота укладывается по высоте башни. Полученное число раз умножьте на рост товарища и вы получите ее высоту.

С п о м о щ ь ю п а л ь ц е в. У вас не оказалось под рукой угломерного прибора и даже обычной линейки. Как бы вы измерили или отложили на местности заданный угол?

Угол в 15° (средний угол перемещения Солнца за 1 ч) можно отложить путем визирования на большой и указательный пальцы, раздвинутые под прямым углом. Разумеется, так же как и при измерении углов линейкой, рука должна быть вытянута на 57 см. Величину отложенного угла легко проверить. Заметьте на местности ориентир и отложите от него угол в 90° . Затем от этого же ориентира отложите шесть углов по 15° путем визирования на большой и указательный пальцы, раздвинутые под прямым углом. Последнее отложение пятнадцатиградусного угла должно составить на местности прямой угол. Если этого точно не получилось, нужно повторить отложения, держа вытянутую руку немного ближе или дальше от глаза. Этим вы уточните расстояние, на которое нужно вытягивать руку для получения угла в 15° данным способом.

Меньшие значения углов можно откладывать или измерять на местности следующим приемом. Прежде всего измерьте линейкой ширину трех сомкнутых пальцев своей руки: указательного, среднего и безымянного. Если она у вас будет равна, скажем, 6 см, то при вытянутой на 57 см руке угол визирования на них составит 6° . Соответственно угол визирования на каждый из этих трех пальцев будет равен в среднем 2° . Если же ширина трех пальцев получится у вас, например, 5 см, то и угол визирования на них будет равен 5° .

А р т и л л е р и й с к и е "г р а д у с ы". На боевой позиции раздается команда: "Ориентир три, правее 1—20, далее 300 — огонь". Что означают числа в этой команде?

Очевидно, числами указано местоположение цели, на которую должно быть наведено орудие. В нашем примере цель расположена правее ориентира на 120 делений угломера и далее от него на 300 м. Деления угломера — это артиллерийские единицы измерения углов. В угломерной системе окружность содержит 60 больших делений угломера, а каждое большое деление — 100 малых, которые называются тысячными. Углы в делениях угломера пишут через черточку, которая отделяет малые деления от больших. В этой системе дуга окружности, стягиваемая углом в одно малое деление, практически составляет 0,001 радиуса. В самом деле

$$\frac{2 \pi R}{6000} = \frac{6,28 R}{6000} \sim 0,001 R.$$

Вот почему такие деления обычно называют "тысячными". Если известен угол в тысячных на какой-либо предмет определенной длины или ширины, то по его значению можно легко определить расстояние до предмета. Например, если на будку высотой 1 м угол визирования составляет одну тысячную (0—01), то расстояние до нее будет в тысячу раз больше ее высоты, т.е. 1000 м или 1 км. Если угол будет в несколько раз больше, то расстояние будет во столько же раз меньше. Считая величину предмета В в метрах, а расстояние до него Д в километрах, получим очень простую зависимость

$$Д = \frac{В}{У},$$

где У — угол визирования в малых делениях угломера (в тысячных). Используя взаимную зависимость угловых и линейных величин, решим следующую задачу. Каково расстояние до дома, высота которого 21 м (7 этажей по 3 м каждый), если он точно прикрывается указательным пальцем вытянутой руки?

Угол визирования на указательный палец вытянутой руки составляет примерно 30 тысячных (0—30), значит, расстояние до дома равно 0,7 км (21 : 30).

При измерении углов в тысячных можно использовать часы. Их циферблат разбит на 60 делений—минут, значит, каждое минутное деление соответствует одному большому делению угломера. При переводе тысячных в градусы нужно помнить, что одно большое деление равно 6° (360° : 60).

У г л з р е н и я. Всем ясно, что чем дальше от наблюдателя находится предмет, тем он кажется мельче. Все зависит от угла, составленного лучами визирования на крайние точки предмета. Назовем его углом зрения.

Не всегда легко сопоставить углы зрения на различные предметы, расположенные на разных расстояниях. Как вы думаете, например, какой угол зрения больше: на Луну или на копеечную монету, удаленную от глаза на расстоянии вытянутой руки (рис. 16). Вопрос можно поставить и так: на каком расстоянии от глаза надо поместить копеечную монету, чтобы она точно прикрыла диск Луны?

Известно, что видимый угловой диаметр Луны, так же как и Солнца, приблизительно равен 0,5°. Это и есть угол зрения на Луну. А далее рассуждаем так. Угол в 1° дает поперечный сдвиг, равный 1/57 части от расстояния, а в полградуса — 1/114. Таким образом, если бы монета имела диаметр 1 см, то чтобы она точно прикрыла лунный диск, ее надо поместить на расстоянии 114 см от глаза. А так как диаметр копеечной монеты составляет 1,5 см, то и помещать ее надо в 1,5 раза дальше, т.е. на расстоянии 171 см. Если же мы будем держать монету

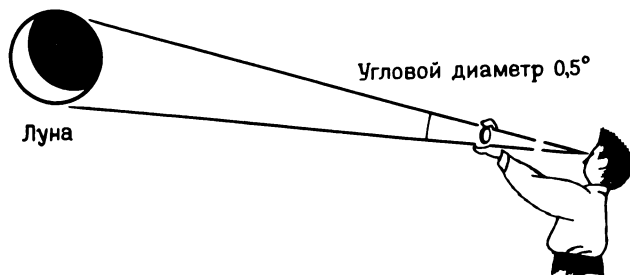


Рис. 16. Угол зрения на Луну

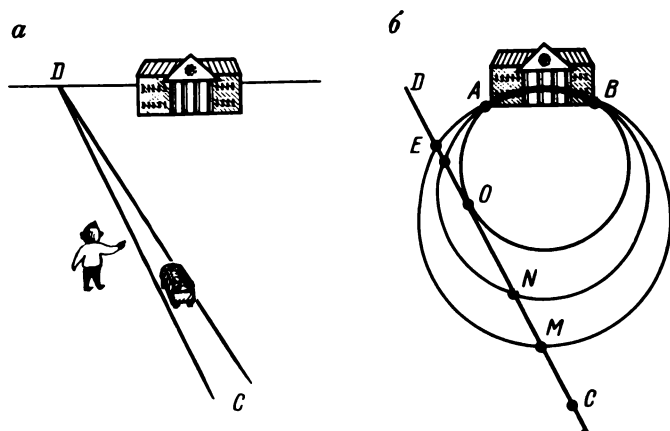


Рис. 17. К определению места для лучшего обзора дворца

на вытянутой руке (на расстоянии 57 см от глаза), то угол зрения на нее составит почти $1,5^\circ$. И только маленькую горошину или головку от спички мы увидим на вытянутой руке действительно под углом в полградуса и она точно прикроет Луну.

Где лучше остановить автобус? По прямолинейному шоссе (CD) едет экскурсионный автобус (рис. 17, а). В стороне от шоссе расположен дворец. В какой точке шоссе должен остановиться автобус, чтобы экскурсанты лучше могли рассмотреть из автобуса фасад дворца?

Условием хорошей видимости какого-либо предмета является наибольший угол зрения. Применительно к нашей задаче угол зрения, ограниченный длиной фасада, по мере приближения к дворцу будет в начале увеличиваться, в какой-то точке достигнет максимальной величины, а затем будет уменьшаться. Как же найти эту точку?

Допустим, линия AB на рис. 17, б будет стороной фасада. Через точки A и B проведем ряд окружностей, пересекающих линию маршру-

та CD . Вполне очевидно, что чем меньше диаметр окружности, тем больше будет угол в точке пересечения окружности с прямой CD , образованный на точки A и B . А самый большой угол будет с точки O , где окружность касается линии CD , так как в этом случае диаметр окружности, проведенной через точки A и B , будет минимальным. В точке O и будет то место, с которого лучше всего рассматривается фасад дворца.

СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Из разговора у театральной кассы: "Мы взяли два билета в 5 ряду, места 16 и 17"; при встрече грибников: "Езжайте по Волоколамскому шоссе до "бетонки", потом по ней налево и на восьмом километре почти у самой дороги белых — хоть косой коси".

Из рассказа Эдгара По "Золотой жук": "Хорошее стекло в трактире епископа на чертовом стуле двадцать один градус и тринадцать минут северо-северо-восток главный сук седьмая ветвь восточная сторона стреляй из левого глаза мертвой головы прямая от дерева через выстрел на пятьдесят футов".

Что объединяет эти примеры?

В каждом из них встречаются числа. Эти числа позволяют сориентироваться в пространстве и указать нужное место — будь то зрительный зал или грибная поляна. Даже в последнем отрывке, который смахивает на откровенную тарабарщину, герой рассказа Легран по приведенным числам угадывает место, в котором закопан пиратский клад.

Место, уточненное до предела, — это точка. Числа, определяющие местоположение точки, называются координатами. В каждом из приведенных примеров применялась своя система задания этих чисел — своя, как говорят, система координат.

Наиболее распространенной системой координат является прямоугольная. Она образована двумя взаимно перпендикулярными осями, от которых отсчитывают координаты — расстояния от осей до различных точек. Ее еще называют декартовой системой в честь французского ученого Р.Декарта, жившего в первой половине 17 века. Нетрудно сообразить, что в первом нашем примере, где речь идет о местах в зрительном зале, мы имеем дело с прямоугольной системой координат. Одно направление здесь указывает номера рядов, а второе перпендикулярное ему — номера мест (кресел).

Во втором случае применена полярная система координат. Основой ее служит условная точка, называемая полюсом, от которого в заданном направлении по известному расстоянию можно найти местоположение любого пункта. В нашем примере место пересечения Волоколамского шоссе с "бетонкой" служит полюсом, а "бетонка" — направлением, по которому отсчитываются расстояния. Дорога не всегда бывает прямой, но это не мешает принять ее за координатную линию.

Выбрав начало отсчета, можно найти свое местоположение или положение нужного пункта.

А как же определить положение географических объектов на всей нашей планете? Эту задачу разрешили древнегреческие ученые задолго до нашей эры. Они придумали сетку параллелей и меридианов или как мы ее называем градусную сетку, относительно которой определяются географические координаты: широта и долгота. Напомним, что широта φ считается от экватора на юг (ю.ш.) и на север (с.ш.), а долгота λ — от Гринвичского меридиана на восток (в.д.) и на запад (з.д.)..

Меридианы и параллели образуют великолепную систему координат. Каждая точка на земной поверхности имеет вполне определенные координаты, которые можно определить на местности и по карте. И наоборот, если известны широта и долгота, то можно построить только одну параллель и один меридиан, в пересечении которых получится одна единственная точка.

Забавно, что названия географических координат “широта” и “долгота” — результат недоразумения. Эти понятия ввел древнегреческий ученый Гиппарх, живший во II веке до н.э. Он считал, что суша на земном шаре простирается с востока на запад почти в два раза больше, чем с юга на север. Впоследствии было выяснено, что Гиппарх в этом отношении заблуждался и что ни о какой географической “долготе” и “широте” на земном шаре не может быть и речи, однако названия укоренились и применяются до сих пор.

Как люди научились определять широту и долготу. Прошло более двух столетий со времени великих географических открытий. Кругозор человечества необычайно расширился, но далекие морские путешествия были по-прежнему рискованными. Ведь, чтобы правильно проложить курс корабля, нужно знать, в каком месте находится корабль. А как это сделать? Как узнать его координаты?

Определение широты φ не вызывает больших затруднений. Для этого достаточно измерить высоту Полярной звезды (угол возвышения ее над горизонтом) как показано на рис. 18. Впрочем, широту можно узнать и по любой другой звезде или по Солнцу. Высоту Солнца, например, определяют в полдень, когда она максимальна. А затем с помощью специальных таблиц вычисляют широту пункта, с которого выполняли наблюдения.

Значительно сложнее было определить географическую долготу. В XVII — XVIII веках правительства некоторых стран установили громадные премии для ученых и изобретателей, которые смогут найти удобный и достаточно точный способ определения географической долготы в открытом море.

Теоретически эта задача не так сложна. Земля на 1 ч поворачивается на 15° долготы. Когда, например, в Ленинграде, будет полдень

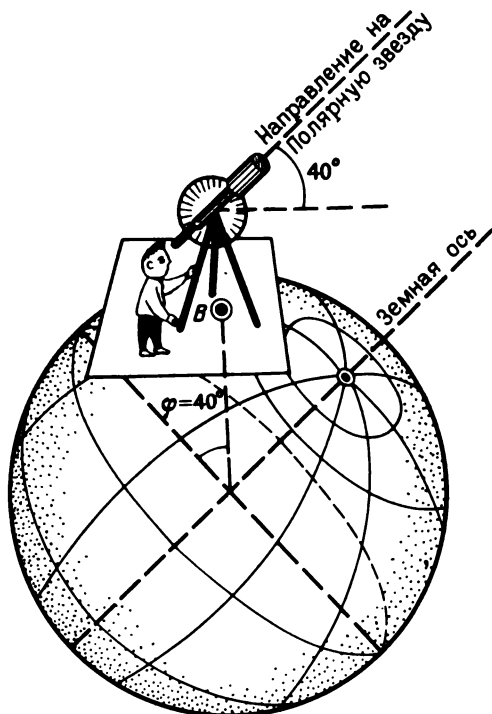


Рис. 18. К определению географической широты

(12 ч), то в точке, лежащей на 15° к востоку от него уже один час дня, а в пункте, расположенном на 15° западнее, еще только 11 ч утра. Поэтому, если выверить часы в полдень по Солнцу в Лондоне, где проходит Гринвичский (нулевой) меридиан, а затем определить, какое время эти часы будут показывать в полдень в Ленинграде, то можно определить разницу долгот этих городов. Например, часы, идущие по лондонскому (Гринвичскому) времени, показали, что полдень в Ленинграде наступил в 9 ч 58 мин. Разница во времени равна 2 ч 02 мин (12 ч - 9 ч 58 мин). Составим пропорцию и определим из нее разность долгот

$$1 \text{ ч (60 мин)} \quad - 15^\circ$$

$$\Delta \lambda = \frac{15 \times 122}{60} = 30,5^\circ.$$

$$2 \text{ ч } 02 \text{ мин (122 мин)} - \Delta \lambda.$$

Полученная разность составляет долготу Ленинграда, так как че-

рез Лондон проходит Гринвичский (нулевой) меридиан, от которого и ведется счет долгот.

Как видите, особой сложности здесь нет. Так почему же долгое время моряки не могли определять долготу? А причина в том, что в то время не было точных часов, которые можно было бы использовать на кораблях. Между тем, ошибка в отсчете времени только на одну минуту в средних широтах соответствует просчету в расстоянии на 15, а вблизи экватора на 27,6 км. И лишь только в первой половине 18 века английский часовой мастер Гаррисон изобрел точные часы, которые в 1736 г. были установлены на корабле, шедшем в Лиссабон. По возвращении в Англию капитан корабля письменно подтвердил, что часы работали безукоризненно. Задача определения географической долготы в открытом море была решена. Итак, чтобы определять географические координаты земных пунктов, вполне достаточно иметь два инструмента: верные часы и прибор для измерения углов.

По одной координате. Все, кто читал роман Жюль Верна "Дети капитана Гранта", вероятно, помнят, какие удивительные приключения довелось испытать его героям в поисках капитана Гранта.

Они пересекли по параллели всю Южную Америку, переплыли через Атлантический и Индийский океаны, прошли по той же параллели с запада на восток Австралию, Новую Зеландию. И наконец на острове Табор — небольшом клочке суши, затерянном в Тихом океане, они встретились с отважным шотландцем.

Героям книги пришлось совершить почти кругосветное путешествие по 37-й параллели южной широты. И все потому, что в документе, который они обнаружили в бутылке, выловленной в море, сохранилось только обозначение широты — $37^{\circ}11'$, на которой произошло кораблекрушение. А цифра, указывающая вторую половину нужного им адреса — долготу, была смыта и осталась неизвестной.

На том, что у любой точки на Земле есть постоянный точный адрес, и основан замысел романа Жюль Верна, позволивший ему провести своих героев через многие страны.

И все же есть на Земле такие точки, которые можно определить только одной широтой. Что же это за точки и какие широты они имеют?

Вы, наверное, догадались, что такими точками будут полюса, для которых достаточно указать только: 90° с.ш. или 90° ю.ш.

По параллелям и меридианам. Многие из вас считают, что дуга меридиана в 1° имеет одно и то же значение на любой широте. И это было бы верно, если Землю принять за шар. Но наша планета сплюснута: ее полярный радиус примерно на 21,4 км меньше экваториального. По этой причине одному и тому же углу по широте соответствует на поверхности Земли у полюса больший отрезок, а у экватора меньший. Так, 1° на полуострове Таймыр больше, чем в Индонезии на целый километр. Приведем значение дуги меридиана на разных широтах (табл. 1).

Таблица 1

Географическая широта, градус	Длина дуги меридиана в 1° , км	Географическая широта, градус	Длина дуги меридиана в 1° , км
0 – 15	110,6	46 – 51	111,2
15 – 23	110,7	51 – 56	111,3
23 – 30	110,8	56 – 62	111,4
30 – 36	110,9	62 – 69	111,5
36 – 41	111,0	69 – 78	111,6
41 – 46	111,1	78 – 90	111,7

Что касается протяженности дуги параллели в 1° на разных широтах, то здесь все значительно проще и понятнее. Все меридианы сходятся у полюсов, поэтому расстояния между ними по мере удаления от экватора становятся все меньше и меньше и на полюсах принимают нулевое значение. Если на экваторе дуга в 1° составляет 111,3 км, то на широте 30° – 96,5 км, а на широте 70° всего 38,2 км.

Протяженность дуг параллелей для различных широт можно взять из таблиц, которые приводятся в учебных пособиях. Их значения подписаны также на некоторых картах, помещенных в школьных атласах.

П л о щ а д ь о с т р о в а. Ранней весной 1937 г. полярные летчики Герои Советского Союза М.В. Водопьянов, В.С. Молоков и др. совершили то, что никому еще не удавалось в мире. Их самолеты, стартовав с острова Рудольфа, приземлились на северном полюсе и высадили там отважных исследователей Арктики. Так была основана первая в мире дрейфующая станция СП-1.

Остров Рудольфа расположен между $81,7$ и $81,9^\circ$ северной широты и 58 и $59,2^\circ$ восточной долготы. Он имеет почти прямоугольную форму. Какова площадь этого острова?

По табл. 1 найдем длину дуги меридиана в 1° на широте острова. Она будет равна 111,7 км. Разность широт северной и южной оконечностей острова равна $0,2^\circ$ ($81,9 - 81,7$), протяженность острова с севера на юг составит 22 км. Это одна сторона прямоугольника. Для определения второй стороны нужно знать длину дуги параллели в 1° на широте острова. Она равна 16 км. По долготе остров простирается на $1,2^\circ$ ($59,2 - 58$). Значит, расстояние между восточной и западной оконечностями острова равно примерно 19 км ($16 \times 1,2$), а площадь его составит 418 км^2 (22×19).

