МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра лесной таксации и лесоустройства

О.В. Сычугова
А.Г. Магасумова
Ю.С. Жданова
Г.В. Анчугова

МАСШТАБЫ КАРТ И ПЛАНОВ. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

Методические указания
к лабораторным работам по инженерной геодезии
для студентов очной и заочной форм обучения,
направление 250100 «Лесное дело»,
специальности 250201 «Лесное хозяйство»,
250203 «Садово-парковое и ландшафтное строительство»

Екатеринбург
2011

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛХФ.
Протокол № 2 от 20.02.2008 г.

Рецензент − канд. сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земельного кадастра А. В. Порошилов

Редактор О.В. Атрошенко
Оператор компьютерной верстки Г.И. Романова

Подписано в печать 16.05.2011		Внеплановая
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 170 экз.
Заказ	Печ.л. 1,63	Цена 9 руб. 04 коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

МАСШТАБЫ КАРТ И ПЛАНОВ

Цель работы: изучить общие понятия о масштабах и их точности, освоить перевод натуральных величин в масштабные и обратно, овладеть техникой использования поперечных масштабов при графическом изображении натуральных величин в масштабах, овладеть навыками измерения расстояний и определения площадей участков по карте.

1.1. Задание к лабораторной работе

1. Построить поперечный масштаб черной тушью. Все графические построения выполнять с помощью поперечных масштабов.
2. Определить точность масштабов 1:500 − 1:5000.
3. Построить графически в масштабах 1:500 − 1:5000 по три отрезка, соответствующие заданным натуральным расстояниям.
4. Построить в масштабах 1:500 − 1:2000 прямоугольники по заданным натуральным размерам (ширина, длина).
5. Измерить необходимые элементы заданных геометрических фигур в разных масштабах (ширину, длину сторон и т. д.) и вычислить площади этих фигур в натуральных величинах − квадратных метрах и гектарах.

1.2. Указания к выполнению работы

Общие понятия о масштабах и их точности. Измерение на плане длин отрезков линий

При составлении планов и измерении на них отрезков линий пользуются масштабами.

Масштабом плана (карты) M называется отношение длины отрезка на плане или карте l к соответствующей ему горизонтальной проекции на местности L, т. е. это степень уменьшения натуральных величин при изображении их на планах и картах:

$$M = \frac{l}{L}.$$

Масштабы бывают ***численными*** и ***графическими*** (линейными и поперечными).

Дробь, числитель которой равен единице, а знаменатель − числу m, показывающему, во сколько раз уменьшены на плане горизонтальные проекции отрезков линий местности, называется ***численным масштабом,*** например 1:1000, 1:5000 и т. д. Чем больше знаменатель численного масштаба,

тем *масштаб считается мельче,* и наоборот. Формулу для вычисления масштабов можно выразить следующим образом:

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

Читаются численные масштабы так: в одной единице длины на плане, карте содержится m таких же единиц на местности.

Внимание! Важно знать, что *численный масштаб – величина отвлеченная и не зависит от системы (единиц) линейных мер*.

Возможно преобразование натуральных величин в масштабные и обратно. Рассмотрим две задачи.

1. Задача

Отрезком какой величины на плане l_x масштаба 1:2000 изобразится линия, имеющая в натуральной величине (на местности) длину 78 м?

Дано: 1:2000, L_x = 78 м. Найти: l_x.

Решение. Для решения задачи воспользуемся формулой

$$M = \frac{l}{L} = \frac{1}{m}$$

и проведем соответствующие преобразования этой формулы и вычисления длины линии на плане l_x:

$$l_x = \frac{1 \cdot L_x}{m} = \frac{1 \cdot 78\text{ м}}{2000} = 0{,}039\text{ м} = 3{,}9\text{ см} = 39\text{ мм}.$$

Ответ: длина линии на плане l_x составит 39 мм.

2. Обратная задача

Какой длины L_x в натуральную величину будет линия, изображенная на плане (карте) масштаба 1:5000 отрезком длиной 42 мм?

Дано: 1:5000, l_x=42 мм. Найти: L_x.

Решение. Для решения обратной задачи вновь воспользуемся формулой

$$M = \frac{l}{L} = \frac{1}{m}$$

и проведем соответствующие преобразования этой формулы и вычисления длины линии на местности L_x:

$$L_x = \frac{l_x m}{1} = \frac{42\text{ мм} \cdot 5000}{1} = 210\,000\text{ мм} = 210\text{ м}.$$

Ответ: длина линии на местности L_x составит 210 м.

Численные масштабы являются основой для построения графических – линейных и поперечных – масштабов, предназначенных для упрощения или повышения точности графических работ на планах и картах.

Графические линейные масштабы позволяют перевести линейные единицы в масштабные и наоборот без проведения дополнительных расчетов.

Линейный масштаб – это шкала, т. е. прямая линия длиной 8−10 см, разделенная штрихами на равные отрезки длиной 1−2 см, называемые основанием масштаба δ.

Для построения линейного масштаба (рис. 1) на прямой несколько раз откладывают один и тот же отрезок δ (***основание масштаба***) 1−2 см. Крайний левый отрезок делят обычно на 10 равных частей. У концов каждого основания подписываются числа, которые в заданном масштабе указывают длину соответствующих линий в натуре в нарастающем порядке от нулевого деления основания слева направо.

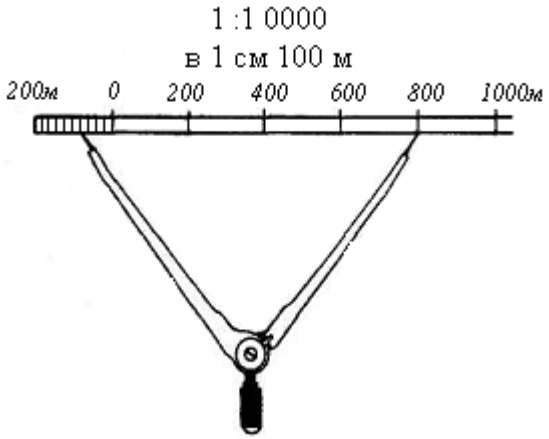


Рис. 1. Линейный масштаб 1:10 000

Определение расстояний: измерителем на плане определяем длину линии (в створ) и переносим на линейный масштаб таким образом, чтобы правая ножка измерителя касалась одного из концов оснований, а другая находилась в левой части масштаба, разделенной на короткие отрезки.

Например, на рис. 1 изображен линейный масштаб 1:10 000, т. е. в одной единице длины плана содержится 10 000 таких же единиц длины на местности, или в 1 см (мм, м, км и т. д.) плана содержится 10 000 см (мм, м, км и т. д.) на местности (в 1 см плана содержится 100 м на местности, так как 1 м = 100 см).

Основанию масштаба δ в 2 см соответствует 200 м длины на местности, крайний левый отрезок масштаба разделен на 10 равных частей, длина каждого короткого левого отрезка в 10 раз меньше, чем основание масштаба δ, что соответствует 20 м длины на местности. Из этого следует, что длина линии на местности L_x, взятая в створ измерителя, равна:

L_x= 4 больших отрезка δ по 200 м + 4 малых отрезка по 20 м = 880 м.

С помощью линейного масштаба можно решить и обратную задачу, т. е. определить длину линии на плане, зная ее величину на местности.

Недостаток линейных масштабов заключается в том, что доли наименьших делений на них оцениваются на глаз.

Для более точного построения и измерения отрезков пользуются ***поперечными масштабами***. Поперечный масштаб позволяет существенно повысить точность графических работ на планах и картах. Достигается это за счет разделения коротких отрезков линейного масштаба на

несколько (обычно на 10) более мелких частей с помощью простых геометрических построений (рис. 2).