М е ж д у э к в а т о р о м и п о л ю с о м. Город Краснодар лежит на 45-й параллели. К чему он ближе: к северному полюсу или к экватору?

Если вы скажете, что Краснодар удален от экватора и полюса на одинаковое расстояние, то такой ответ будет ошибочным.

Обратимся опять к табл. 1 и найдем в ней протяженность одного градуса дуги меридиана для пункта, расположенного на широте $67,5^\circ$ (между Северным полюсом и Краснодаром) и на широте $22,5^\circ$ (между

Краснодаром и экватором). Они соответственно равны 111,5 и 110,7 км. Умножим каждое значение на 45° и получим ответ на наш вопрос: Краснодар отстоит от Северного полюса на 5018 км, а от экватора на 4982 км, т.е. он находится ближе к экватору на целых 36 км.

ЧТО ТАКОЕ ГЕОДЕЗИЯ

Люди определили размеры нашей планеты, измерили площади стран, высоты горных вершин, глубины морей и океанов, построили города, дороги; каналы, проложили маршруты полетов межпланетных кораблей. Все это область применения одной из древнейших наук о Земле — **г е о д е з и и**, что в переводе с греческого означает землеизмерение.

Измерение Земли связано прежде всего с измерением расстояний. Обычное расстояние между какими-либо двумя точками, например, точками *A* и *B* определяется как длина отрезка *AB*, соединяющего эти точки. Однако, когда мы рассматриваем расстояние между географическими пунктами на поверхности Земли, то имеем в виду дугу большого круга, соединяющего эти пункты. Разница между этими расстояниями особенно наглядна, если взять за исходные точки полюса Земли. Расстояние между ними по прямой окажется примерно в 1,5 раза меньше расстояния, измеренного по поверхности Земли.

Наиболее просто расстояние между двумя пунктами на земном шаре можно определить по времени движения. Такой способ применил, например, Эратосфен при определении размеров Земли. Разумеется, точность его была невысокой.

Мысль о более точных измерениях Земли не покидала ученых всех последующих эпох. В 1528 г. придворный парижский врач Жан Фернель тщательно измерил длину обода одного колеса своего экипажа, приспособил к нему колокольчик, который издавал звон после каждого оборота, и с помощью такого нехитрого приспособления измерил длину меридиана от Парижа до Амьена протяженностью в 1° . Однако точность и такого способа оказалась недостаточно высокой, так как Фернель измерил не длину дуги меридиана, а длину дороги между городами — извилистую кривую, которая мало похожа на дугу меридиана.

Более точный и удобный способ определения больших расстояний на Земле изобрел, почти столетие после измерения Фернеля, голландский астроном и математик В. Снеллиус. Он предложил пользоваться для этой цели цепочками треугольников. Принцип математических построений показан на рис. 19, а.

Всякий треугольник, как известно, состоит из шести элементов: трех сторон и трех углов. Если в треугольнике *ABC* известны углы и одна сторона, например *AB*, то такой треугольник можно “решить”, т.е. вычислить две другие стороны *AC* и *BC*.

Далее сторону *BC* можно взять за основание нового треугольника *BCD* и, измерив углы, определить стороны *BD* и *CD* и т.д.

Так, переходя от одного треугольника к другому, можно покрыть ими полосу Земли вдоль любого меридиана и вычислить длину его дуги, измеряя только углы и одну сторону (базис) треугольника. Все расчеты производят на бумаге, куда перенесены воображаемые треугольники. Так можно определить расстояние даже до предметов, которые "прячутся" за горными хребтами или лесными массивами.

Такой способ получил название триангуляции. Теоретически здесь все просто и математически обосновано. На практике, конечно, возникают некоторые сложности: на точках приходится строить высокие вышки, при вычислениях учитывать кривизну Земли и рефракцию и т.д.

В 1669 г. способ триангуляции использует в своей работе французский ученый Ж. Пикар. Он прокладывает треугольники вдоль той же дороги, по которой проезжал Фернель на своем экипаже. По измеренным данным Пикар вычисляет длину дуги парижского меридиана в 1° . Ее длина получилась равной 111,21 км, если сравнить ее со значением, полученным в настоящее время, то ошибка в определении не превысит 10 м. Такая высокая точность градусных измерений была достигнута впервые.

Здесь можно проследить определенную преемственность. Измерения Пикара были бы немыслимы без применения способа Снеллиуса, а Снеллиус — прямой продолжатель дела Фернеля. Но все они в своих работах использовали прием градусных измерений, предложенных еще в глубокой древности Эратосфеном.

В настоящее время территория нашей страны покрыта густой сетью треугольников (сетью триангуляции). Положение вершин треугольников (пунктов триангуляции) определено на местности с большой точностью. Но чтобы составить карту, нужно знать еще и высоты точек местности. Их отсчитывают от горизонтальной черты, которая отмечена на медной плите, установленной в Кронштадте на устое моста через обводной канал. Эта плита называется футштоком, а черта на нем соответствует среднему уровню Балтийского моря. От этого футштока топографы и геодезисты прошли с нивелиром и трехметровыми рейками всю нашу страну вдоль и поперек, делая замеры через 50 — 100 м. Они точно измерили абсолютные высоты всех возвышенностей и низин, чтобы нанести их на карту, при этом было установлено, что Черное море, например, ниже Балтийского на 35 см.

Каковы форма и размеры Земли? В начале XVIII века между учеными возник спор о форме Земли. Одни считали, что Земля сплюснута, т.е. сжата от полюсов к экватору, другие с этим не соглашались. Чтобы решить спор, надо было измерить Землю. Или, говоря точнее, измерить хотя бы кусочки дуг меридианов: одну на севере, ближе к полюсу, а другую на юге, ближе к экватору, и посмотреть, как соотносятся расстояния, приходящиеся на 1° широты. С этой целью в 1735 г. Парижская Академия наук решила отправить

для градусных измерений две экспедиции — одну в Перу в район экватора, а вторую в Лапландию — пограничную зону между Финляндией и Швецией. Участники обеих экспедиций работали в исключительно сложных условиях, подвергаясь всевозможным опасностям и лишениям.

Когда в Париж вернулись экспедиции и сравнили результаты измерений, оказалось, что градус в Перу, т.е. вблизи экватора на целый километр короче, чем в Лапландии. Этим окончательно было доказано, что Земля сжата от полюса к экватору.

Сейчас известно, что фигура Земли имеет весьма сложную негеометрическую форму. Однако для составления карт без ущерба для их точности вполне достаточно считать Землю эллипсоидом. Впервые наиболее точные размеры земного эллипсоида определили в 1940 г. советские ученые под руководством Ф.Н. Красовского. Размеры эллипсоида оказались следующими: расстояния от центра Земли до полюсов $R_{\text{пол}} = 6\,356\,863$ м; расстояние до экватора $R_{\text{экв}} = 6\,378\,245$ м. Эти данные имеют небольшие расхождения с современными данными, полученными по спутниковым измерениям. Для решения некоторых задач нам нужно знать средний радиус Земли, принимаемой за шар, а также длину меридиана и экватора. Приведем их значения с точностью до десятых долей километра: $R_{\text{ср}} = 6,371,1$ км; $L_{\text{экв}} = 40\,075,7$ км; $L_{\text{мер}} = 40\,008,5$ км.

Откуда взялся метр? В конце XVIII века французские ученые Ж. Деламбр и П. Мешен в течение шести лет измеряли длину дуги парижского меридиана между городами Дюнкерк и Монжуй (близ Барселоны). Закончив измерения, ученые вычислили длину новой меры, равной одной сорокамиллионной части длины меридиана. Новая единица получила название метра. Она послужила основой для международной метрической системы мер.

Итак, метр равен одной сорокамиллионной части длины земного меридиана. Но оказывается, что такое определение будет не совсем точным. Если принять данное определение в настоящее время, то метр получится немного длиннее. Дело в том, что в 1940 г. советские ученые на основе более точных измерений вычислили размеры земного эллипсоида и длина меридиана получилась равной 40 008 548 м. Значит, если считать метр как одну сорокамиллионную долю меридиана, то он получился бы равным 1,0002 м, т.е. длиннее прежнего на 0,2 мм.

Конечно, метр, как единица измерения расстояний не увеличился: ведь во многих странах хранятся специально изготовленные жезлы — эталоны метра. Но все же это ненадежно: ведь жезлы могут быть утрачены. Поэтому в 1983 г. на XVII Генеральной конференции по мерам и весам принято точное определение метра. По этому определению метр равен расстоянию, проходимому в вакууме электромагнитной волной за $1/299\,792\,458$ долей секунды, что позволяет в любое время восстановить метровый эталон.

М е р а о д н а — з н а ч е н и я р а з н ы е. Средняя протяженность дуги меридиана в 1° составляет 111,1 км. Это число легко запомнить, так как оно состоит из одних единиц. Поделим его на 60, в результате получим длину дуги в 1, равную 1,852 км. Эту величину моряки приняли за единицу длины и назвали милей. Такая мера очень удобна в морской навигации, так как позволяет легко и быстро переходить от разности широт двух пунктов к расстоянию между ними.

Длина дуги меридиана в $1'$ будет равна 1852 м только на широте $44^\circ 30'$ и только здесь миля соответствует этой величине. Такое значение морской мили принято, например, в нашей стране. В некоторых других странах милю приравнивают к длине дуги меридиана в $1'$ на других широтах. Очевидно и значения мили в таких случаях будут различными. В США и Великобритании, например, миля равна 1853 м, в Португалии — 1850 м.

В ы с о ч а й ш а я т о ч н о с т ь. Геодезисты могут измерять углы на местности с точностью до $1''$. Как представить себе такой угол?

На расстоянии 1 см друг от друга воткнем две булавки и от них протянем нити. Так вот, чтобы нити были сторонами угла в $1''$, нужно отойти от булавок на расстояние целых два километра!

Как видите, угловая секунда — величина настолько малая, что просто не верится, как с такой точностью геодезисты определяют углы в треугольниках, вершинах которых служат пункты триангуляции. На помощь приходят специальные высокоточные теодолиты, которые по своим размерам значительно крупнее тех, которые вам приходилось видеть на улицах и на стройках.

Точность триангуляции во многом зависит также и от погрешности в определении базиса. Вот почему его измеряют также очень тщательно. Вдоль базиса натягивают на штативах эталонную проволоку с определенным натяжением. Проволока изготавливается из инвара — специального сплава, который почти не расширяется при изменении температуры. И тем не менее во всех случаях обязательно определяют температуру воздуха, сравнивают ее с температурой, при которой проводилось эталонирование проволоки и вводят в ее длину соответствующую поправку. Вводят также и другие поправки, например, за наклон линий, по которым велись измерения, за кривизну Земли и т.п.

Разумеется, что измерять расстояния проволокой сложно и трудоемко. Поэтому физики предложили протягивать между пунктами не проволочную нить, а луч света. На одном конце измеряемого базиса устанавливают передатчик, излучающий световые импульсы, а на другом — отражатель. Такой прибор называется светодальномером. Принцип его работы основан на измерении интервалов времени, за которое импульс света проходит расстояние от передатчика до отражателя и обратно. Скорость бега луча известна. Остается только определить время, за которое он пройдет двойной путь измеряемого расстояния, чтобы узнать чему оно равно. Эту задачу выполняет счетно-решающее устройство.

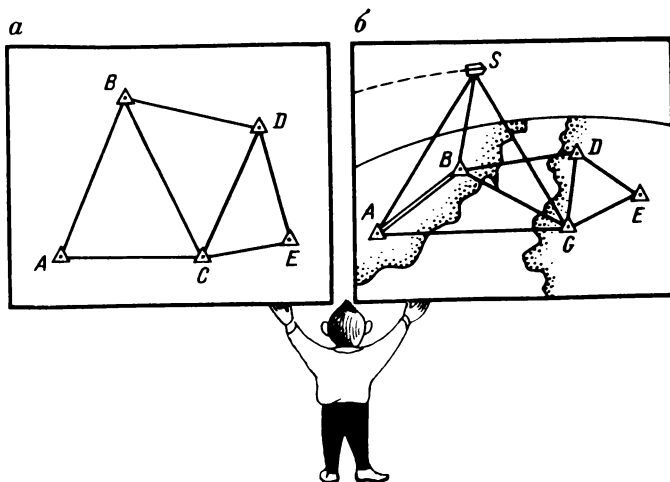


Рис. 19. Схемы наземной (а) и спутниковой (б) триангуляции

Точность определения расстояний светодальномерами очень высокая. Например, светодальномер "Кварц" позволяет измерять расстояния длиной в 30—50 км с погрешностью до 2—3 см.

С высокой точностью выполняются и нивелирные работы. Достаточно сказать, что превышение одной точки над другой измеряется в миллиметрах, а передача высот от исходного пункта (Кронштадского футштока) до станций, расположенных на Беринговом море, выполнена с точностью 15—20 см.

Геодезические спутники. Искусственные спутники Земли нашли свое применение во многих науках о Земле, в том числе и в геодезии. Они служат превосходными "геодезическими сигналами", с помощью которых можно весьма точно определять положение различных географических пунктов. Такой метод определения координат получил название спутниковой триангуляции. В чем же он заключается?

Представим себе три наземных станции A , B и C , с которых наблюдается спутник S , снабженный специальным отражателем для световых (лазерных) лучей (рис. 19, б). Расстояние между станциями A и B , а также их положение на земной поверхности известно. Требуется определить расстояния AC и BC , а следовательно, и местоположение станции C .

При одновременном наблюдении спутника со всех трех станций определяют горизонтальные и вертикальные углы на спутник и расстояния до него. Этих данных вполне достаточно, чтобы перейти от известной стороны AB к двум другим сторонам треугольника AC и BC , определить их расстояния и, в конечном итоге, местоположение пункта C . Не правда ли, что все это очень похоже на обычную триангуляцию?

Преимущество спутниковой триангуляции в том, что спутник можно наблюдать одновременно из весьма отдаленных друг от друга точек земной поверхности. Благодаря этому методу можно определять положение отдаленных пунктов, расположенных в труднодоступных районах, связывать между собой материки и острова, решать другие практические и научные задачи.

Без права на ошибку. “Людам свойственно ошибаться” — такова древнеримская поговорка. К топографам и геодезистам эти слова никак не подходят. Контроль дважды, даже трижды, контроль везде; контроль в геодезии обязателен. Без контрольных измерений топографы и геодезисты не имеют права работать. При этом контроль должен быть таким, чтобы полностью исключить случайный просчет. Приведем небольшой пример. Топограф измеряет расстояние стальной 20-метровой лентой, измеряют дважды и в обоих случаях пропускает “целую ленту”, т.е. делает ошибку в 20 м. Как исключить такой просчет?

Топографы и геодезисты очень предусмотрительны. Оказывается, они ведут измерения не одной, а двумя лентами. Одна из них 20-метровая, а другая 24-метровая, но разбитая на 20 частей. Счет по второй ленте ведется так, как будто каждому большому делению соответствует 1 м. Измеренное этой лентой расстояние умножается на 1,2, затем полученный результат сравнивается с измерением 20-метровой лентой.

Ни одна стройка не обходится без геодезических измерений. Вот перед вами два высоких дома. Выберите такое место, чтобы недалеко друг от друга были видны вертикальные линии углов обоих домов. Медленно передвигайтесь до того момента, когда обе линии сольются. Такое слияние произойдет одновременно наверху и внизу без малейшего зазора. Это простейшее доказательство того, что стены домов представляют собой строго вертикальные плоскости. Даже небольшие отклонения плоскости стены от вертикали считаются недопустимыми. Как же строители добиваются такой высокой точности?

Здесь без геодезии не обойтись. Еще при закладке фундамента с помощью нивелира считают по рейкам превышения одной точки местности над другой. Считают точно — до миллиметра. А чтобы не было просчетов в дециметрах и сантиметрах, на обратных сторонах реек нанесены красным цветом другие шкалы. Если разность отсчетов по черным и красным шкалам будет не более 2—3 мм, значит результаты измерений верны.

Ошибки или погрешности? И все же никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно. Прежде всего сами инструменты, которыми пользуются топографы и геодезисты, заключают в себя определенные погрешности, или как их иногда называют инструментальные ошибки. Какое же влияние они оказывают на точность измерений?

Допустим, мы работаем с тридцатисекундным теодолитом, т.е. с таким угломерным инструментом, который позволяет определить каждое направление с точностью 30". Но угол включает два направления.

И если в каждом из них допущена погрешность $30''$, то суммарная ошибка наверное составит $1'$. Так ли это?

Согласно теории ошибок общая погрешность измерения будет равна не сумме отдельных ошибок, а корню квадратному из суммы их квадратов. В нашем случае она будет равна $42'' \sqrt{30^2 + 30^2}$.

Однако этим же теодолитам можно измерить угол более точно. Способ очень простой. Измерения производят не один раз, а несколько. Чем больше приемов измерений, тем точнее получается значение угла. Но опять же точность возрастает не пропорционально числу приемов, а пропорционально корню квадратному из числа приемов. Если например, мы измерили угол 4 раза, то ошибка его измерения будет меньше, чем из одного приема лишь в два раза.

Существенное влияние на точность измерения оказывают и условия, при которых они ведутся. Если, например, местность ровная, грунт твердый, то расстояние мерной лентой можно измерить с относительной ошибкой $1/3000$, а при неблагоприятных условиях (заболоченность, пески, заросли) точность измерения значительно снижается.

Высота Джомолунгмы (Эвереста). Долгое время высочайшая вершина планеты была неприступной крепостью. Огромная высота, разреженность воздуха, мороз, ураганные ветры стояли на пути альпинистов непреодолимой преградой. И только в 1953 г. люди впервые ступили на ее вершину. Каким же способом определили ее высоту, ведь с нивелиром на нее не подняться!

Оказывается высоты пунктов определяют не только с помощью нивелира (геометрическим нивелированием), существует еще способ тригонометрического нивелирования. Строя сеть триангуляции, попутно с измерением горизонтальных углов на геодезических пунктах, измеряют вертикальные углы и по ним определяют превышения между пунктами. Таким способом и определили абсолютную высоту горы Джомолунгмы (Эвереста). Еще до ее покорения геодезисты различных стран пытались определить ее точную высоту, но результаты получались различными, от 8825 до 8889 м. Это объясняется тем, что вершина имеет неправильную форму и с различных мест видна по-разному. Для того, чтобы точно определить высоту, на ее вершине следовало соорудить геодезический знак. В 1975 г. металлическая пирамида красного цвета высотой 3,5 м была установлена на Эвересте китайскими геодезистами. Затем с девяти пунктов триангуляции, расположенных на высотах 5600—6400 м и на расстоянии 8,5—21,2 км от Эвереста, измерили горизонтальные и вертикальные углы на визирную цель красной пирамиды. Одновременно была определена толщина снежного покрова на вершине. Окончательная абсолютная высота пика оказались равной 8848,13 м. Точность измерения составляет $\pm 0,35$ м.

ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОДЕЗИИ

Ко второй половине XIX века накопилось много градусных измерений, по которым можно было построить земной эллипсоид. Построенные по разным сериям наблюдений эллипсоиды не совпадали. В чем же тут причина?

Прежде всего рассмотрим вопрос, что же следует понимать под фигурой Земли. Земная поверхность не ровная, на ней есть котловины и возвышенности, горные хребты и долины, впадины морей и океанов, но при определении фигуры Земли их в расчет не берут. Фигура Земли определяется поверхностью, ограниченной уровнем Мирового океана. Вы спросите, а где же такая поверхность будет проходить на суше? Для наглядности представим, что материки "прорезаны" глубокими каналами, соединяющими все моря и океаны между собой. Уровень воды в этих воображаемых каналах и будет совпадать с уровенной поверхностью Земли. Фигуру, образованную уровенной поверхностью Мирового океана, называли геоидом, что буквально означает — фигура, имеющая форму Земли.

Изучение формы Земли составляет главную задачу геодезии. И это вполне очевидно. Ведь отклонение действительной формы Земли от ее математической фигуры — эллипсоида вращения, непосредственно влияет на определение точных координат различных пунктов на земном шаре.

От силы тяжести к форме Земли. Форма поверхности геоида обладает вполне определенными свойствами: она зависит от распределения на ней силы тяжести.

Поверхность морей и океанов состоит из подвижных частичек воды. Каждая частичка под действием силы тяжести стремится занять положение ближе к центру Земли. Земное тяготение как бы натягивает поверхность воды и она принимает форму геоида.

Итак, поверхность Мирового океана определяется силой тяжести. А как же перейти от силы тяжести к самому геоиду, как узнать форму его поверхности?

Вы наверняка знаете, что вес одного и того же предмета в разных точках земного шара различный. Наибольшей величины вес достигает на полюсе, а ближе к экватору становится меньше. Казалось бы данные геоида определить не очень сложно. Стоит лишь измерить силу тяжести на полюсах и экваторе, найти закон, которому подчиняется ее распределение, и вычислить значения, определяющие поверхность геоида. Однако такого закона не существует. Фигура геоида оказалась весьма сложной. Чтобы составить полное представление о форме Земли, нужно опытным путем определить силу тяжести в каждой точке земного шара. Эта задача оказалась непосильной даже при современном развитии науки и техники.

Силу тяжести определяют лишь в отдельных точках земной поверхности, используя для этого специальные приборы — гравиметры. По принципу действия гравиметр напоминает обычные пружинные весы, на которых взвешивают грузик определенной массы. Прибор устанавливают на контрольном пункте, уравнивают грузик, а затем переносят прибор на другой пункт. Если грузик станет, предположим тяжелее, он сильнее растянет пружину, что и регистрируется на измерительной шкале. Все другие причины, которые могут нарушить равновесие этих "сверхточных весов", тщательно устраняются. Для этого гравиметр помещают в термостат, герметически закупоривают, изолируют от возможного влияния магнитных воздействий.

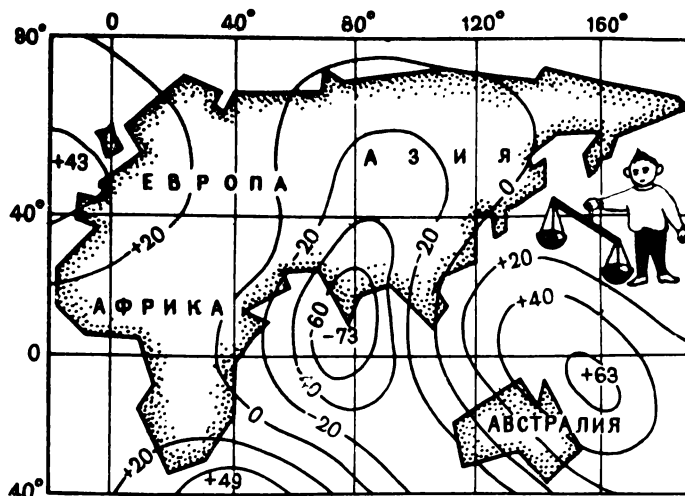
В результате гравиметрической съемки образуется сеть, густота которой на земном шаре очень неравномерна. На территории нашей страны расстояния между пунктами, как правило, не превышают 30 км, а во многих районах 10 км и менее. Такая же густота сети и на территории Западной Европы. Во многих районах Центральной Азии, Африки, Австралии и тем более в Мировом океане и Антарктиде громадные пространства образуют на гравиметрических картах "белые пятна".

Чтобы создать равномерную гравиметрическую сеть на всем земном шаре с густотой, достаточной для точного определения параметров геоида, требуются большие усилия и сотрудничество ученых всего мира.

Отклонение геоида от поверхности эллипсоид. Геоид представляет собой своеобразную фигуру, поверхность которой нельзя выразить математическими зависимостями. Вот почему для составления географических карт принята геометрическая фигура — эллипсоид, очень близкая по форме к геоиду. Земной эллипсоид в одних случаях проходит под поверхностью геоида, а в других — выступает над ней. Вот эти превышения и характеризуют фигуру геоида. Их определяют на отдельных пунктах в результате измерения направлений и величины силы тяжести. Пункты наносят на карту и около них подписывают значения превышений. А далее, применяют известный уже нам картографический способ изолинии, придуманный Галлеем для составления магнитных карт.

На рис. 20 показана карта, характеризующая отклонение поверхности геоида от эллипсоида. Как видите, его поверхность оказалась очень волнистой, со многими "ямами" и "буграми". Южнее Индии, например, простирается большая впадина глубиной 73 м, а западнее Австралии поверхность геоида возвышается над эллипсоидом на 65 м.

Дрейф континентов. Ученые имеют весомые доказательства того, что около 100 миллионов лет тому назад все континенты были объединены в один материк, названный Пангеей (рис. 21). В настоящее время разработана научная теория дрейфа континентов, согласно которой материи, расположенные на плитах поперечником в несколько тысяч километров, движутся в горизонтальном направлении со скоростью до 0,2 м в год. Плиты расходятся, сближаются, скользят отно-



Изолинии проведены через 20 м

Рис. 20. Карта, характеризующая геоид

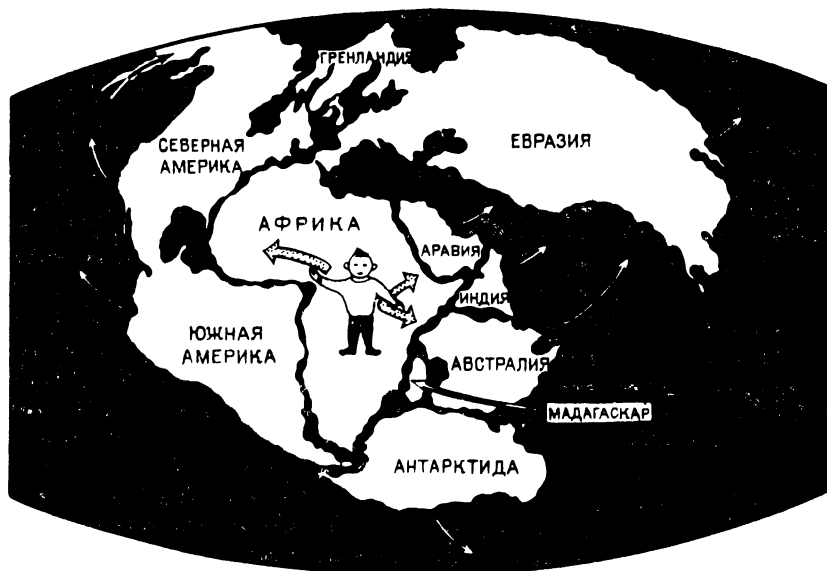


Рис. 21. Предполагаемая карта Земли в далеком прошлом

сительно друг друга, на их границах образуются горы, происходят землетрясения и вулканические извержения. Такие данные получены сравнительно недавно в результате современных точных геодезических измерений.

Доказательством дрейфа континентов служат остатки сходных растений и окаменевших ископаемых, обнаруженные на берегах Южной Америки и Западной Африки. Очевидным является и тот факт, что береговые линии этих континентов вписываются друг в друга, а ведь они в настоящее время разделены Атлантическим океаном и находятся на расстоянии 5000 км.

Географические полюса блуждают. На земном шаре имеются две неподвижные точки, через которые проходит ось вращения Земли. Вы уже догадались, что речь идет о географических полюсах. Но так ли они неподвижны? Оказывается, географические полюса вовсе не находятся в покое, а постоянно "странствуют" по земной поверхности. Их движение проходит по двум траекториям: периодической и вековой. В периодическом движении мгновенный полюс Земли перемещается вокруг среднего положения. Траектория движения имеет вид спирали, которая то закручивается, то раскручивается. Словно зверь в клетке, Северный полюс кружится около средней точки, отклоняясь от нее в разные стороны до 15–20 м (рис. 22). Южный географический полюс, находясь на противоположном конце воображаемой оси, повторяет те же движения.

Вековое движение Северного полюса происходит со скоростью 0,3" (около 10 м) в столетие по направлению 72° к западу, от Гринвича (вдоль линии *AB* на рис. 22). Если движение полюса будет продолжаться в том же направлении и с той же скоростью, то через 60 миллионов лет полюс окажется вблизи Вашингтона, а экватор приблизится к Москве на 40° , и она окажется в тех же климатических условиях, как например, Йемен.

С полюсами Земли неразрывно связана воображаемая сетка географических координат. От того, где на поверхности Земли находится полюс, зависит и положение экватора, от которого отсчитывают географическую широту. Иначе говоря, движение полюса Земли неизбежно вызывает изменение широт всех точек земной поверхности.

Разумеется, величина изменений, о которых идет речь, весьма малая. За год широта изменяется всего на сотые доли секунды. Тем не менее их надо учитывать при решении некоторых геодезических задач.

Земля дышит. Тем, кто живет на побережье морей и океанов, хорошо знакомы приливы и отливы. Дважды в сутки, движимая какой-то силой, вода наступает на берег. Она заливает отмели и заставляет отступать сушу. Но за каждым приливом неизменно следует отлив и то, что стало на короткий срок морским дном, снова превращается в сушу. Как объяснить это загадочное явление природы?

Причины его следует искать за пределами нашей планеты. Вино-

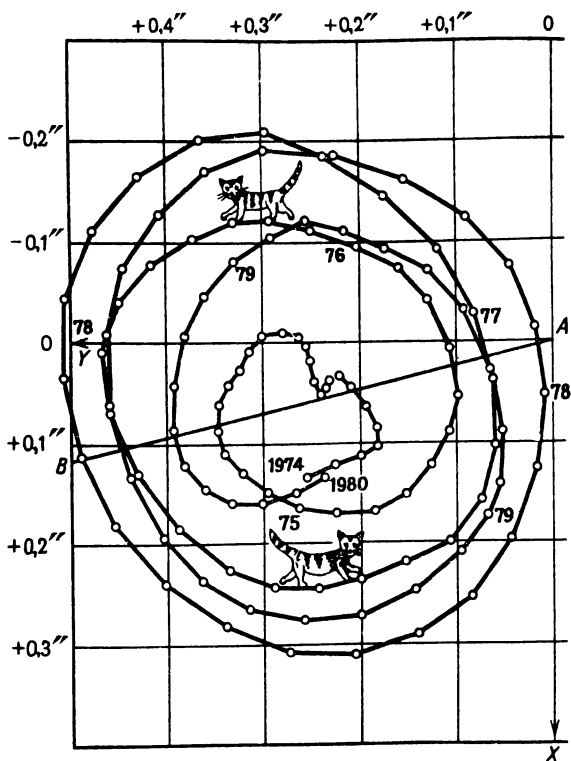


Рис. 22. Траектория перемещения Северного географического полюса

никами приливов являются Луна и Солнце, притягивающие Землю. Солнечные приливы почти вдвое слабее лунных, но и они вполне ощутимы. В периоды новолуний и полнолуний, когда Солнце, Луна и Земля расположены на одной прямой, приливы бывают особенно сильными.

Под действием приливных сил Луны и Солнца деформируется не только водная оболочка, но и твердое тело Земли. Можно сказать, что земной шар растягивается подобно водной оболочке в направлении на Луну, Солнце. Подчиняясь их невидимому влиянию, Земля "пульсирует". "Твердые" волны пологи и невысоки. Если они порождены Луной, то их высота достигает всего 30 см, если Солнцем — то 13 см. Объединив свои усилия, Солнце и Луна в периоды новолуний и полнолуний смогут поднять вас на высоту 43 см.



ИЗОБРАЖЕНИЕ ЛИКА ЗЕМЛИ

ОТ ДРЕВНЕГО ЧЕРТЕЖА
ДО СОВРЕМЕННОЙ КАРТЫ

Лучший портрет нашей планеты — это географическая карта. Трудно переоценить ее роль и значение в нашей жизни. Нет такой науки о Земле, которая могла бы обойтись без географической карты.

Карта — одно из самых замечательных творений человеческого разума. Узором знаков и сплетением линий карта рассказывает о незнакомой территории и часто говорит даже лучше и яснее, чем иная книга. Никакое другое изображение Земли не может ее заменить.

Карта появилась намного раньше письменности. Самые старые из уцелевших картографических изображений относятся к очень давним временам. На камнях, костях животных древние люди изображали отдельные участки местности. Такие изображения были крайне примитивными и напоминали скорее рисунки, чем карты.

Научная картография зародилась в древней Греции. Именно там впервые появились карты обитаемой Земли — ойкумены. Крупнейший древнегреческий ученый Эратосфен, впервые определивший размеры Земли, ввел понятия "параллели и меридианы", которые дошли до наших дней. Он построил сетку параллелей и меридианов и впервые на ее основе составил карту известной в то время Земли. Правда, меридианы на этой карте проведены не через равные промежутки, а через определенные пункты, например, через Александрию (меридиан Александрии), через Карфаген и т.п. Также произвольно проведены и параллели. Тем не менее сетка параллелей и меридианов позволила Эратосфену показать более правильно взаимное положение материков, гор, рек и городов. Карта Эратосфена была первой картой, составленной с учетом шарообразности Земли. Она существовала до конца I века, пополняясь лишь подробностями. Только во II веке знаменитый ученый-географ Птолемей составил карту, на которой более правильно был отображен известный в то время мир.

В средние века достижения античного мира были забыты. Церковь вступила в жестокую борьбу с научными представлениями о строении мира! Картографы того времени изображали Землю в виде круга, квад-

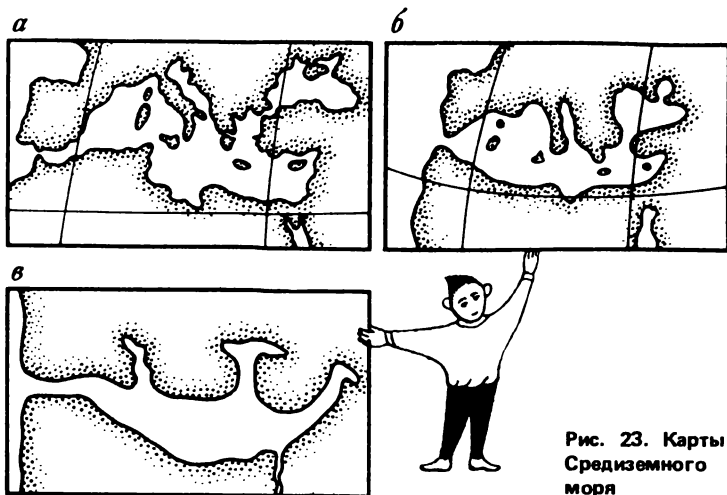


Рис. 23. Карты Средиземного моря

рата или прямоугольника. На этих картах были очерчены аллегорические рисунки стран света, отмечены места, где обитали сказочные единороги, крылатые псы, чудесные рыбы.

Прошло много времени, прежде чем человеческая мысль освободилась от церковных пут. Лишь в эпоху великих географических открытий возрождается учение о шарообразной форме Земли, создаются новые карты.

Какая карта самая древняя? Перед вами фрагменты трех географических карт. Первая карта (рис. 23, а) представляет собой современную физическую карту Средиземного моря. Можно сразу узнать знакомое очертание сапожка Аппенинского полуострова, треугольник острова Сицилия и др. На второй карте (рис. 23, б) мы опять узнаем Аппенины, Сицилию и другие знакомые очертания. Здесь, конечно, изображено все то же Средиземное море, но как-то не очень умело, не так верно, как на первой карте.

Странно выглядит третья карта (рис. 23, в). Можно сказать даже, что это вовсе не карта, а загадочный рисунок в виде какой-то летящей фантастической птицы. Однако и на этой карте показано Средиземное море, а непохоже оно потому, что карта сделана в другое время. Но если вы скажете, что она из всех трех карт самая древняя, то ваш ответ будет ошибочным.

Самая древняя карта представлена на рис. 23, б. Она составлена по материалам величайшего картографа античного мира Птолемея во II в. н.э., а карта, показанная на рис. 23, в, вычерчена на 400 лет позже в период раннего средневековья монахом Козьмой Индикопловым.

Первая печатная карта Руси. При царствовании Бориса Годунова его сын Федор по материалам Большого Чертежа составил карту

России, размер которой был, примерно, 50 х 40 см. Вспомним эпизод из драмы А.С. Пушкина "Борис Годунов". Царь входит к своим детям и спрашивает сына:

А ты, мой сын, чем занят? Это что? Федор:
Чертеж земли московской, наше царство
Из края в край. Вот видишь: тут Москва,
Тут Новгород, тут Астрахань. Вот море,
Вот пермские дремучие леса,
А вот Сибирь.

Верный исторической правде А.С. Пушкин и здесь ее не нарушил. Карта, составленная Федором Годуновым, была выгравирована и отпечатана в 1613 г. нидерландским картографом Гесселем Герритсом. Это была первая печатная карта Руси.

Карта Менделеева. Всем известно имя крупнейшего русского ученого Д.И. Менделеева, открывшего периодическую систему элементов. Но оказывается, он еще внес и большой вклад в картографию. Что же нам об этом известно?

В своем сочинении "К познанию России" Д.И. Менделеев отмечает:

" . . . Обыкновенно Европейскую Россию изображают отдельно от Азиатской России, а когда дают карту всей империи, то в центр ее попадают полупустынные азиатские степи, а истинно русский центр является чем-то побочным. Старался я составить новую карту так, чтобы она при малых размерах отличалась возможной точностью и выставила на первом плане тот центр, которым сложилась и живет вся Россия".

Как же была разрешена такая задача? Очень просто! Меридиан, проходящий через Москву, наложен на карту вертикально, т.е. сверху вниз, а остальные меридианы изображены расходящимися прямыми. В результате получилась карта, на которой территория центральной России находится как бы в центре обзора.

Далее Д.И. Менделеев вспоминает: "Когда географическая сетка, отличающаяся геометрической простотой, была, вычерчена, для нанесения карты прежде всего были приложены немалые усилия для того, чтобы получить правильные очертания всех границ России и рек, в ней протекающих. При этом пришлось пользоваться не только лучшими картами Генерального штаба и Гидрографического отдела Морского министерства, но и некоторыми новейшими сведениями, полученными от указанных ведомств".