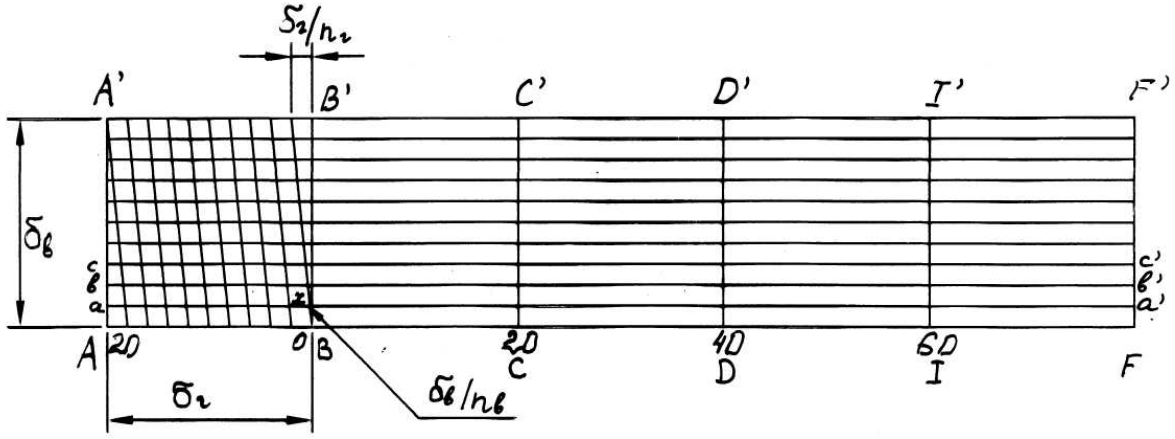


Рис. 2. Поперечный масштаб 1:1000

Для этого от нижнего основания масштаба – прямой линии *AF*, разделенной на отрезки равной длины *AB*, *BC*, *CD*, *DI*, *IF* и т. д. (по 1−2 см, как горизонтальное основание масштаба $\delta_Г$), − восстанавливают перпендикуляры *AA'*, *BB'*, *CC'*, *DD'*, *II'*, *FF'* (от конца каждого горизонтального основания) равной длины по 2−5 см, как вертикальное основание масштаба δ_B. Вертикальное основание *AA'* (*FF'*) делят на отрезки *Aa, ab, bc*… (обычно их количество n_B равно 10) равной длины и проводят параллельные горизонтальному основанию линии *aa'*, *bb'*, *cc'* и т. д. Крайнее левое горизонтальное основание $\delta_Г$ *AB* (нижнее) и *A'B'* (верхнее) также делят на произвольное, но одинаковое число равных частей ($n_Г$ = 10) и соединяют наклонными прямыми линиями начало каждого короткого отрезка нижнего основания (от нуля) с концом соответствующего короткого отрезка верхнего основания.

Перед использованием поперечного масштаба определяют величину его наименьшего деления. Из рис. 2 следует, что наименьшее деление *x* на линии *aa*', параллельной горизонтальному основанию масштаба *AF*, определяется из подобия прямоугольных треугольников с основаниями $\delta_Г/n_Г$ и *x*:

$$x : \frac{\delta_B}{n_B} = \frac{\delta_Г}{n_Г} : \delta_B; \qquad x = \frac{\delta_Г}{n_Г \cdot n_B}.$$

Таким образом, если горизонтальное основание поперечного масштаба $\delta_Г$ = 2 см и оба основания разделены на равное количество делений, например $n_Г = n_B$=10, тогда $x = 0{,}01\ \delta_Г = 0{,}01 \cdot$ 2 см = 0,2 мм.

Не сложно показать, что наименьшее деление на горизонтальной линии *bb'* масштаба будет равно $2x = 0{,}02\delta_Г$, на третьей линии *cc'* − $3x = 0{,}03\delta_Г$ и т. д. (см. рис. 2), т. е. каждый следующий меньший отрезок отличается от предыдущего на 0,01 горизонтального основания масштаба.

Масштаб, у которого горизонтальное и вертикальное основания равны и оба разделены на 10 частей, называется ***нормальным поперечным*** (***сотенным***) ***масштабом***. Среди других поперечных масштабов он является наиболее удобным для работы.

Для определения натуральной длины линии между точками на карте, например в масштабе 1:1000 (рис. 3), переносят эту линию *K'L'* раствором циркуля с карты на линию нижних оснований поперечного масштаба так, чтобы правая игла совместилась с одной из вертикалей (20), а левая игла попала бы в пределы крайнего левого основания (в пределах от 20 до 0), разделенного на мелкие части. Затем перемещают обе иглы вверх до момента, когда левая игла попадет на ближайшую наклонную линию сетки масштаба (точка *K*), правая игла будет находиться на прежней вертикали (в точке *L*), и обе иглы будут располагаться на одной из горизонтальных линий масштаба либо параллельно им.