Сколько на карте может быть меридианов и параллелей? На этот вопрос обычно отвечают, что меридианов может быть 360 (180 к востоку от Гринвича и 180 к западу), а параллелей 180 (90 к северу от экватора и 90 к югу). С таким ответом согласиться нельзя. Их на земном шаре, а, следовательно, и на любой карте бесчисленное множество.

На картах показывают обычно только те меридианы и параллели, которые соответствуют целому числу градусов долготы и широты.

Проводят их с такой частотой, чтобы по ним удобно было определять координаты и в то же время чтобы они не перегружали карту. Очевидно, градусные интервалы зависят от масштаба карты: чем крупнее масштаб, тем меньше интервал. На картах полушарий, помещенных в школьном атласе, параллели и меридианы проведены через 10° , а на картах отдельных стран в масштабе 1 : 5 000 000 — через 2° . Крупномасштабные топографические карты составляют отдельными листами, ограниченными минутами параллелей и меридианами. На их рамках имеются шкалы, позволяющие провести через любую точку свой меридиан и свою параллель с точностью до секунды.

Неверные карты. Это было во время путешествия крупного русского исследователя П.П. Семенова-Тян-Шанского. К нему попала карта области Сибирских киргизов. На карте Петр Петрович заметил серьезные промахи: в междуречьях Киргизской степи, показаны несуществующие горы. Как же это могло случиться?

На этот вопрос дал ответ начальник топографических работ в Западной Сибири:

— Несуществующие горы мы нанесли в угоду его превосходительству генерал-губернатору Западной Сибири Гасфорту. Он как-то потребовал новые съемочные планшеты. Принесли. Гасфорт показал место и спросил, почему нет гор.

— “Их не существует”.

— “Мне больше знать, где есть горы, где нет. Извольте нанести их на карты”.

Так появились на сводной карте киргизской степи несуществующие горы.

История знает немало примеров, когда неверная карта приводила к трагическим последствиям. Великий русский мореплаватель командор Витус Беринг поплатился жизнью, доверившись ошибочно составленной карте. Дело в том, что у Беринга была карта, составленная французским картографом, работавшим в России, Ж. Делилем, на которой к югу от Камчатки была изображена несуществующая “Земля Гамы”. И несмотря на то, что Сенат совершенно точно указал курс экспедиции Беринга от Камчатки к Америке, командор изменил его в поисках фантастической земли. Конечно, никакой “Земли Гамы” в этом месте он не нашел, только напрасно потратил три недели драгоценного времени. Вот этих-то недель Берингу и не хватало для успешного завершения экспедиции. На обратном пути начались осенние штормы, продовольствие было на исходе, люди совершенно обессилили. Почти неуправляемый корабль был выброшен на один из Командорских островов. Здесь во время вынужденной зимовки скончался великий командор.

— “Кровь закипает во мне всякий раз, — рассказывает один из помощников Беринга С. Ваксель, — когда я вспоминаю о бессовестном обмане, в который мы были введены этой неверной картой”.

От аэрофотоснимка к карте. Земля — наша родина, наш дом.

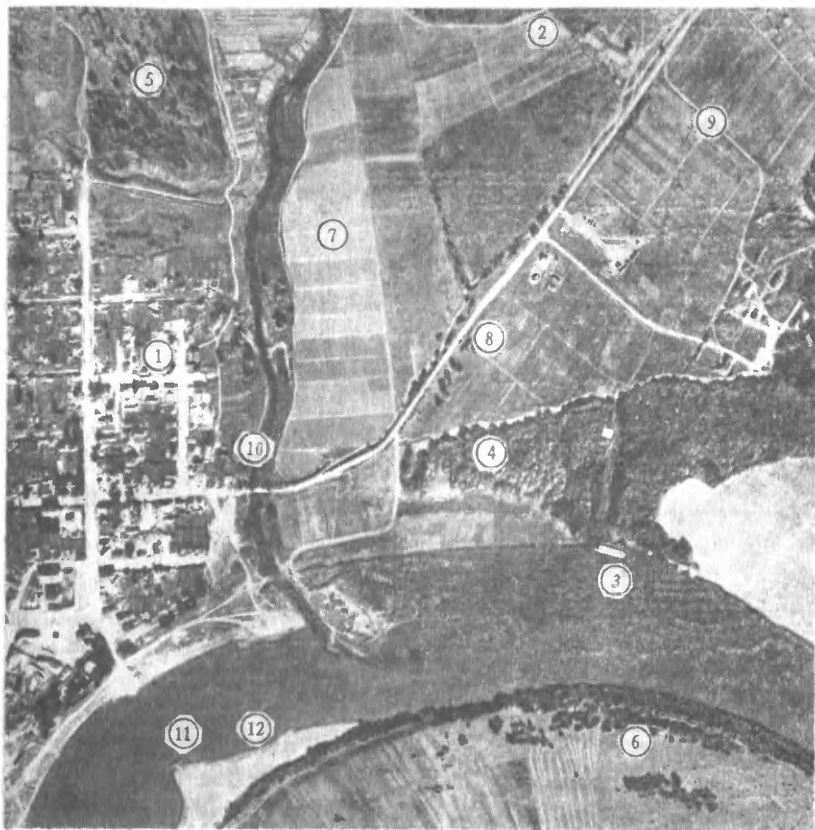


Рис. 24. Аэрофотоснимок местности:

1 — населенный пункт; 2 — отдельное строение; 3 — река; 4 — лес; 5 — редколесье; 6 — кустарник; 7 — поле; 8 — шоссе; 9 — полевая дорога; 10 — мост; 11 — причал (переправа); 12 — отмель

Чтобы хорошо ее знать, нужно прежде всего иметь подробный ее портрет — хорошую географическую карту. Обычно географические карты составляют по другим картам, более крупного масштаба, а самые крупные карты составляют на местности. Крупномасштабные съемки, как правило, выполняют с помощью аэрофотоснимков. Посмотрите на снимок, показанный на рис. 24, и вы без особого труда опознаете на нем населенные пункты, дороги, реки, леса и другие географические объекты.

На первый взгляд кажется очень просто составить карту по аэрофотоснимкам. На самом деле процесс этот нелегкий и длительный. Вначале нужно создать сеть геодезических пунктов, выполнить привязку аэрофотоснимков, затем привести снимки к одному масштабу,

составить по ним фотоплан, на фотоплане зарисовать рельеф и дешифровать местные предметы, сопоставляя их с местностью. И даже после этого получается лишь черновой оригинал карты, от которого еще очень далеко до тиражного оттиска. Но простейшую карто-схему по аэрофотоснимку можно составить буквально за несколько минут.

Возьмите лист кальки, приложите его к снимку и скопируйте населенные пункты, берега рек, дороги, контуры лесов. Обратную сторону кальки зачерните мягким карандашом. Затем положите ее на чертежную бумагу и передавайте карандашом всю скопированную ситуацию. Вычертив ее условными топографическими знаками, получите картосхему снятого участка местности.

“ЯБЛОКО ЗЕМЛИ”

На первых уроках географии каждый из нас с волнением рассматривал шар глобуса — подлинный портрет нашей планеты. И первое, что мы узнали о планете, на которой мы живем, что она круглая. Тысячелетия потребовались людям, чтобы доказать это.

Глобус — уменьшенная, легко обозримая модель земного шара. На нем четко выделены очертания материков и океанов, показаны крупнейшие равнины, реки, озера, кружочками отмечены некоторые города. Глядя на глобус, можно судить о форме Земли, о вращении ее вокруг оси, видеть угол наклона земной оси к плоскости орбиты. По глобусу можно определять площади отдельных регионов, координаты различных пунктов и расстояния между ними.

Самый ранний из всех сохранившихся глобусов изготовил немецкий картограф М. Бехайм в 1492 г. Он нанес на шар сетку параллелей и меридианов и, пользуясь картой Птолемея и другими источниками, построил знаменитое “яблоко Земли” — глобус. На нем еще нет Америки и Атлантический океан омывает восточные берега Азии. Несмотря на это, в общем он был построен довольно правильно и в дальнейшем, по мере открывания новых земель, постепенно уточнялся.

Насколько точна модель? В учебниках нередко изображают земной шар в виде вытянутого овала. И действительно, экваториальный радиус Земли больше полярного примерно на 21 км. Возникает вопрос, почему же глобусы изготовляют в виде шара, а не эллипсоида?

Если мы возьмем глобус диаметром 50 см, — это самый крупный размер школьных глобусов, то окажется, что даже на нем разность между экваториальными и полярными радиусами составляет всего навсего 1 мм, что можно определить из следующего соотношения

$$\frac{R}{r} = \frac{\Delta R}{\Delta r},$$

где R и r — среднее радиусы Земли и глобуса; ΔR и Δr — разности экваториального и полярного радиусов Земли и глобуса.

Понятно, что такое малое расхождение радиусов на глобусе не может быть ощутимо. С космических высот наша планета также представлена в виде правильного шара.

Можно подумать, что неровности земной поверхности и особенно горные вершины должны сильно изменять форму поверхности Земли. Но и это не так. Даже величайшая вершина мира Джомолунгма (Эверест), высота которой достигает почти 9 км, будет на глобусе незаметной песчинкой, высотой несколько микрометров.

Изображение земного шара в виде вытянутого овала явное преувеличение и его применяют только для наглядности при пояснении сжатия Земли. Нашу планету нельзя изобразить на бумаге иначе как в форме круга.

Измерения на глобусе. Глобус наиболее верно передает очертания материков, океанов и размещение их относительно друг друга. На нем все географические объекты сопоставимы, потому что отсутствуют искажения, свойственные картам. Правильное соотношение расстояний и площадей на глобусе позволяет определять действительные размеры любых частей земной поверхности и сравнивать их.

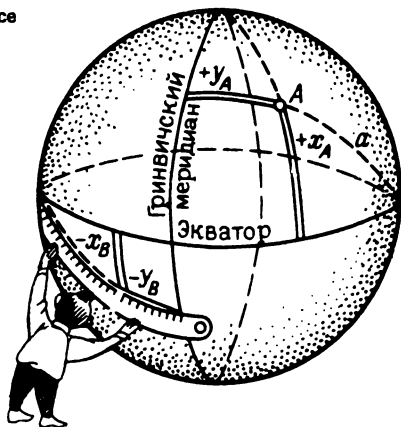
Если бы вы определили расстояние на карте мира между Ленинградом и Нью-Йорком, то у вас получилось бы около 9000 км. При этом линия, соединяющая эти точки, прошла бы через южную часть Швеции, Данию, центральную часть Великобритании. На глобусе же кратчайшая линия между этими городами проходит через Швецию и Норвегию, разделяя Скандинавский полуостров почти пополам, а расстояние между городами получится около 7000 км.

На глобусе можно выполнить множество измерений, дающих представление о соотношении различных расстояний. Нужно лишь иметь гибкую линейку и знать масштаб глобуса.

Площади на глобусе можно измерять при помощи палетки, разграфленной на большие и малые квадраты. Наложив палетку на измеряемую площадь подсчитывают количество больших и малых квадратов, складывают их и, в соответствии с масштабом, определяют площадь на местности. Можно сделать и так. Наложить прозрачную бумагу на измеряемую часть поверхности глобуса, вычертить контур этой части и палеткой определить его площадь.

На глобусе нанесена градусная сетка параллелей и меридианов, проходящих через определенное число градусов широты и долготы. Это своего рода каркас, в который уложено картографическое изображение. На протяжении многих лет топографы и геодезисты определяли географические координаты отдельных пунктов, а затем по полученным координатам наносили их на сетку параллелей и меридианов. Полученное таким образом картографическое изображение позволяет определить по градусной сетке координаты любого географического пункта. Для этого находят градусную клетку, в которой расположен пункт, и определяют оцифровку параллелей и меридианов, которые составляют

Рис. 25. Линейные координаты на глобусе



стороны клетки. Затем оценивают местоположение пункта относительно сторон клетки и, пропорционально расстояниям до них, определяют его географические координаты: широту и долготу.

Новая система координат. На глобусе пользуются, в основном, только географическими координатами, но работать с ними не совсем удобно. В конечном счете угловые значения координат в промежутках между параллелями и меридианами градусной клетки переводят в линейные и, откладывая их на глобусе, находят положение определяемой точки.

А нельзя ли придумать систему линейных сферических координат, единую для всей Земли или хотя бы для одного полушария? Ответ напрашивается такой: переводить угловые значения широт и долгот в линейные величины x и y и откладывать их вдоль меридианов и параллелей. Координату x можно свободно откладывать по меридиану и измерять ее на глобусе стальной или пластиковой линейкой. А вот со второй координатой — y дело обстоит сложнее: линейка никак не хочет укладываться по параллели. И это понятно, так как расстояния на глобусе измеряются по дугам большого круга, а параллели огибают глобус меньшими кругами. Как же быть?

Выход есть. Для координаты y нам придется отказаться от привычных линий параллелей. Ее мы будем измерять или откладывать на глобусе так же, как и долготу — от нулевого, Гринвичского меридиана, но не вдоль параллели, а по дуге большого круга, проходящего через заданную точку (рис. 25).

Перевести градусное значение долготы в линейную величину для координаты y несколько трудней, чем для координаты x , так как она зависит не только от долготы, но и от широты точки. Однако при работе на ЭВМ такой перевод особой сложности не составляет. Зато измерения на глобусе значительно упрощаются. Достаточно приложить линейку на поверхность глобуса так, чтобы ее край проходил через полюс

и заданную точку, и расстояние от нее до экватора даст величину x . Аналогично определяется и координата y , только линейку нужно прикладывать так, чтобы она проходила через заданную точку и точку пересечения экватора с меридианом 90° . Значение той и другой координаты может быть от 0 до $\pm 10\,000$ км.

Наша система координат на получилась единой для всей Земли, а только для одного полушария. У другого полушария отсчет координаты y будет идти от стовосьмидесятого меридиана. И тем не менее работа на глобусе с линейными величинами значительно упрощается по сравнению с угловыми, географическими координатами, при этом координаты получаются в виде конкретных величин — расстояний от экватора и Гринвичского меридиана до определяемых пунктов.

СО СФЕРЫ НА ПЛОСКОСТЬ

Откройте карту мира и сравните площади Гренландии и Австралии. Не правда ли они почти одинаковы? На самом же деле Гренландия всего лишь остров, площадь которого в 3,5 раза меньше Австралии. Как объяснить такую “ошибку”?

При перенесении сферической поверхности глобуса на плоский лист сама поверхность, а вместе с ней и градусная сетка должны неизбежно разрываться. Чтобы не было разрывов, ученые с давних пор стали прибегать к особым условным построениям градусной сетки, к там называемым картографическим проекциям. Построенная на плоскости градусная сетка в одних местах растягивается, в других сжимается. Соответственно растягивается или сжимается картографическое изображение, что неизбежно вызывает искажения.

Разновидности картографических проекций. В зависимости от вида проекции параллели и меридианы, образующие градусную или, как говорят специалисты, картографическую сетку, могут изображаться в форме прямых или кривых линий различной округлости и кривизны. Измерения вида картографической сетки, естественно вызывают соответствующие изменения конфигурации изображений географических объектов. И это понятно: ведь картографическая сетка — это своего рода каркас для изображения географических объектов и, в зависимости от ее вида, могут быть различные искажения. На одних картах сильно искажается соотношение площадей, но сохраняется равенство углов. Такие проекции называют равноугольными. Другие карты, наоборот, отличаются тем, что сохраняют соотношение площадей, но сильно искажают конфигурацию материков. Проекция таких карт называют равновеликими.

Если для карты важно сохранить очертания территорий, то применяют одну из равноугольных проекций, а если необходимо сохранить соотношение площадей — то одну из равновеликих. Большинство же карт составляют в произвольных проекциях, которые имеют свойства и равноугольных и равновеликих проекций. В них искажаются и углы,

Поперечные

Прямые

Косые

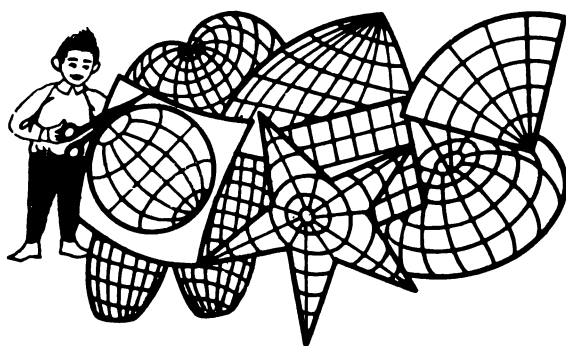
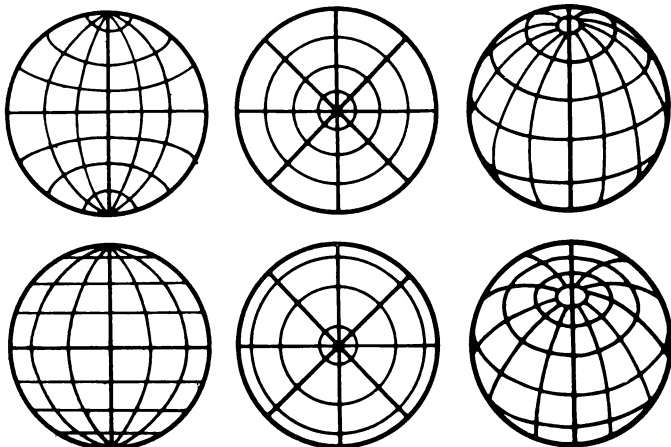


Рис. 26. Азимутальные проекции

и площади, но в меньшей степени, поэтому они не дают на карте резких искажений в очертаниях материков и их площадей.

Несмотря на то, что предложены буквально тысячи способов изображения круглой Земли на плоскости, ни один из них не передает вполне правильно лик Земли. Карта верно показывает только очень небольшой участок поверхности планеты, самую середину участка, на который проектируется градусная сетка. А все, что лежит по краям от линии или точки касания, сильно искажается.