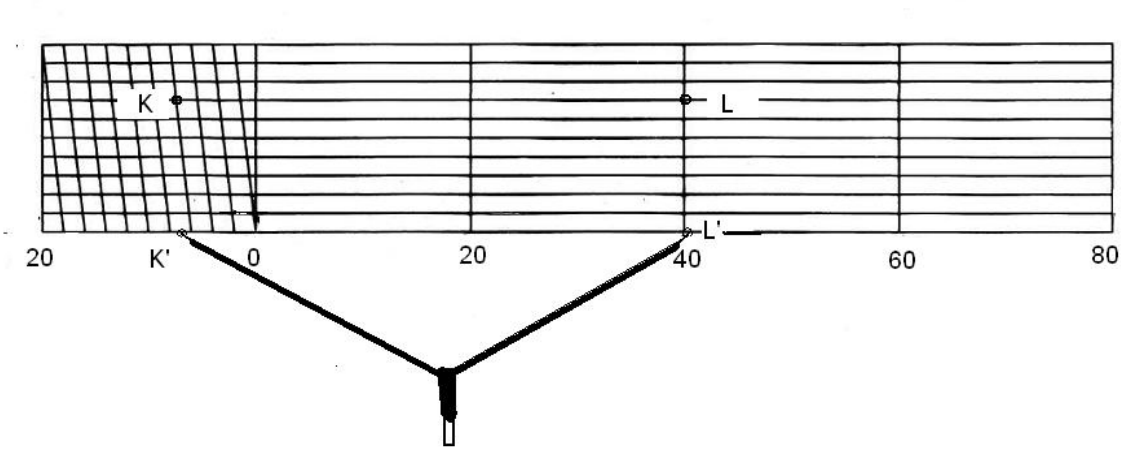


Рис. 3. Определение длины линии с помощью поперечного масштаба 1:1000

Искомую длину линии *KL* получим путем суммирования расстояний от правой иглы циркуля до левой:

− в делениях поперечного масштаба и в миллиметрах:

$$2 \cdot 20 \text{ мм} + 3 \cdot 2 \text{ мм} + 7 \cdot 0{,}2 \text{ мм} = 47{,}4 \text{ мм};$$

− в метрах, после перевода длины линии из масштаба 1:1000 в натуру, 47,4 м.

Длину линии *KL* можно определить и без промежуточных вычислений, зная, какой длине в натуральную величину соответствуют деления поперечного масштаба:

− 2 деления · 20 м + 3 деления · 2 м + 7 делений · 0,2 м = 47,4 м.

Аналогично решается обратная задача преобразования натуральной длины этой линии с помощью поперечного масштаба [1].

Определение точности масштаба

Предельные размеры предметов, различаемые на плане, определяются точностью масштаба. При нормальном зрении на плане можно различить расстояние, приблизительно равное 0,1 мм.

Точностью масштаба называется величина t отрезка линии в натуре, соответствующая 0,1 мм на плане или карте данного масштаба, т. е.

$$t = 0{,}1 \text{ мм} \cdot m = 0{,}0001 \text{ м} \cdot m,$$

где m – знаменатель масштаба.

Пользуясь точностью масштаба и зная размеры предметов местности, можно определить, какие из предметов показать контуром, какие из-за небольшого размера − лишь точкой или линией, а какие – условным знаком. Точностью масштаба обосновывают выбор масштаба плана, на котором должны быть изображены нужные предметы местности с сохранением подобия их контуров.

Определение площадей участков на планах и картах

Площади участков на планах и картах измеряют или вычисляют известными геометрическими, механическими или аналитическими способами. Рассмотрим геометрический способ и вычислим площади простейших геометрических фигур в натуральную величину: прямоугольников, треугольников, трапеций (рис. 4).

Для определения натуральной величины площади S, например, прямоугольника по карте измеряют длины его сторон в масштабе a и b, переводят их из масштабных в натуральные am и bm, затем вычисляют натуральную площадь прямоугольника как произведение длин его сторон:

$$S_{прям} = (am) \cdot (bm) = abm^2 = S\,m^2.$$

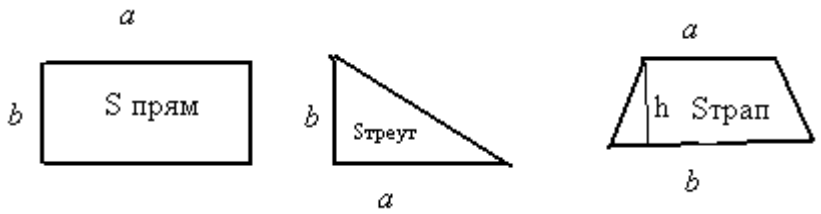


Рис. 4. Определение площадей простейших геометрических фигур

Таким образом, для перевода измеренной или вычисленной по плану площади в натуральную величину S необходимо масштабную величину площади S умножить на квадрат знаменателя масштаба m^2.

Соответственно, формулы определения площади треугольника и трапеции выглядят следующим образом:

$$S_{треуг} = ½\,((am) \cdot (bm)) = ½\,abm^2 = Sm^2;$$

$$S_{трап} = \frac{(am)+(bm)}{2} \cdot (hm) = \frac{(a+b)}{2} \cdot hm^2 = Sm^2,$$

где h – высота трапеции,

S – площадь фигур в единицах карты (плана).

Пример: найти площадь прямоугольника, если известен масштаб плана 1:200, длины его сторон a и b на плане 30 и 50 мм.

Решение:

$S_{прям}$ = (30 мм · 200) · (50 мм · 200) = 30 мм · 50 мм · 200^2 = =1500 мм^2 · 200^2= 60 000 000 мм^2=600 000 см^2=60 м^2=0,0060 га (так как 1 га = 10 000 м^2, 1 м^2 = 10 000 см^2 = 1 000 000 мм^2).

1.3. Выполнение лабораторной работы

Лабораторная работа выполняется на стандартных листах формата A_4 и оформляется титульным листом.

В соответствии с указаниями к лабораторной работе (п. 1.2) и заданным масштабом вычерчивается черной тушью поперечный масштаб.

Задание 2−5 лабораторной работы выполняют в таблице. Пример рассмотрен в табл. 1.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

Цель работы: изучить общие понятия о картах и планах, научиться решать задачи по топографическим картам.

2.1. Задание

1. Определить масштаб карты.

2. Записать данные по карте о магнитном склонении стрелки, сближении меридианов и нарисовать схему их взаимного расположения.

3. Определить квадраты, в которых находятся точки *A*, *B* и *C*, по прямоугольным координатам *X* и *У* этих точек.

4. Перенести на кальку внутреннюю ситуацию квадратов (горизонтали, водные объекты, населенные пункты и т. д.), в пределах которых расположены точки *A*, *B* и *C*.

5. По прямоугольным координатам *X* и *У* определить точное местоположение точек *A*, *B*, *C* и нанести их на кальку; соединить точки *A* и *B*, *B* и *C* прямыми линиями.

6. Определить географические координаты точек *A*, *B*, *C*.

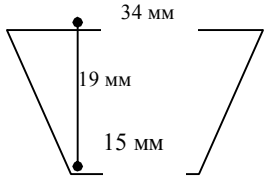
7. Определить дирекционные углы направлений *AB* и *BC*, а также их азимуты и румбы (магнитные и истинные).

Таблица 1

Выполнение пунктов 2–5 лабораторной работы «Масштабы карт и планов»

Масштаб	Точность масштаба	Построить отрезки линий в масштабах	Построить геометрические фигуры в масштабах	Вычислить площади фигур ($м^2$, га)
1:500	$t =$ $=500 \cdot 0{,}0001=$ $= 0{,}05$ м	$l = \frac{1 \cdot 27{,}1}{500} = 0{,}054$ м $= 54$ мм 27,1 м $l = \frac{1 \cdot 18{,}5}{500} = 0{,}037$ м $= 37$ мм 18,5 м $l = \frac{1 \cdot 7{,}0}{500} = 0{,}014$ м $= 14$ мм 7,0 м	*Прямоугольник* $l_a = \frac{1 \cdot 18{,}5}{500} = 0{,}037$ м $= 37$ мм ; $l_b = \frac{1 \cdot 27{,}1}{500} = 0{,}054$ м $= 54$ мм 18,5 м 27,1 м	–
1:1000	$t =$ $=1000 \cdot 0{,}0001 =$ $= 0{,}1$ м	$l = \frac{1 \cdot 59{,}4}{1000} = 0{,}059$ м $= 59$ мм 59,4 м $l = \frac{1 \cdot 27{,}1}{1000} = 0{,}027$ м $= 27$ мм 27,1 м $l = \frac{1 \cdot 18{,}5}{1000} = 0{,}019$ м $= 19$ мм 18,5 м	*Прямоугольный треугольник* $l_a = \frac{1 \cdot 27{,}1}{1000} = 0{,}027$ м $= 27$ мм $l_b = \frac{1 \cdot 59{,}4}{1000} = 0{,}059$ м $= 59$ мм 27,1 м 59,4 м	*Прямоугольный треугольник* 28 мм 23 мм $S = 1/2 \cdot 28$ мм $\cdot 23$ м $\cdot 1000^2 =$ $=322 \cdot 10^6$ мм^2 $=322$ м^2 $=$ $= 0{,}0322$ га