Сколько может быть картографических проекций? Градусные сетки на картах, определяющие тип проекции, могут иметь самый разнообразный вид. Рассмотрим лишь одну разновидность проекций, в которых градусная сетка проектируется на плоскость. Такие проек-

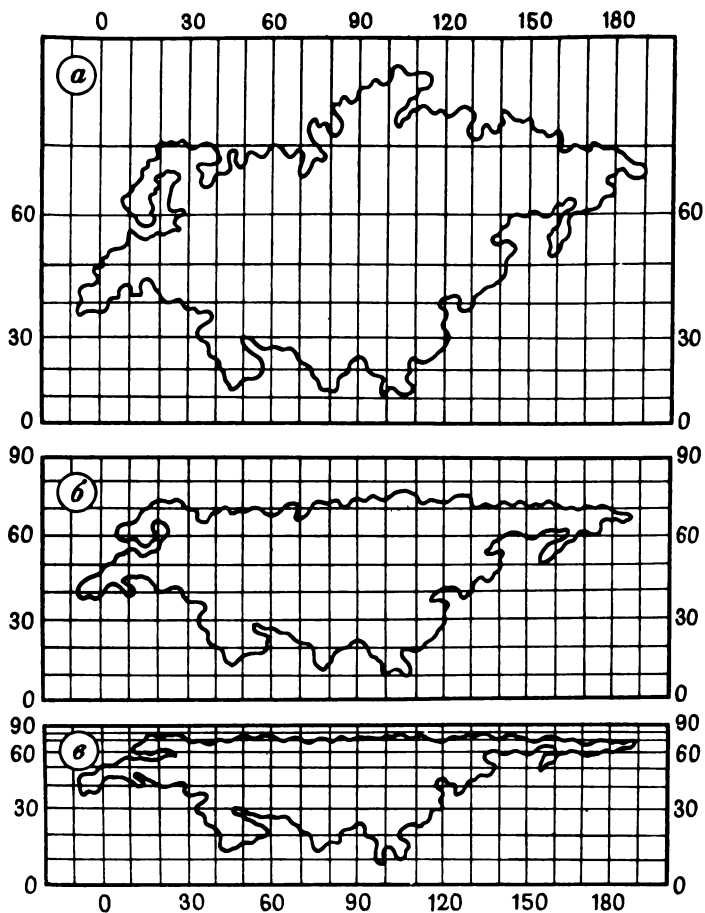


Рис. 27. Карты, составленные в цилиндрических проекциях:

а — равноугольной; *б* — произвольной (квадратной); *в* — равновеликой

ции называются азимутальными (рис. 26). По месту касания плоскости, на которую проектируется картографическая сетка, можно выделить три основные группы. Если плоскость касается земного шара в некоторой точке экватора, проекции будут поперечными, а если в одном из полюсов — прямыми. Но точку касания можно выбрать и в любом другом месте земного шара, тогда получится новый вид проекций, которые называются косыми. И это еще не все. При проектировании картографической сетки центр проекций может перемещаться от центра шара до бесконечности, и в каждом случае сетка получается разной.

На рис. 26 показано по два варианта каждого вида азимутальной проекции, а всего их будет бесконечное множество.

Три карты. На рис. 27 изображены карты Евразии, составленные в цилиндрических проекциях. Такие проекции получаются путем проектирования грудусной сетки на цилиндр, которым как бы обернут глобус. В цилиндрических проекциях параллели и меридианы получаются в виде взаимно перпендикулярных прямых линий. Так они и располагаются на всех трех картах. Чем же тогда они различаются?

Отличие — в расположении параллелей. Вверху представлена карта в проекции фламандского картографа Г. Меркатора, жившего в XVI в. Расстояния между параллелями в ней увеличиваются по мере удаления от экватора к полюсам, что приводит к преувеличению площадей. Участок земной поверхности на широте 80° больше, чем тот же участок на экваторе в 36 раз! Не зная свойства такой проекции мы можем составить ложное представление о величине различных частей земного шара. Аляска, например, на карте Меркатора (см. рис. 27, а) выходит почти в три раза больше, чем Мексика, а на самом деле площадь Аляски значительно меньше площади Мексики. Кому же нужна такая “обманчивая” картина?

Оказывается, меркаторская карта очень удобна в навигации и ею до сих пор пользуются моряки всех стран. Проекция, в которой составлена эта карта, равноугольная и имеет замечательное свойство: любой угол, измеренный на конечный пункт плавания, точно соответствует курсу корабля.

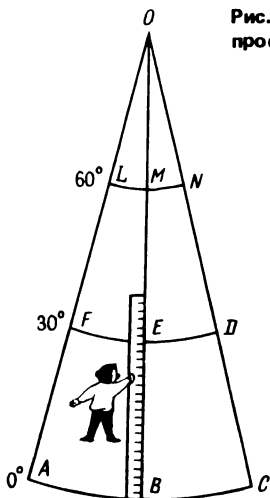
В отличие от карты Меркатора, карта на рис. 27, в сохраняет правильное соотношение площадей материков, морей, островов. Расстояния между параллелями в этой проекции значительно уменьшаются по мере приближения к полюсам, и поэтому очертание береговых линий северных морей сильно искажено. Проекция такой карты равно-великая. Ее составил в середине XVIII в. немецкий ученый И. Ламберт. Им разработан еще целый ряд равновеликих проекций, в частности для карт полушарий. Ламберта по праву можно назвать родоначальником равновеликих проекций.

На рис. 27, б мы видим карту, на которой параллели и меридианы образуют сетку квадратов. Ее предложил еще в 1438 г. португалец Энрико, известный под именем Генриха Мореплавателя. Правда, мореплавателем он никогда не был, а прославился в других, “сухопутных” делах, в частности как организатор морских плаваний в Африку. Проекция карты произвольная. На ней имеются искажения и в углах, и в площадях.

Площади в равновеликих проекциях сохраняются за счет искажений в углах, и наоборот, сохранение углов в равноугольных проекциях осуществляется за счет искажения площадей. Чем больше искажения углов, тем меньше искажения площадей и наоборот. Проекция, которая была бы одновременно равновеликой и равноугольной, не существует.

Почему карта получается разномасштабной? Вопрос этот

Рис. 28. Часть картографической сетки в конической проекции



кажется совсем нетрудным. Ведь мы уже рассказывали раньше, что земная поверхность изображается в полном подобии только на глобусе, а на карте такое условие выполнить невозможно. Все это верно, но как это доказать математически?

Присмотритесь к градусной сетке на глобусе и постарайтесь определить ее свойства. Очевидно они будут следующими.

1. Дуги меридианов, заключенные между параллелями, равны между собой.

2. Дуги одной и той же параллели, заключенные между двумя смежными меридианами, также равны между собой.

3. Углы между параллелями и меридианами везде равны 90° .

Попробуем построить такую сетку, с сохранением этих свойств. Из точки O проведем через равное число градусов расходящиеся прямые, считая их меридианами (рис. 28). Параллелями будем считать дуги концентрических окружностей, проведенные через одинаковые интервалы. У нас получилась градусная сетка в конической проекции. Нетрудно убедиться, что она удовлетворяет всем условиям, а именно $AF = FL = LO = CD = DN = NO$; $LM = MN$; $FE = ED$; $AB = BC$; $\angle OFE = \angle OED = 90^\circ$.

Неправда ли странно? Картографическая сетка на карте подобна сетке глобуса, значит и масштаб в любой точке карты будет одинаковым, как на глобусе. Этого не может быть! Измерим на глобусе дугу шестидесятиградусной параллели между двумя соседними меридианами и сравним ее с соответствующей дугой на экваторе. Она будет ровно в два раза меньше, чем на экваторе. А какое же соотношение получилось у нас на чертеже? Из подобных фигур (см. рис. 28) OMN и OBC находим

$$\frac{MN}{BC} = \frac{OM}{OB} = \frac{1}{3},$$

т.е. дуга на параллели 60° получилась меньше дуги экватора не в два, а в три раза. А это значит, что на экваторе и на разных параллелях масштаб будет различным. Так обстоит дело в данной проекции. В других проекциях масштаб может быть одинаковым по всем параллелям, но разным по меридианам и т.п. Но нет и не может быть такой карты, чтобы ее масштаб во всех местах был одинаковым.

Масштаб в точке. Раскройте школьный атлас полушарий. Измерьте длину экватора или среднего меридиана. Сколько получилось? 20 см, не так ли? Поделите действительное расстояние полуокружности земного шара (20 000 км) на 20 см, и вы получите масштаб: в 1 см 1000 км (1 : 100 000 000). А на карте подписан другой масштаб — в 1 см 900 км. В чем тут дело?

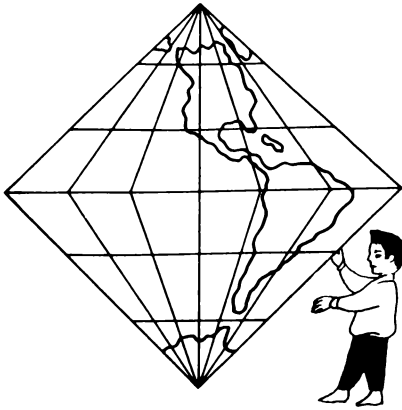
Мы уже знаем, что нет и не может быть карты, на которой сохранялся бы масштаб во всех ее частях. В таком случае картографы ввели понятие "главный масштаб". Он относится к точкам или линиям касания земного шара с поверхностью, на которую проектируется градусная сетка. Для проекции полушария точка касания находится в центре окружности. Непосредственно в точке определить масштаб на удастся, но это можно сделать на небольшом отрезке в районе этой точки. Измерьте здесь длину дуги экватора в 20° . Она получилась равной 2,5 см. На местности эта дуга составляет 2220 км ($20^\circ \times 111$ км). Разделите это расстояние на 2,5 см и вы получите величину масштаба, равную, примерно, величине подписанной на карте (в 1 см 900 км). Это главный масштаб карты.

Квадратные полушария. Мы привыкли видеть карту полушарий в виде окружностей. А нельзя ли картографическое изображение каждого полушария ограничить другой фигурой, например, квадратом?

Ответ на этот вопрос настолько прост, что и не заслуживает внимания. В самом деле, стоит разрезать карту мира, составленную в цилиндрической квадратной проекции (см. рис. 27, б) на две равные части и у нас получится карта, уложенная в два квадрата. Но мы усложним задачу: проекция должна быть такой, чтобы полюса на карте изображались точками, а не растягивались в прямые линии, как в цилиндрических проекциях. Подумайте, как это сделать?

Решение простое: квадрат нужно развернуть на 90° и тогда верхняя и нижняя вершины его будут обозначать полюса, а горизонтальная прямая, соединяющая две другие вершины, — экватор (рис. 29). Поделите линию экватора на несколько равных частей и точки деления соедините прямыми линиями с полюсами. Эти линии будут меридианами. В нашем примере они проведены через 30° по долготе. Через такие же интервалы проведем и параллели — линии, параллельные экватору. Получилась проекция, удовлетворяющая поставленному условию.

Рис. 29. Карта западного полушария в виде квадрата



Карты с разрывами. Одной из характеристик карт иногда считают непрерывность картографического изображения. Можно ли с этим согласиться?

Положим перед собой карту мира и будем проследивать картографическое изображение с запада на восток вдоль экватора или какой-либо параллели. Изображение действительно непрерывно, но у восточной стороны оно прерывается, и продолжение его будет лишь на западной стороне рамки. Карты полушарий в этом отношении более убедительны. Здесь весь мир изображен в пределах двух оторванных друг от друга кругов. Благодаря такому разрыву карты полушарий дают более точную и более наглядную картину земной поверхности по сравнению с картой мира.

Карты мира с разрывами встречаются довольно часто. Разрывы делают, например, в пределах океанов, тогда искажения материков будут минимальными. Можно встретить карты, где предпочтение отдается правильному изображению акваторий океанов. На таких картах разрывы проходят наоборот, по материкам.

Нередко можно встретить звездообразные карты мира. На них северное полушарие составлено в прямой азимутальной проекции, а далее от экватора идут во все стороны треугольные полоски с разрывами по меридианам.

Попытаемся и мы составить карту мира в какой-нибудь оригинальной проекции с разрывами. Обернем глобус бумажными равносторонними треугольниками и спроектируем на них картографическое изображение (рис. 30, а). Теперь попытаемся сделать развертку нашего многогранника. Вы уже знаете, что шаровую поверхность нельзя развернуть на плоскости без разрывов или складок. Следовательно, нельзя также выполнить и развертку многогранника, который стягивает шар. Придется делать где-то разрывы. Наметим их по сторонам треугольников, вершинами которых служат полюса. Сделаем разрезы по на-

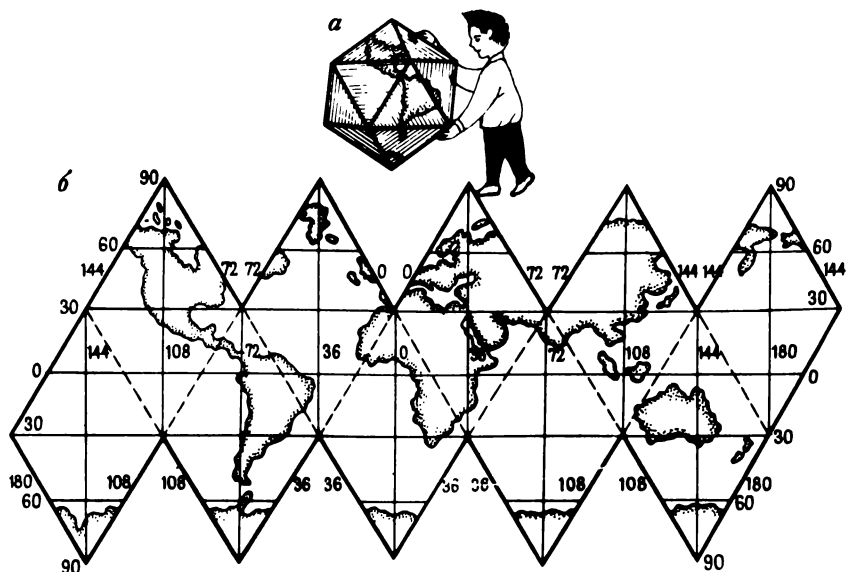


Рис. 30. Многогранный глобус (а) и его развертка (б)

меченным направлениям и получим необычную картографическую проекцию для карты мира (рис. 30, б). Она интересна тем, что главный масштаб будет находиться в центре каждого треугольника, а таких треугольников — двадцать. В пределах треугольников искажения одинаковы. Они увеличиваются от центра к вершинам, где достигают максимальной величины. А в целом значения их в данной проекции благодаря разрывам сведены к минимуму.

Еще одна особенность: проекцию можно легко и быстро превратить в оригинал. Перерисуйте карту на лист чертежной бумаги. По сторонам треугольников сделайте изгибы и обрежьте чертеж по внешнему контуру, оставив полосы для подклейки. Аккуратно подогните треугольники по линиям изгибов и склейте соответствующие стороны. Получится исходный многогранник, показанный на рис. 30, а. В первом приближении его можно принять за глобус.

Могут ли быть карты без искажений? Сложилась традиция называть картографические изображения в масштабах 1 : 5000 (в 1 см 50 м) и крупнее планами, а изображения в более мелких масштабах — картами, и считать, что планы построены без учета кривизны Земли, а все карты содержат искажения. Насколько это справедливо?

Возьмем обычный школьный глобус, и приложим к его поверхности небольшой листок бумаги, допустим, в 1 см². Окажется, что он без складок почти полностью совпадает с поверхностью глобуса. А это зна-

чит, что в пределах его площади земная поверхность на картах будет изображаться так же как на планах — с сохранением подобия фигур. Сопоставив размеры листка с масштабом глобуса, легко убедиться в том, что площадь земной поверхности, которую можно практически принять за плоскость, достигает значительных размеров.

Картографические искажения, возникающие несовпадения сферической поверхности Земли с плоскостью, зависят от масштаба карты и охвата территории. Чем крупнее масштаб карты и чем меньшая площадь изображенного на ней участка, тем меньше искажения.

Крупномасштабные карты (от 1 : 10 000 до 1 : 1 000 000) называют топографическими. Их составляют отдельными листами по полосам (зонам), ограниченным шестиградусными меридианами. Если все полосы точно склеить между собой, то получится почти шарообразная поверхность. Каковы же будут искажения, т.е. ошибки на топографической карте за счет несовпадения картографического изображения с соответствующим изображением на поверхности глобуса?

Очевидно, самые большие искажения на топографических картах, будут на краях зон. В этих местах, как показывают расчеты, относительная ошибка длин линий будет равна в среднем 1 : 1000. Это значит, что на каждый 1 км длины за счет кривизны Земли "набегает" лишний метр. Ну, а что значит метр в масштабе, скажем 1 : 100 000? Это всего-навсего 0,01 мм, что будет в 10 раз меньше предельной графической точности. Таким образом на топографических картах практически отсутствуют искажения и на них так же как на планах сохраняется единый масштаб.

ОБОБЩЕНИЯ НА КАРТАХ

Многочисленность и разнообразие местных предметов не позволяют помещать их на карте все и во всех подробностях. Чем мельче масштаб, тем меньшее число предметов и с меньшей подробностью может быть помещено на карте. Подобно тому, как при удалении от горного массива наш глаз перестает различать его мелкие детали — незначительные ложбины и возвышенности, так и при уменьшении масштаба карты исключаются многие подробности. Во всех случаях, как при составлении карт, так и при топографических съемках производится отбор и обобщение географических объектов.

Основной принцип отбора понять нетрудно. Если на карте крупного масштаба свободно разместились условные знаки различных объектов, то при переносе их на мелкомасштабную карту они сольются и прочитать такую карту будет невозможно. Вот почему при составлении карт из всех городов, озер, заливов, рек и др. выбирают только самые крупные, самые главные, а менее значительные не показывают совсем. Только тогда условные знаки не будут сливаться друг с другом.

При обобщении требуется сохранить подобие контуров и их характер. Все элементы местности картограф должен воспроизвести на карте

наглядно, стараясь не упустить ничего характерного и существенного, но и не загромождая ситуацию излишними подробностями.

Степень обобщения зависит не только от масштаба, но и от назначения карты. Особенно сильно приходится обобщать настенные учебные карты, рассчитанные на рассматривание их с большого расстояния. Примером может служить школьная физическая карта, на которой контрастно отмытый рельеф гор и преувеличенно широкие ленты основных рек очень наглядно выделяются на фоне зеленых пятен низменностей, а вся суша — на фоне сине-голубых морей и океанов.

Обзорность и детальность изображения различных объектов находятся в противоречии между собой. Увеличивая обзорность, мы тем самым уменьшаем детальность карты. Вот почему в зависимости от задач, решаемых по карте, приходится по-разному выполнять обобщения изображений.

Кружок на карте. Ранней весной 1952 г. мы готовились к выезду на Чукотку для выполнения топографических съемок. Моя группа получила задание провести съемку в районе населенного пункта Биллингс, расположенного на побережье Восточно-Сибирского моря. Один из моих товарищей предположил, что Биллингс, вероятно, крупный населенный пункт, ведь он показан почти на каждой географической карте СССР. "По крайней мере, — добавил он, — не меньше Тамбова, который по словам М.Ю. Лермонтова "на карте генеральной кружком означен не всегда".

Когда мы прибыли на место, оказалось, что в Биллингсе всего всего пять ветхих деревянных строений. Поселком-то его не назовешь! Почему же на карте одного и того же масштаба иногда показывают мелкие населенные пункты и пропускают крупные города?

В некоторых центральных районах СССР так много городов, не говоря уже о селениях, что все их показать на мелкомасштабной карте нельзя: она получится слишком загруженной. В таком случае картографы не показывают на карте селения и мелкие города, например, с населением менее 20 тыс. жителей. Однако во многих районах, таких как Крайний Север, Дальний Восток, даже довольно крупные административные центры порой насчитывают всего лишь несколько тысяч человек. Если мелкие населенные пункты не показывать на карте, может сложиться впечатление, что территория попросту необитаема. Вот почему картографы производят отбор населенных пунктов, не только по численности населения, но и с учетом особенностей территории.