Окончание таблицы 1

1:2000	$t = 2000 \cdot 0{,}00001 = 0{,}2$ м	$l = \frac{1 \cdot 159{,}4}{2000} = 0{,}080$ м = 80 мм 159,4 м $l = \frac{1 \cdot 127{,}1}{2000} = 0{,}064$ м = 64 мм 127,1 м $l = \frac{1 \cdot 28{,}5}{2000} = 0{,}014$ м = 14 мм 28,5 м	*Трапеция* $l_a = \frac{1 \cdot 127{,}1}{2000} = 0{,}064$ м = 64 мм; $l_b = \frac{1 \cdot 159{,}4}{2000} = 0{,}080$ м = 80 мм; $l_h = \frac{1 \cdot 48{,}5}{2000} = 0{,}024$ м = 24 мм 127,1 м 159,4 м	*Трапеция*  $S = ½ \cdot (34 \text{ мм} + 15 \text{ мм}) \cdot 19 \text{ мм} \cdot 2000^2 = 1862 \cdot 10^6 \text{ мм}^2 = 1862 \text{ м}^2 = 0{,}1862$ га
1:5000	$t = 5000 \cdot 0{,}0001 = 0{,}5$ м	$l = \frac{1 \cdot 259{,}4}{5000} = 0{,}052$ м = 52 мм 259,4 м $l = \frac{1 \cdot 207{,}0}{5000} = 0{,}041$ м = 41 мм 207,0 м $l = \frac{1 \cdot 172{,}1}{5000} = 0{,}034$ м = 34 мм 172,1 м	–	

8. Определить высоту сечения рельефа на карте и подписать отметки всех горизонталей на кальке.

9. Определить отметки точек *A*, *B*, *C* с точностью 10 см.

10. Определить горизонтальные проложения линий *AB* и *BC*, используя масштаб карты.

11. Определить уклон *i* линий *AB* и *BC* в тысячных долях, промилле и процентах.

12. Построить линию с заданным уклоном $i_з$ в направлении от точки *B* к точке *C*.

13. Дать описание топографических условий – ситуации и рельефа в пределах заданных квадратов местности.

14. Зарисовать и дать определения основным формам рельефа.

15. Построить профиль местности в направлении от точки *A* до точки *C* через точку *B*.

16. Определить и отметить на кальке направление водораздельных и водосборных линий.

17. Определить бассейн водосбора.

2.2. Указания к выполнению работы

Карта − уменьшенное изображение на плоскости горизонтальных проекций контуров и рельефа значительных участков земной поверхности с учетом влияния кривизны Земли.

По назначению все существующие карты делятся:

1) на общегеографические. На этих картах показывается рельеф и растительный покров земной поверхности, водные пространства, населенные пункты, пути и средства сообщения, государственные и административные границы и различные объекты хозяйственного и культурного значения.

В зависимости от масштаба, полноты и детальности изображения элементов местности выделяют следующие общегеографические карты:

- обзорные (масштаб меньше 1:1 000 000),
- обзорно-топографические (масштаб от 1:200 000 до 1:1 000 000),
- топографические (масштаб от 1:200 000 и крупнее);

2) на специальные. К ним относятся карты:

- физико-географические (карты рельефа земной поверхности, почвенные, климатические, растительности, зоогеографические и др.);
- социально-экономические (политико-административные, населения, экономические, исторические, культурного строительства и др.).

Топографические карты позволяют решать ряд задач (см. 2.1. Задание, пп. 4−15).

Определение масштаба карты

Масштаб карты можно определить следующими способами.

1. За рамкой в нижней части карты указывается численный (например, 1:10 000), линейный (см. п. 1.2 данной работы) и именованный масштабы (например, в 1 см 100 м).

2. Через известные длину линии на местности L и длину линии на карте l по формуле $M = \frac{l}{L} = \frac{1}{m}$.

3. Можно воспользоваться километровой сеткой прямоугольных координат. Так, километровые линии на картах масштабов 1:1000, 1:25 000, 1:50 000 проводят соответственно через 10, 4, 2 см. Измерив линейкой сторону квадрата километровой сетки, можно определить масштаб карты.

Определение положения точек по прямоугольным координатам

Положение точек земной поверхности на карте и плане определяется координатами. Наиболее употребительны географические и прямоугольные координаты. Прямоугольные координаты в геодезии применяются при изображении ограниченной части (позволяющей не учитывать сферичность Земли) поверхности сфероида на плоскости.