Протяженность дороги. Если измерить расстояние по извилистой дороге даже на точной топографической карте, то оно будет всегда меньше, чем покажет спидометр автомобиля. Для холмистой местности, например, разность составляет 10—15 %. Чем же объяснить такое расхождение?

Многие пытаются объяснить это тем, что при съемке местности наносят не длины линий, а длины проекций этих линий на уровенную



Рис. 31. Примеры обобщения на картосхемах

поверхность. И такое обоснование не лишено смысла — ведь если посмотреть вертикальное сечение поверхности Земли, то линия, идущая по склону, будет больше ее проекции на уровенную поверхность. Если подсчитать разность между линией на местности и ее проекцией при угле наклона 5° (такой максимальный угол наклона принят для автомобильных дорог по существующим стандартам), то она составит на каждый метр 0,0038 м (это меньше, чем 0,5 %). Значит причина расхождения длин, измеренных по карте и на местности, кроется не в этом.

Дело в том, что на картах изображение дорог подвергается обобщению; небольшие извилины и повороты сглаживаются, поэтому расстояния, измеренные по ним на карте, всегда получаются меньше действительных. И чем мельче масштаб карты, тем больше будет разность между измеренными и действительными расстояниями. Так, если на карте масштаба 1 : 50 000 для горной местности разность между действительными и измеренными расстояниями составляет 15 %, то для карты масштаба 1 : 200 000 — 25 %.

Необычные обобщения. Есть карты, на которых особенно резко обобщаются элементы содержания. Такие карты с упрощенно обобщенной ситуацией называют картосхемами. Их обычно применяют для иллюстрации статей, они нередко встречаются в приключенческой литературе, научно-популярных изданиях. На картосхемах, так же как и на обычных картах, подробности опущены, однако некоторые из них могут быть выделены и даже преувеличены. Все зависит от назначения карты, а часто и от содержания рассказа, который она иллюстрирует.

Иногда можно встретить картосхемы, на которых обобщения выпол-

нены путем спрямления контурных линий, как это показано, например, на рис. 31. Получаются, конечно, неестественные, но довольно интересные и забавные изображения земной поверхности. Но даже и такие карты позволяют без особого труда опознать на них географическую действительность. Так, на представленной на рис. 31, б карте вы можете узнать побережье Западной Европы, Великобританию, Данию, проливы, ведущие в Балтийское море и др.

В нашей книге уже приводилась карта с подобными обобщениями (см. рис. 20). Спрямление очертаний материков сделано здесь для того, чтобы выделить на карте тематическое содержание, показанное кривыми линиями.

КАРТЫ НА РАЗНЫЕ ТЕМЫ

Географические карты отличаются не только масштабом изображения, но и содержанием. Карты, которые передают внешний облик земной поверхности, ничего специально не выделяя на первый план, называются общегеографическими, а те, где изображение местности используют как фон, чтобы ярко выделить, скажем, растительность, животный мир, климат, дорожную сеть — тематическими. Содержание тематических карт определяется темой, которой они посвящены. На них могут отображаться различные данные как природного, так и общественного характера.

Тематических карт существует великое множество. Нельзя ответить на вопрос, какая из них самая нужная. Каждый специалист считает самой необходимой именно ту карту, которую он использует в своей работе: летчик — полетную карту, агроном — карту полей, горный инженер — карту шахт и подземных выработок. Историк не может обойтись без исторических карт, на которых показаны военные походы, границы империй, маршруты путешественников и т.п. Геологу важно знать, как распределяются в земле горные породы. Вот и показаны они на его карте причудливым многоцветьем, а дороги, города, реки обозначены только для того, чтобы ясно было, какая местность на ней изображена.

И все же есть тематические карты, которые, безусловно, являются основными — это карты природных явлений. Подобных карт, отображающих особенности территории нашей страны, с каждым годом становится все больше и больше. В их число входят, например, ландшафтные, гидрогеологические, сейсмические, климатические, зоологические и многие другие карты.

Как изображают на картах тематическое содержание? Картографы очень изобретательны, и для отображения любого события или явления у них всегда находится тот или иной способ. Кроме фоновой закрашки они применяют различные значки, ареалы, линии движения, изолинии и др. Фоновая закрашка — это первое, на что обращаешь внимание при взгляде на карту, что формирует зрительный об-

раз действительности. Этот картографический прием предложил немецкий поэт Гете при создании по его инициативе геологической карты Тюрингии. Любопытно, что цвета для обозначения разных геологических структур были выбраны Гете очень удачно. Они используются на многих геологических картах и в настоящее время.

Способ фоновой закраски применяется для разделения территории по каким-то признакам. Однако сущность способа не изменится, если цветовую раскраску заменить штриховкой. Поэтому этот способ еще называют способом качественного фона.

Широкое распространение на тематических картах получил способ значков. Значки бывают самыми разнообразными. Они могут напоминать по своей форме изображаемый объект, могут иметь геометрическую форму в виде кружков, квадратов, диаграмм-столбиков, в виде круговых диаграмм, разделенных на секторы, могут быть буквенными и др. Название или расшифровка условных знаков обычно дается на полях карты.

Способ ареалов применяют для изображения области распространения какого-либо явления. Ареалы обозначают на картах по-разному: ограничивают замкнутыми линиями, выделяют окраской или штриховкой, покрывают контурными значками, показывают рисунками, отмечают подписями или отдельными буквами.

Значки или ареалы, ареалы или качественный фон? Выбор картографического способа изображения различных явлений зависит от содержания карт. Но бывает и так, что одно и то же явление можно изобразить двумя, а то и тремя способами. Плотность населения, например, можно показать картограммой, изолиниями, точечным способом. Каждый картографический способ имеет свои особенности.

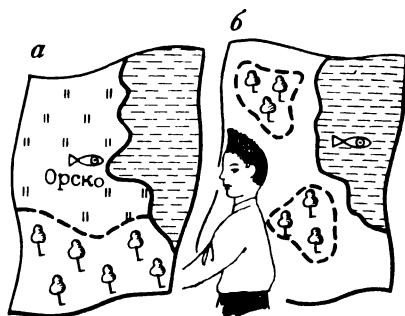
Перед вами на рис. 32 две тематические карты. Попробуйте узнать, что и какими способами на них изображено.

Прежде всего бросается в глаза художественный значок рыбы, показанный на обеих картах. Значок одинаков, но читается по-разному. В первом случае он обозначает наличие в городе предприятий рыбной промышленности, а во втором — область распространения рыбного промысла. Картографические способы изображения на картах разные: на рис. 32, а применен способ значков, а на рис. 32, б — способ ареалов. А какими же способами изображены леса на наших картах? На первой карте вся территория поделена на отдельные области по характеру растительности. Подобный способ передачи географической действительности называется качественным фоном. На второй карте выделены лишь площади, занятые лесами. А такие площади распространения растительности, как мы уже знаем, называются ареалами.

Какой будет погода? Вам когда-нибудь приходилось видеть синоптическую карту? Это странная карта. Слабенький синий рисунок едва выделяется на бумаге. Так показаны реки, берега морей, города. В этом она очень похожа на контурную карту. В отличие от обычной карты

Рис. 32. Картографическое изображение способом:

а — качественный фон и значки; *б* — ареалы



здесь показаны мелким шрифтом цифры, значки, стрелки. Они разбросаны всюду: на местах больших городов и никому неизвестных поселков, в таежных лесах Сибири и Беловежской пуще, в пустынях и степях юга и на затерянных островах Арктики. Это данные о погоде с метеостанций. Ради этих данных днем и ночью, на далеких островах и в больших городах, в любую погоду, несколько раз в сутки, в одно и то же время выходят метеорологи к своим белым ребристым будкам.

Полученные с метеостанций данные служат основой для составления разнообразных прогнозных синоптических карт. Различные погодные явления на них отображаются в основном способом изолиний.

На рис. 33 показана одна из основных синоптических карт — карта прогнозирования температур воздуха. Плавные кривые линии, которые называются изотермами, позволяют определить температуру в любом пункте. Так например, в Киеве ожидается -5°C , в Караганде -17°C и т.д.

Карты для туристов. Многим из вас в дни школьных каникул придется участвовать в турпоходах, выезжать на экскурсии в другие города. И наверное вам хотелось бы заранее познакомиться с маршрутом похода или планировкой города, который вы собираетесь посетить. Как же это сделать?

Картографы — народ предусмотрительный. Они и для туристов поставили специальные карты и планы городов. Географические объекты на них сильно обобщены, и поэтому их обычно называют картосхемами.

Туристские карты весьма разнообразны как по содержанию, так и по оформлению. Как правило, на них особыми значками обозначены памятные места и достопримечательности. Нередко значки сопровождаются номерами, а на полях дается их описание.

На рис. 34, *а* показана небольшая часть туристской схемы Закавказья. Интересная ее особенность: несмотря на плавное очертание полуострова, заливов, озер, дорог, она воспринимается как бы в перспективе. Это достигается тем, что населенные пункты изображены рисунками (без учета масштаба карты), а не условными знаками.

Планы городов составляют обычно в масштабах от $1 : 10\,000$ до $1 : 50\,000$ (рис. 34, *б*). На них показывают улицы и площади, кварта-

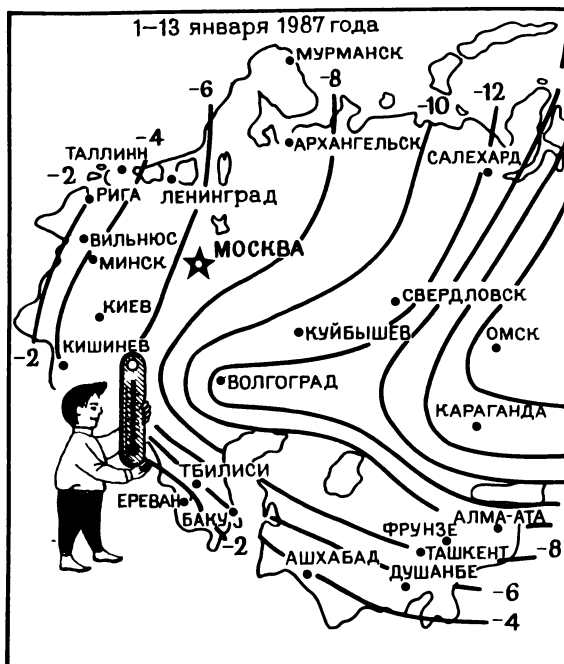


Рис. 33. Карта прогнозирования температур воздуха

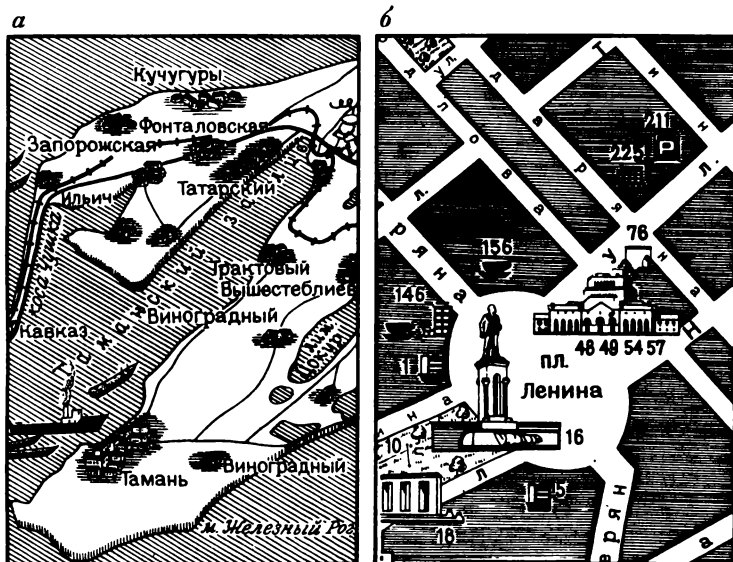
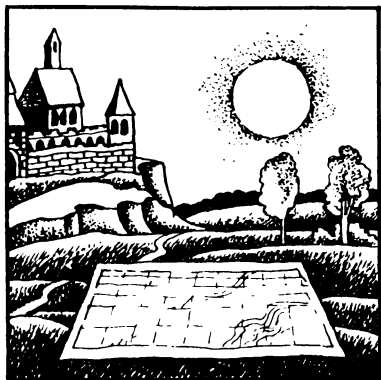


Рис. 34. Туристская карта (а) и план города (б)

лы с выдающимися строениями, реки и озера, парки, бульвары и др. Памятники и архитектурные сооружения изображают перспективными рисунками. Особыми значками выделяют объекты, важные для туристов (театры, музеи, гостиницы и т.п.) .

Масштаб на планах обычно не указывают, тем не менее его можно легко определить. Возьмем, например, план Москвы. Город по длине (от восточных до западных окраин) простирается на 29 км. Это же расстояние на плане составляет 58 см. Значит, масштаб плана 1 : 50 000 (в 1 см 500 м) .



РАБОТА С КАРТОЙ

О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЕТ КАРТА

Никакое литературное описание, даже самое подробное, не может создать у нас столь правильного представления о лике Земли, какое дает географическая карта. Язык карты весьма красноречив — это язык графики и красок, удачно подобранных условных знаков и обозначений. Пользуясь азбукой картографического искусства, мы можем видеть на карте местность такой, какая она есть на самом деле, научиться оживлять карту, мысленно населять ее живыми существами и наполнять движением, свойственным изображенной местности.

Рассматривая отдельные листы карты, мы как бы совершаем путешествие по Земле, посещаем самые отдаленные страны, наблюдая ее по частям и в целом. Вот перед нами материк. Мы видим очертания берегов, заливы, бухты. С гор и возвышенностей сбегая ручейки и, стекаясь вместе, образуют могучие реки, несущие свои воды в моря и океаны. В других местах желтыми пятнами выделяются жгучие песчаные пустыни, лишенные вод и растительности. Особыми условными обозначениями показаны леса и болота, равнины и горы. Вглядываясь в эти раскрашенные листы, мы узнаем, где жарко и где холодно, где залегают полезные ископаемые, какие народы живут на континентах и чем они занимаются, какие и где построены города и какими путями сообщения они связаны между собой.

Но не только об этом расскажет нам карта — великая книга облика нашей планеты. Она может также поведать о прошлом всей Земли и даже заглянуть в будущее. Благодаря картам нам становится близко знакомой и дорогой наша планета Земля.

Наиболее подробно местность отображается на топографических картах и по ним можно получить особенно детальную картину отдельных частей нашей планеты. Нужно лишь уметь читать карту, разбираться в условных обозначениях. Процесс чтения карты обратен работе топографа. Составляя карту, топограф уменьшает все расстояния в соответствии с заданным масштабом, а мы при чтении карты должны в своем воображении эти уменьшенные расстояния снова увеличить и перевести в рас-

стояния на местности, а за условными значками увидеть реальные объекты.

По карте можно читать не только географическую действительность, но и решать практические задачи, связанные с различными расчетами на земной поверхности. Можно, например, определять расстояния, площади и координаты точек, расход воды в реке, превышение одной точки местности над другой и т.п.

Азбука карты. Основу содержания карты составляют условные знаки, с помощью которых можно прочесть, какие географические объекты находятся в тех или иных местах. Условные знаки для карты — это все равно, что буквы для книги. Как нельзя прочесть книгу, не понимая букв, так и нельзя прочесть карту, не зная условных знаков. Но это еще не все. Для того, чтобы читать книгу, понимать значение и взаимную связь слов. Так же и для чтения карты недостаточно запомнить условные знаки, а нужно еще иметь ясное представление о самих географических объектах и их взаимосвязях.

На мелкомасштабных картах условных знаков общегеографических объектов немного и они настолько просты, что каждый грамотный человек может легко расшифровать их. Для крупномасштабных топографических карт применяют значительно больше знаков, и они весьма разнообразны. Очевидно для свободного чтения топографической карты их нужно выучить и запомнить.

Условные знаки топографических карт можно подразделить на три группы: масштабные, внесмасштабные и линейные. В чем же их различие?

Масштабные знаки применяют для таких географических объектов, которые можно показать в масштабе карты. Масштабный знак позволяет узнать форму территории, занимаемой объектом, и определить ее площадь. Внесмасштабными условными знаками показывают местные предметы, которые не изобразились в масштабе данной карты. По ним можно определить только положения предметов (но не их площади).

Не думайте однако, что определенная группа объектов местности изображается масштабными условными знаками, а другая группа объектов — внесмасштабными. Здесь все зависит от масштаба самой карты: чем крупнее масштаб, тем больше разнообразных местных предметов будет показано на карте масштабными условными знаками. С уменьшением масштаба карты масштабные знаки заменяют внесмасштабными и на карте более мелкого масштаба многие объекты не показывают совсем.

Линейными знаками изображают на карте реки, дороги и т.п. По линейному знаку можно определить только длину объекта, но не ширину, так как она сильно увеличена по сравнению с натурой. Степень увеличения ширины зависит от масштаба карты: чем мельче масштаб, тем больше увеличение. Чтобы убедиться в этом, предлагаем решить такую

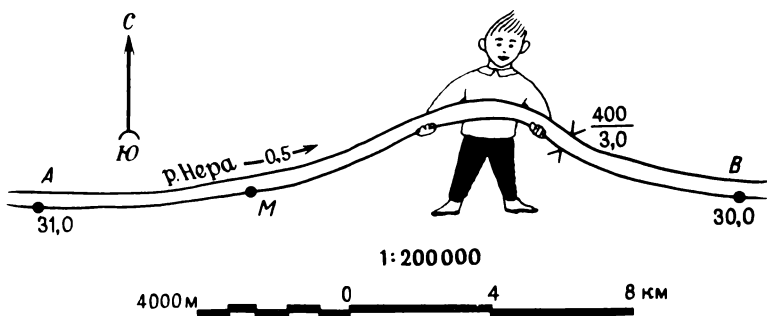


Рис. 35. Пример изображения участка реки на карте

задачу: какова ширина дороги, если на карте масштаба $1 : 10\,000\,000$ она изображена линией шириной $0,3\text{ мм}$?

На карте масштаба $1 : 10\,000\,000$ в 1 см 100 км . Следовательно, ширине условного знака дороги, равной $0,3\text{ мм}$ соответствует расстояние в 3 км ($100 \times 0,03$).

Что можно узнать о реке по карте? Многие условные знаки топографических карт дополняются буквенными и цифровыми обозначениями, которые означают количественную или качественную характеристику местных предметов.

На рис. 35 приводится пример изображения реки на карте. Здесь пять числовых характеристик: ширина и глубина реки (400 и 3 м), скорость течения ($0,5\text{ м/с}$) и две отметки уреза воды ($31,0$ и $30,0\text{ м}$). Но и они рассказывают о многом и позволяют решать различные практические задачи. Вот некоторые из них.

Задача 1. Река впадает в Балтийское море. За какое время можно спуститься на плоту от точки B до устья реки?

Измерим расстояние по реке от точки A до точки B . Оно получилось равным 20 км . На этом отрезке уровень воды падает на 1 м ($31,0 - 30,0$). Число 30 обозначает высоту точки B над уровнем моря в метрах. Чтобы спуститься с этой высоты вода в реке должна пройти расстояние 600 км (30×20). Далее задача решается с учетом скорости течения воды.

В нашем примере она равна $0,5\text{ м/с}$ или $1,8\text{ км/ч}$ ($\frac{0,5 \times 3600}{1000}$). Искомое время определяется по формуле

$$t = L : V = 600 : 1,8 = 333\text{ ч (около 14 суток)},$$

где L — протяженность участка реки от точки B до устья, км; V — скорость течения реки, км/ч.

Полученный результат несколько уменьшен. На самом деле скорость течения воды на всем протяжении не остается постоянной, а по мере приближения к морю уменьшается.

Вопрос для размышления: почему в задаче поставлено условие, что река впадает в Балтийское море?

Задача 2. Сколько воды "перенесет" река за сутки?

Прежде всего определим площадь поперечного сечения реки. Если сечение считать прямоугольником, то для определения площади достаточно умножить ширину реки на глубину. Но все реки обычно имеют дно пологой формы. Для приближенных расчетов можно считать, что глубина, подписанная на карте, проходит не по всему участку поперечного сечения, а только по половине его. В таком случае поперечное сечение принимает форму трапеции с основаниями 400 и 200 м и высотой 3 м, площадь ее будет равна полусумме оснований, умноженной на высоту ($300 \times 3 = 900 \text{ м}^2$).

Такое количество воды (в кубометрах) переносилось бы каждую секунду, если скорость течения была бы равна 1 м/с. В нашем случае скорость равна 0,5 м/с, и поэтому каждую секунду переносится 450 м^3 воды, а за сутки в 86 400 раз больше. Вот такое огромное количество воды "несет" река!

Задача 3. Напротив точки А по середине реки плывет перевернутая лодка. Северный ветер сносит ее к южному берегу со скоростью 1 м/мин. Где ее прибьет к берегу?

От середины реки до берега 200 м. Это расстояние лодка пройдет за 200 мин или 3,3 ч ($200 : 60$). Все это время она будет плыть со скоростью течения воды 0,5 м/с (1,8 км/ч). Расстояние, которое пройдет лодка, пока она не прибьется к берегу, получим по формуле

$$L = V \times t = 1,8 \times 3,3 \approx 6 \text{ км}.$$

Отложим на карте полученное расстояние от точки А вдоль берега вниз по течению и получим точку М — место, где окажется лодка.

Как изображают на картах рельеф? Самое сложное в картографии это отображение рельефа. В самом деле, как изобразить холмы и горы, лощины и впадины на ровном листе бумаги?

На протяжении столетий предлагались различные способы изображения рельефа. В настоящее время широко используется способ изолиний, суть которого состоит в следующем: мысленно разрезают поверхность Земли горизонтальными плоскостями и следы сечения на плоскости — так называемые горизонтали наносят на карту (рис. 36).

Промежутки по высоте между горизонталями называют высотой сечений рельефа (ВС). Высоту сечения можно сравнить с высотой ступенек лестницы. Если вам известна высота одной ступеньки, то по их числу можно узнать, на сколько метров вы поднялись или спустились по лестнице. Если, например, высота каждой ступеньки равна 15 см, а вы прошли вверх 20 ступенек, значит вы поднялись на 3 м ($20 \times 0,15 \text{ м}$). Вернемся к рис. 36. Если высота сечения рельефа будет 10 м, то высота холма равна 50 м.

Теперь предположим, что ступеньки лестницы при одинаковой высо-

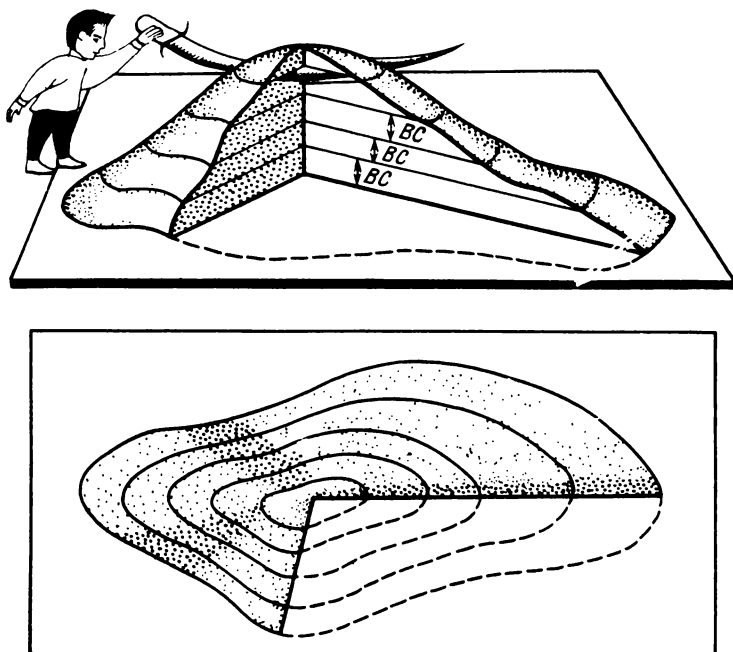


Рис. 36. Схема способа изображения рельефа горизонталями

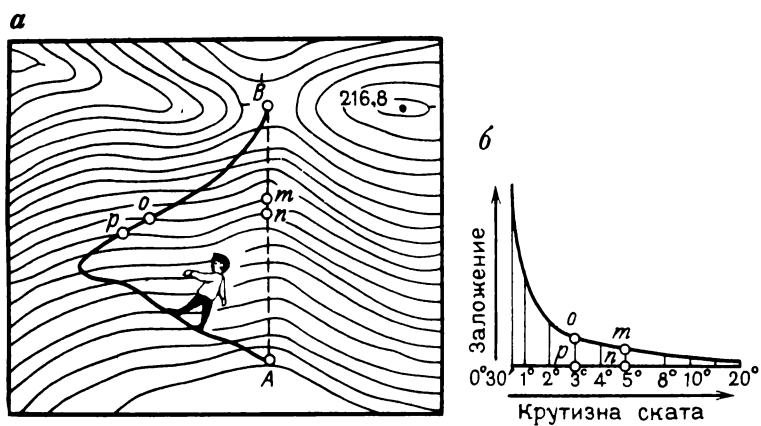


Рис. 37. Схема пути к перевалу (а) и график заложений (б)

те имеют различную ширину. Наложим на такую лестницу настил из досок и вместо лестницы из ступенек у нас получится скат, который будет положе там, где ступеньки шире. Сравните данный пример с изображением возвышенности горизонталями и вы можете убедиться в том, что густота горизонталей определяет крутизну склонов. Чем дальше одна горизонталь отстоит от другой, тем склон положе и наоборот.

На мелкомасштабных картах горизонтали называют изогипсами и проводят их не через равные промежутки по высоте, а по специальной шкале. Изображение рельефа изогипсами обычно сочетается с послышной окраской различного цвета. Низменности закрашиваются зеленой краской разных тонов, а возвышенности и горные участки — желтой, оранжевой и коричневой красками различной насыщенности, причем, чем выше местность, тем темнее окраска.

В обход препятствия. Безусловно, вы все катались зимой с горки. Одни горки круче, и с них вы съезжаете с большой скоростью, другие положе и скорость спуска здесь уменьшается. Все зависит от крутизны ската (склона), т.е. от угла наклона поверхности. Крутизна ската — очень важная характеристика рельефа и ее всегда учитывают при строительстве дорог, каналов и других сооружений. Способ изображения рельефа горизонталями позволяет легко определить по карте эту характеристику.

На рис. 37, а изображен склон хребта с перевалом в точке В. Ближайший путь к перевалу из точки А показан прямой пунктирной линией АВ. Но дорожные строители избрали другой путь, который проходит по кривой извилистой линии. В чем тут причина?

Обычно дороги "петляют" в обход каких-либо препятствий. Оказывается и здесь есть препятствие и довольно существенное — это крутой склон. Его крутизну можно определить по графику заложений (рис. 37, б). Вдоль горизонтальной оси на нем подписаны значения крутизны в градусах, а вдоль вертикальной оси отложены соответствующие заложения (расстояния между смежными горизонталями) и концы их соединены кривой линией.

Для определения крутизны ската по графику заложений следует измерить циркулем (или отложить на полоске бумаги) расстояние между двумя смежными горизонталями и приложить циркуль (полоску бумаги) к графику. Отсчет внизу на шкале укажет крутизну ската в градусах. На рис 37, а среднее расстояние между горизонталями mn по прямой линии АВ соответствует 5° . Для автомобильной дороги это довольно крутой скат, максимальная крутизна его в условиях холмистой местности не должна превышать 3° . В таких случаях приходится обходить крутые участки, при этом удлиняется путь, но зато продольный уклон дороги становится меньше. На трассе, показанной сплошной линией, он составляет в среднем 3° .

Кому пришлось побывать в горах, те знают, как причудливо извиваются, часто меняя свое направление, проходящие там дороги. Неда-

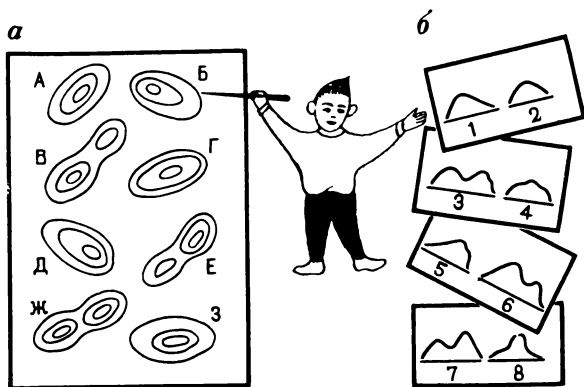


Рис. 38. Формы рельефа (а) и их профили (б)

ром их крутые извивы называют серпантином, — словом, которое на французском и английском языках значит "змея".

Вертикальный разрез. Практически можно считать, что горизонталь — это след сечения земной поверхности горизонтальной плоскостью. А что получится, если земную поверхность пересечь вертикальной плоскостью? Какой след останется на ней? Нетрудно догадаться, что в результате такого сечения получится профиль рельефа местности.

Профиль можно построить по любой физической карте, где рельеф изображается изогипсами. Но более точные и подробные профили получаются по топографическим картам. Порядок их составления в том и другом случаях примерно одинаков и заключается в следующем.

Возьмем лист бумаги, проложим его на карту краем к профильной линии и перенесем на него короткими черточками все горизонтали (изогипсы). Около черточек подпишем отметки соответствующих горизонталей. Затем прочертим на бумаге ряд параллельных линий, равных по длине профильной линии карты. Слева у параллельных линий подпишем отметки горизонталей, при этом меньшая по величине отметка должна быть внизу. От черточек опустим перпендикуляры до пересечения с соответствующими параллельными линиями. Точки пересечения соединим плавной линией, в результате получим профиль рельефа местности.

Задача. Какому профилю (рис. 38, б) соответствует каждая горка, изображенная горизонталями на рис. 38, а?

Ответ дан в буквенно-цифровых обозначениях: А-2, Б-1, В-6, Г-4, Д-5, Е-7, Ж-3, 3-8.

Над картой сражений. Много "профессий" у карты, но одну из них следует отметить особо: без карты немыслима надежная оборона нашей Родины. Карта на войне приравняется к оружию, и без нее не могут обойтись командиры и штабы. Зачем же военным нужна карта?

От характера местности зависят условия проходимости, маскировки и защиты войск. Хорошо понимая язык карты, командир ясно представляет себе все особенности ведения боя на данной местности, определяет, где пройдут танки и боевые машины, какие складки рельефа укроют подразделения от обстрела и наблюдения с воздуха.

При взгляде на карту командир оценивает дорожную сеть, направление течения рек, расположение горных хребтов и долин. Топографическая карта в боевых условиях становится рабочей картой командира. На нее особыми условными знаками наносят положение своих войск и войск противника. По такой карте сразу можно определить расстояние до противника, место расположения его ракет и артиллерии, командных пунктов, резерв. Без карты, без знания местности невозможно руководить боевыми действиями подразделений, нельзя выполнить боевую задачу, также как нельзя совершить марш и правильно использовать современное оружие и боевую технику. Карта — лицо поля сражения, глаза армии, верный спутник командира.

ИЗМЕРЕНИЯ НА КАРТЕ

Планы местности и топографические карты имеют постоянный масштаб и по ним можно измерять расстояния и площади, определять координаты пунктов. На обзорных картах, где изображаются небольшие территории, протяженность которых с севера на юг и с востока на запад не превышает 1500 км, искажения также практически незаметны. Это карты районов, областей, краев, союзных республик, отдельных государств западной Европы. На них, так же как и на топографических картах, можно выполнять различные измерения с достаточной для практики точностью.

Измерение расстояний. Расстояния на карте между пунктами обычно измеряют с помощью циркуля-измерителя по линейному масштабу (рис. 39). Раствор циркуля, взятый по карте между заданными пунктами, прикладывают к шкале линейного масштаба так, чтобы левая ножка была у нулевого деления. Затем циркуль перемещают влево настолько, чтобы правая ножка оказалась точно у одного из штрихов больших делений масштаба, а левая — в пределах левого основания масштаба с малыми делениями. Сумма отсчетов больших делений у правой иглы и малых делений у левой иглы дает искомое расстояние. В нашем примере оно равно 1300 м.

Если нужно измерить расстояние по извилистой дороге, то ее разбивают на ряд небольших отрезков, принимая их за прямые линии. Затем измеряют суммарную длину всех отрезков и по масштабу определяют действительное расстояние. Не всегда под рукой может оказаться циркуль или линейка. В таком случае можно воспользоваться бумажной полоской (рис. 40). На краю полоски отметьте черточками концы спрямленных отрезков, а затем приложите ее к линейному масштабу и сделайте отсчет.

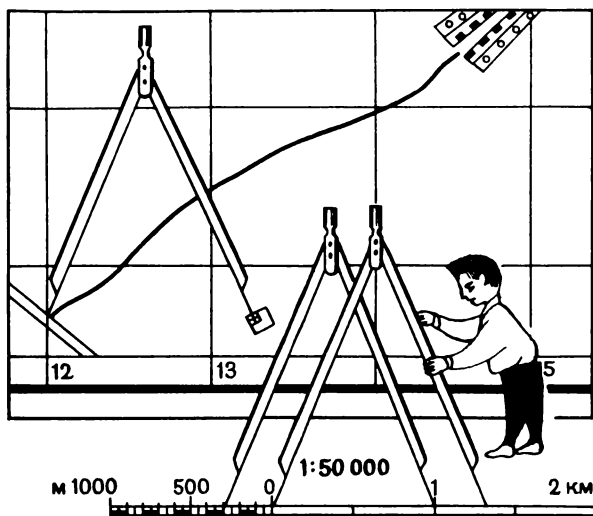


Рис. 39. Пример измерения расстояния циркулем-измерителем

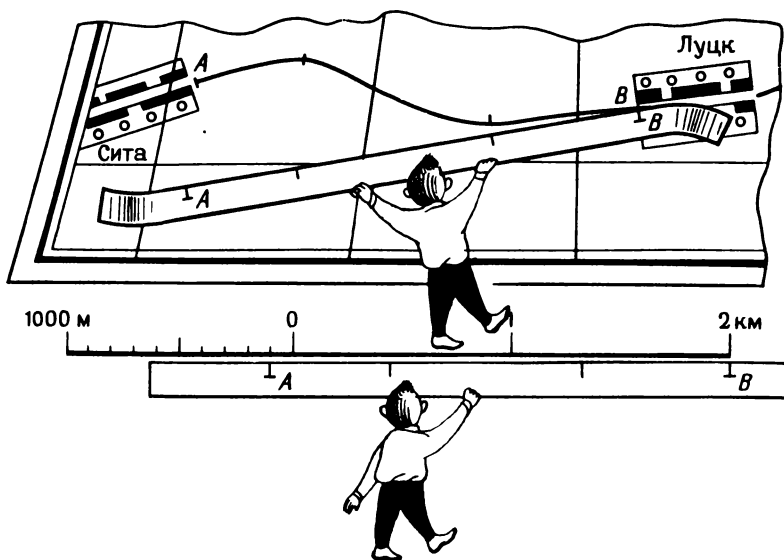


Рис. 40. Пример измерения расстояния с помощью полоски бумаги

Если вам нужно выполнить много измерений, можно изготовить специальную палетку. Делается она на прозрачной основе в виде сетки квадратов со сторонами 3,8 мм. Палетку накладывают на измеряемую линию и подсчитывают число пересечений этой линии со сторонами квадратов. Счет пересечений ведут при трех положениях палетки. Вначале располагают ее так, чтобы стороны сетки были параллельны сторонам рамки карты. После подсчета пересечений палетку поворачивают примерно на 30° , а затем еще на 30° . Суммарное число пересечений даст искомую длину линии в миллиметрах.

Расстояния на глаз. При изучении различных территорий по карте, как правило, требуется сравнивать расстояния. Обычно это выполняют визуально. Для тренировки в глазомерном определении расстояний советуем воспользоваться таким приемом. На карту в произвольных местах нанесите несколько отрезков различной длины, концы их отметьте небольшими штришками. Определите на глаз длину каждого отрезка в сантиметрах, переведите по масштабу в километры, и подпишите над ними результат. Возможно сначала у вас будут большие расхождения с истинными значениями, но по мере тренировок результаты будут улучшаться.

Другой способ определения расстояний основан на сравнении расстояний с эталонным ориентиром, размеры которого известны заранее. Так, при изучении Европы и Азии можно пользоваться Каспийским морем, протяженность которого от иранских берегов до устья Волги составляет примерно 1000 км. Подобные ориентиры можно наметить и для других регионов. Для Африки, например, можно использовать Красное море, его длина 2000 км; для Северной Америки — остров Куба — 1100 км; для Австралии — участок побережья от мыса Йорк до устья реки Флиндерс — 800 км и т.д.

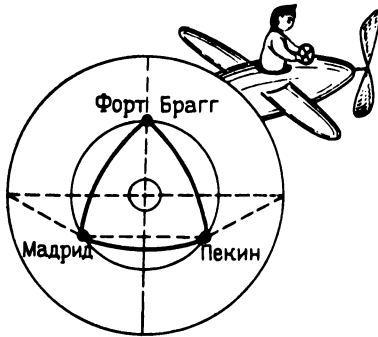
Пользуясь данным способом сопоставьте размеры пустыни Сахары с размерами территории, которая может быть охвачена ею по карте нашей страны. Оценив размеры Сахары с севера на юг и с востока на запад, вы получите, например, такое соотношение. По параллели пустыня расположится от Москвы до Новосибирска, а по меридиану — от Москвы до Тбилиси.