Для составления карт применяют проекцию Гаусса. Поверхность земного эллипсоида делят на зоны, протяженность которых 6 ° по долготе (рис. 5, *а*). Всего 60 зон. Начало координат в каждой зоне принимают в точке пересечения среднего меридиана с экватором (рис. 5, *в*). Средний меридиан зоны принимают за ось абсцисс (OX − осевой меридиан). Изображение экватора в виде прямой $OУ$, перпендикулярной к осевому меридиану, принимают за ось ординат (рис. 5, *б*).

Абсциссы к северу от экватора принимают положительными, а к югу – отрицательными. Ординаты, отсчитываемые на восток от осевого меридиана, считают положительными, а на запад – отрицательными.

В каждой зоне своя система координат. Чтобы не иметь в пределах зоны отрицательных ординат, осевому меридиану зоны присваивают ординату +500 км (см. рис. 5, *в*). Таким образом, подпись координатной линии 60324, параллельной оси OX, означает, что эта линия проходит в 60-й зоне на расстоянии:

$У = У_B$ – 500 км = 324 – 500 = -176 км, т. е. в 176 км к западу от осевого меридиана (например, точка B на рис. 5, *в*). Соответственно, подпись на оси 11584 означает, что данная координатная линия расположена в 11-й зоне на расстоянии 84 км к востоку от осевого меридиана.

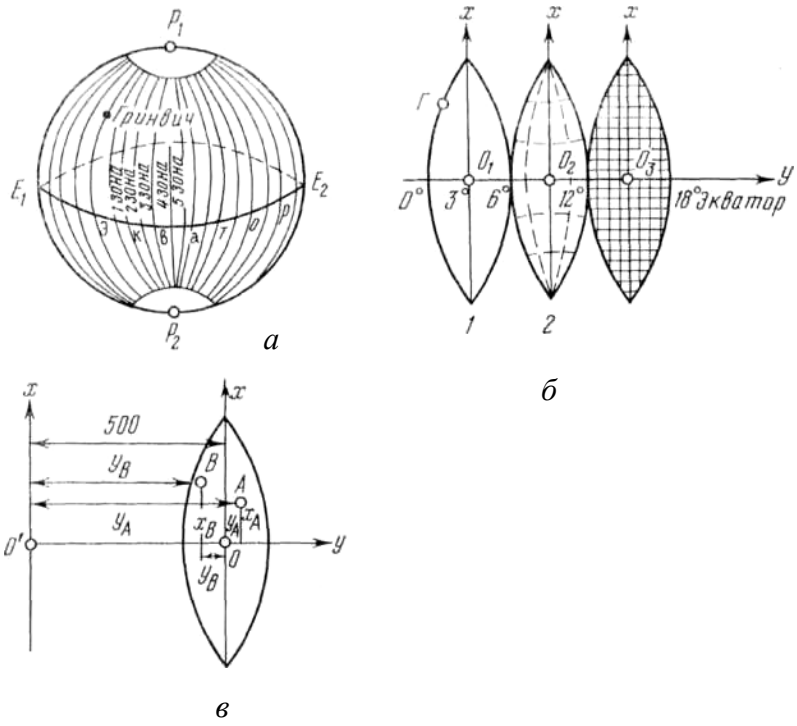


Рис. 5. Зональная система прямоугольных координат

Подпись координатной линии 8565, параллельной оси *ОУ*, означает, что эта линия расположена на расстоянии 8565 км к северу от экватора.

Для определения прямоугольных координат точек на карте нанесена сетка квадратов (рис. 6). Вертикальные линии сетки параллельны оси абсцисс *X*, горизонтальные линии параллельны оси ординат *У*. Координаты сетки квадратов подписывают в километрах.