Путь по прямой не всегда самый короткий. Наше представление о том, что самая короткая линия — прямая, вообще очень относительно. Расстояния, которые мы измеряем на земной поверхности, — это тоже “кривые” геодезические линии, а не отрезки прямой, как мы изображаем их на бумаге. Предложим читателю следующую задачу.

Самолет совершает кругосветный перелет по маршруту: Мадрид — Пекин — Форт Брагг (расположен в США на побережье Тихого океана) — Мадрид. Все города находятся примерно на одной и той же широте и одинаковом расстоянии один от другого. По какой трассе пройдет кратчайший путь этого перелета?

Нанесем часть трассы, например, Мадрид — Пекин, на карту северного

Рис. 41. Кратчайший путь полета



го полушария (рис. 41). Наиболее короткий путь между двумя пунктами на земном шаре идет по дуге большого круга, плоскость которого проходит через центр шара. Такую дугу можно провести на карте следующим образом. Соедините пункты прямой линией и из ее середины восстановите перпендикуляр. Возьмите циркуль и, передвигая его иглу по линии перпендикуляра, подберите такой радиус, чтобы дуга окружности проходила через оба пункта и опиралась на диаметр полушария. Таким же способом нанесите на карту дуги между другими пунктами. По ним и будет проходить кратчайшая трасса полета.

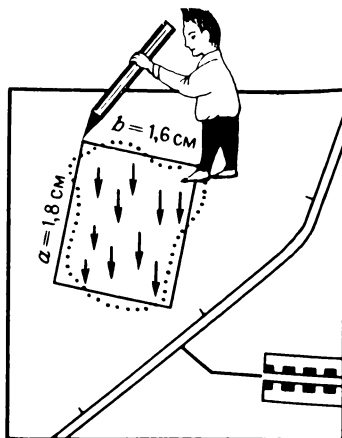
Для вождения самолетов и кораблей на большие расстояния такие криволинейные трассы обычно делят на ряд прямолинейных участков, для каждого из которых определяют курсовой угол и расстояние. При следовании корабля, например, из Гибралтарского пролива в Гавану первый участок до меридиана 15° з.д. пройдет по курсу 280° , второй участок между меридианами 15 и 30° — по курсу 275° и т.д. Здесь попутно отметим, что расстояния моряки определяют не по масштабным, а по минутным шкалам, расположенным на восточной и западной сторонах рамки. Это очень удобно. Отсчет в минутах сразу же покажет расстояние в милях.

У вас может возникнуть вопрос, а нет ли на картах линий, по которым проходит кратчайший путь? Такие линии есть: это экватор и меридианы. Любой меридиан, а также экватор проходит по большому кругу. Расстояние между двумя точками, лежащими на одном меридиане, можно вычислить без особого труда. Нужно определить разность широт двух точек в градусах и умножить среднюю величину одного градуса меридиана на эту разность. Так же поступают и с вычислением расстояний на экваторе, умножая величину одного градуса экватора на разность долгот двух точек.

Задача. В Южной Америке примерно на линии экватора расположены населенные пункты Кито и Порту-Сантана. Каково расстояние между ними?

Долгота Кито $78,5^\circ$, Порту-Сантана — $51,4^\circ$. Разность долгот состав-

Рис. 42. Пример измерения площади



ляет $27,1^\circ$ и расстояние между пунктами будет равно примерно 3016 км ($27,1 \times 111,3$).

Площадь поля. С участка рисового поля, изображенного на топографической карте (рис. 42), собрано 216 центнеров риса. Сколько зерна получено с 1 га?

Прежде всего определим по карте площадь поля. При измерении площади участка, ограниченного прямыми линиями, его делят на простые фигуры и измеряют площадь каждой из них геометрическим способом. Общая площадь участка будет равна сумме площадей отдельных участков, вычисленных с учетом масштаба карты. Объект с криволинейным контуром можно разбить на геометрические фигуры, предварительно спрямив границы. Спрявление производится с таким расчетом, чтобы сумма площадей отрезанных участков и сумма избытков взаимно компенсировали друг друга, как это показано на рис. 42. От этого, в основном, зависит точность определения площади.

В нашем примере контуры спрямлены так, что участок получился в форме прямоугольника со сторонами a и b . Измерив стороны и перемножив их, получим площадь поля. Но здесь вот какое затруднение: на чертеже не показан масштаб. Как же его определить?

На шоссе показаны условными знаками (черточками) километровые столбы. Измерим расстояние между двумя соседними черточками — получится ровно 2 см. Значит, масштаб карты будет 1 : 50 000 (в 1 см 500 м). С учетом этого масштаба стороны прямоугольника получились 900 и 800 м, а площадь 72 га (9×8). Разделив собранный урожай зерна на площадь поля, получим ответ: с одного гектара собрано в среднем по 30 центнеров риса ($216 : 72$).

Местоположение пунктов. Независимо от вида картографической проекции каждый географический объект изображается на карте в строго определенном месте. И это понятно: ведь карта имеет гра-

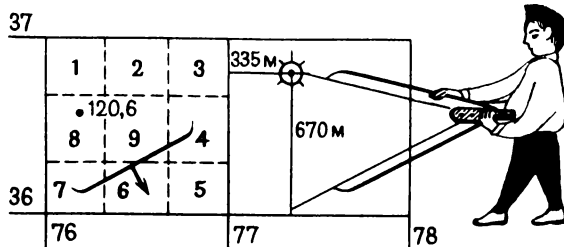


Рис. 43. К определению на карте пунктов по километровой сетке и по прямоугольным координатам

дусную сетку, которая служит канвой для нанесения элементов ландшафта. Пользуясь градусной сеткой можно определить географические координаты любого пункта или нанести на карту пункт по его координатам и узнать, где он расположен.

Откройте школьный атлас и по физической карте СССР определите координаты города Владивостока. Прежде всего найдите градусную клетку, в которой расположен Владивосток. Она ограничена 40 и 50° северной широты и 130 и 140° восточной долготы. По данным оцифровки, учитывая местоположение населенного пункта относительно сторон градусной клетки, определим координаты Владивостока. Они получаются равными $43,1^\circ$ с.ш. и $132,1^\circ$ в.д.

Как ни странно, но многие считают, что Владивосток расположен восточнее Хабаровска и севернее Крыма. На самом деле, и вы легко можете убедиться в этом, Владивосток находится к западу от Хабаровска примерно на 3° и значительно южнее Крымского побережья.

Такое обманчивое впечатление о взаимном расположении географических объектов создается у нас из-за особенности построения картографической сетки для карт СССР. Линии меридианов на территории Дальнего Востока отклоняются к юго-востоку, а дуги параллелей в районе Черного моря проходят значительно ниже, чем в районе Владивостока.

От карты к цифрам, от цифр к карте. Командир посмотрел на свою рабочую карту и составил донесение: "Наступление ведется успешно. Полк достиг рубежа 3676-7, 3676-4" (рис. 43). Старший командир, получив донесение, по этим данным наносит на свою карту положение части. Что же означают эти числа?

На каждом листе топографической карты изображена километровая сетка в виде квадратов, по которым можно узнать положение на карте любого пункта. Квадраты обозначают числами, подписанными у километровых линий. Вначале называют оцифровку нижней (южной) линии квадрата, а затем левой (западной) линии. Например, квадрат, в котором находится высота 120,6, будет обозначаться числом 3676. Для уточнения местоположения пункта квадрат мысленно делят на 9 частей и нумеруют их, как показано на рис. 43 (по "способу улитки").

Если положение какого-либо пункта нужно указать более точно, то определяют его прямоугольные координаты x и y . Для этого с помощью линейного масштаба измеряют расстояния в метрах от нижней и левой сторон квадрата и полученные результаты приписывают к числам километров, снятых у соответствующих линий. В нашем примере на рис. 43 стартовая позиция ракеты имеет координаты: $x = 36\,670$ м, $y = 77\,335$ м. Прямоугольные координаты на топографических картах считают по полосам (зонам), ограниченным шестиградусными меридианами. Такие узкие полосы можно принять за плоскости. В каждой зоне принята своя система координат, осями которой служат линия экватора и средний меридиан зоны. Правда координатные оси x и y в этой системе координат по сравнению с математической поменялись местами, но это не имеет принципиального значения.

ВЕРНЫЙ ПУТЕВОДИТЕЛЬ

Без преувеличения можно сказать, что топографическая карта — самый надежный путеводитель. Она покажет вам наиболее выгодный путь движения, расскажет, по каким дорогам нужно идти, где встретятся леса, реки, мосты и переправы, как пройти к населенным пунктам, где придется идти в гору или под гору, где лучше сделать привалы. В пути в любое время вы можете узнать по карте свое местоположение и определить расстояние, какое еще нужно пройти или проехать до намеченного пункта.

С чего начать подготовку к туристскому походу? Очевидно, с изучения карты и выбора наилучшего маршрута. Намеченный на карте маршрут проводят четкой линией яркого цвета. Эта линия не должна проходить посередине условного знака дороги, так как она затемнит те элементы, которые нам потребуются для ориентирования в пути, ее нужно прерывать в местах, где изображены населенные пункты, мосты, развилки дорог и другие характерные объекты местности. По намеченному маршруту измеряют расстояния до конечного пункта и до промежуточных ориентиров и подписывают их на карте.

Прежде чем отправиться в путь, нужно освоить приемы работы с картой на местности: ориентирование самой карты и определение на ней своего местоположения. Ориентирование карты обычно выполняется с помощью компаса или по линейному ориентиру, вдоль которого проходит маршрут. Грубо ориентировать карту можно по Солнцу или по теням от деревьев, естественно, с учетом времени суток.

Точка стояния по карте проще всего определяется на глаз путем сличения карты с местностью. Наблюдая окружающие местные предметы, последовательно отыскивают их на карте и определяют, на каком из них или поблизости какого пункта вы находитесь. Если вблизи отсутствуют ориентиры, а вы находитесь, например, на дороге, то задачу можно решить обратной засечкой на опознанный ориентир, расположенный в стороне.

Освоив приемы ориентирования, смело отправляйтесь по намеченному на карте маршруту. Во время движения вы должны постоянно знать, где находитесь, в каком направлении идете или едете, какие пункты и на каком расстоянии встретятся вам на пути. Все это можно легко прочесть по карте, нужно только время от времени сверять ее с местностью.

В затрудненных условиях ориентирования, например в лесу, ночью и др., выдерживание намеченного маршрута производится по азимутам, заранее определенным по карте.

С картой в пути. Наша группа уверенно идет по туристскому маршруту, намеченному на карте. Ее ведет опытный руководитель. Он заранее познакомил нас с маршрутом; мы его изучили и в любом месте мысленно представляем свое положение относительно окружающих населенных пунктов и других местных предметов. Вот, сейчас мы должны выйти из леса и пойти по дороге на север. И действительно, через некоторое время лес переходит в мелкий подлесок и мы выходим на дорогу. Но тут что-то не так. На местности дорога проходит на запад. Неужели мы сбились с пути? Но нет: наш руководитель на минуту остановился, осмотрелся вокруг и уверенно повел нас по этой дороге в западном направлении. В чем же дело?

На мелкомасштабных картах небольшие повороты и изгибы дорог не показаны. Туристы, не учитывающие этого, могут совершить большую ошибку. В нашем случае мы вышли из леса на ту самую дорогу, которая была показана на карте, т.е. с общим направлением на север. Но вышли мы как раз в том месте, где она делает поворот на запад в обход небольшого участка болота. Понятно, что из-за мелкого масштаба карты короткий участок дороги с направлением на запад не мог быть выражен. Во всех таких случаях всегда надо считаться с общим направлением дороги, реки, ручья, а не частным, временным.

По старой карте. Топографические карты отображают земную поверхность и образно можно сказать, что карта — это зеркало местности. Но ведь сама местность постоянно изменяется: люди строят новые города, меняют направление рек, взрывают скалы . . . И не только человек, но и сама природа изменяет местность, а карта остается неизменной.

Известный писатель К.Паустовский в рассказе "Старинная карта" вспоминает, как он достал старую карту Мещерских лесов, сделанную еще в прошлом веке. "Там, — рассказывает писатель, — где на карте были болота, кое-где уже шумел молодой лес; на месте иных озер оказались трясины".

Не думайте, однако, что старую карту нельзя использовать для ориентирования на местности. Она также может служить верным путеводителем, нужно лишь знать, в какой мере подвержены изменениям те или иные географические объекты. Известно, что одни объекты изменяются сравнительно быстро, а другие не подвергаются изменениям в тече-

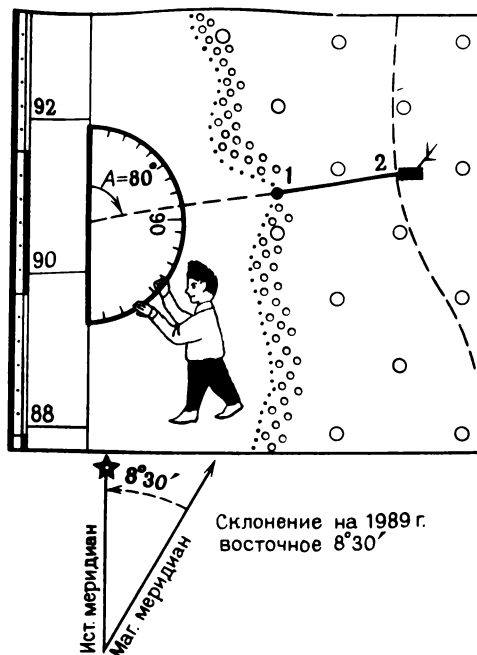


Рис. 44. Пример определения азимута по карте

ние многих лет. Самым устойчивым элементом местности является рельеф. Он определяет лицо местности, и его подробности могут всегда служить надежными ориентирами. С рельефом тесно связано местоположение рек. И если на них нет плотин и других гидротехнических сооружений, то положение их довольно стабильно. Устойчивыми местными предметами являются также капитальные сооружения, железные и шоссейные дороги. Отсюда можно сделать такой вывод: чтобы ориентироваться по старой карте, надо найти на местности объекты, слабо подверженные изменениям, и опознать их на карте.

Данные для движения по азимутам. Вы уже научились работать с компасом и знаете, как выдерживать направление движения по заданным азимутам. А как определить исходные данные для движения: значения самих азимутов и расстояния между пунктами?

Это можно сделать по топографической карте. Найдите на ней заданные пункты, соедините их тонкой линией и продолжите ее до одной из боковых сторон рамки. Нам известно, что боковые стороны рамки каждого листа карты проходят точно по линиям меридианов. Значит, если измерить угол от северного направления боковой стороны до направления на следующий пункт (по ходу часовой стрелки), то получим значение географического (истинного) азимута. В нашем примере на рис. 44 он равен 80° . Переведем его в магнитный азимут, для чего введем по-

правку, которая называется магнитным склонением. Ее значение находим в левом нижнем углу карты. В данном случае склонение восточное $8^{\circ}30'$. Очевидно магнитный азимут будет меньше географического на $8^{\circ}30'$ и составит $71^{\circ}30'$.

При спортивном ориентировании используют карты, стороны которых не совпадают с направлениями на стороны горизонта. На таких картах наносится линия магнитного меридиана, от которой транспортиром без введения поправки измеряют магнитные азимуты.

А как быть, если под рукой не окажется транспортира? В таком случае можно воспользоваться обычной измерительной линейкой и треугольником. По сторонам угла отложите отрезки, равные 60 мм, полученные точки соедините прямой линией. Расстояние этой линии, измеренное в миллиметрах, покажет величину угла в градусах. Таким приемом можно с достаточной точностью измерять острые углы до 60° . Если угол больше 60° , измеряют его дополнение до 90, 180, 270 или 360° . Для измерения дополнения до 90 или 270° из вершины угла строят с помощью треугольника перпендикуляр к одной из его сторон.

Вторую величину — расстояние между пунктами измеряют по карте обычным способом. Значение его перевычисляют в пары шагов.

По карте и компасу к победе. Здесь речь идет о спортивном ориентировании. Спорт этот сравнительно молодой и увлекательный. В его основе лежит умение выдерживать намеченный на карте путь и уверенно двигаться по азимутам. Как же проходят соревнования?

Видов соревнований по спортивному ориентированию много. Здесь и ориентирование в заданном направлении, и эстафетное ориентирование, и ориентирование по маркированной трассе, но суть их одна. Каждый ориентировщик самостоятельно должен нанести на карту положение знаков, выставленных на контрольных пунктах или наоборот, найти на местности контрольные пункты, показанные на карте. Результаты соревнований определяются по времени, затраченному спортсменом на прохождение дистанции с учетом правильности нанесения контрольных пунктов на карту или опознавания их на местности.

Спортивное ориентирование — это не просто бег по лесу. Это еще и игра. Здесь как и в шахматах, из множества возможных ходов надо выбрать один, самый удачный. Остановился спортсмен на распутье: прямо — озеро, влево — гора, вправо — болото — какая же тропка приведет к цели — к контрольному пункту? Решение должно быть быстрым и правильным, а подсказку можно найти на топографической карте.

В сплетении тропинок, ручьев, оврагов спортсмен-ориентировщик отыскивает красно-белую призму контрольного пункта. Потом, словно заправский штурман, прокладывает от него на карте курс до следующего контрольного пункта. Выдержать маршрут, не сбиться с пути и как можно скорее прийти в финишу — вот его задача. Умелого ориентировщика ждет победа!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алешин В.М., Серебrenиков А.В.* Туристская топография. — М.: Профиздат, 1985.
2. *Берлянт А.М.* Карта — второй язык географии. — М.: Просвещение, 1985.
3. *Заславский Ф.С.* Время и его измерение. — М.: Наука, 1987.
4. *Зигель Ф.Ю.* Вам земляне. — Л.: Недра, 1983.
5. *Куликов К.А.* Вращение Земли. — М.: Недра, 1985.
6. *Меньчуков А.Е.* В мире ориентиров. — М.: Недра, 1986.
7. *Михлин В.З.* Навигация в магнитном поле. — М.: Транспорт, 1986.
8. *Радкевич Е.А.* Наш дом — Земля. — М.: Молодая гвардия, 1988.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
ЗЕМЛЯ — НАШ ДОМ	4
Как люди открывали Землю	4
Под сводом небесным	9
Время, по которому мы живем	15
По звездам, Солнцу и Луне	23
Местные приметы и признаки	30
ЗАГАДОЧНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ	36
Земля — большой магнит	36
С компасом по маршруту	42
ИЗМЕРЕНИЯ НА ЗЕМЛЕ	49
Простейшие измерения	49
Системы координат	55
Что такое геодезия	60
Проблемные задачи геодезии	67
ИЗОБРАЖЕНИЕ ЛИКА ЗЕМЛИ	72
От древнего чертежа до современной карты	72
"Яблоко Земли"	77
Со сферы на плоскость	80
Обобщения на картах	88
Карты на разные темы	91
РАБОТА С КАРТОЙ	96
О чем рассказывает карта	96
Измерения на карте	103
Верный путеводитель	109
Список литературы	на 3 пол. обл.