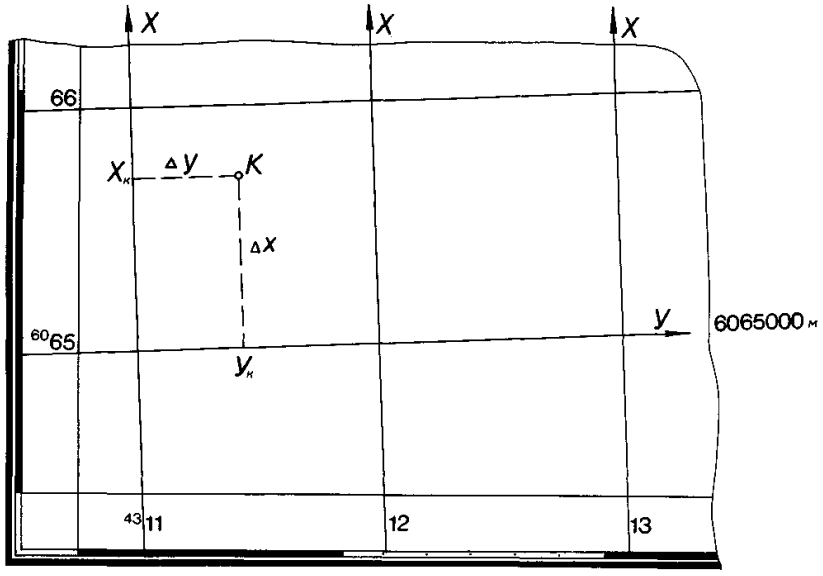


Рис. 6. Определение местоположения точки
по прямоугольным координатам

Для определения местоположения точек *A*, *B*, *C* по прямоугольным координатам *X*, *Y* необходимо на карте найти километровые линии, соответствующие значениям *X*, *У*. От соответствующей горизонтальной линии сетки *OX* вверх в масштабе откладывают оставшуюся величину координаты *X* в метрах. От соответствующей вертикальной линии сетки *OУ* вправо откладывают оставшуюся величину координаты *У* в метрах. Из полученных точек строят перпендикуляры вправо и вверх, пересечение перпендикуляров определит местоположение точки с координатами *X*, *У*. Например, *X* = 6065745, *У* = 4311423 − координаты точки *A*. Следовательно, точка находится на расстоянии 6065 км 745 м (*X*) от экватора и в 4-й зоне в 188,577 км (500 − 311,423) западнее от осевого меридиана зоны (*У*). Чтобы определить местоположение точки *K*, найдем по координате *X* горизонтальную километровую линию сетки $^{60}65$ и отложим вверх по вертикали Δx − 745 м в масштабе карты; по координате *У* найдем вертикальную километровую линию $^{43}11$ и отложим вправо по горизонтали Δy − 423 м в масштабе карты, из полученных точек восстанавливаем перпендикуляры вправо и вверх, точка пересечения будет являться точкой *K*.

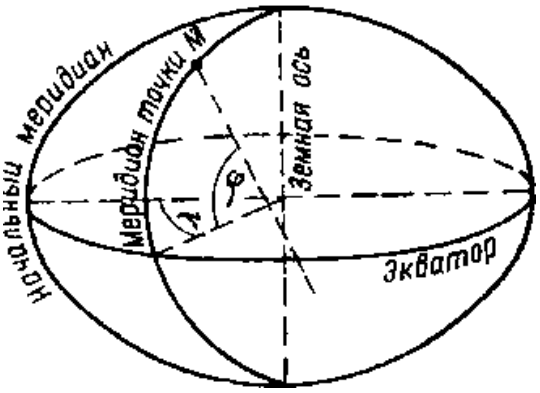
Аналогично определяется местоположение точек *A*, *B* и *C* на карте, прямоугольные координаты которых указываются в индивидуальном задании.

Определение географических координат точки на карте

Географическими координатами являются широта и долгота точки.

Географической широтой φ точки *M* называют угол, составленный отвесной линией, проходящей через эту точку, и плоскостью экватора.

Географической долготой λ называют двугранный угол, заключенный между плоскостью меридиана, проходящего через эту точку, и плоскостью начального меридиана (рис. 7). Широты бывают северные и южные, изменяются от 0 ° (на экваторе) до 90 ° (на земных полюсах).



Долготы бывают восточные и западные, изменяются от 0 ° (на начальном − гринвичском меридиане) на восток и на запад до 180° (на тихоокеанской ветви гринвичского меридиана). Линия, проходящая через точки с одинаковыми широтами, называется параллелью, а с одинаковыми долготами − меридианом.

Рис. 7. Система географических координат

Границами листов карт среднего и крупного масштабов являются с запада и востока отрезки меридианов $M^и$, а с севера и юга − отрезки параллелей *П*. Каждый меридиан имеет заданную долготу, а каждая параллель − заданную широту, которые подписывают в углах карты (рис. 8).

Положение любой точки, лежащей на поверхности эллипсоида, определяется географической широтой и долготой.

Рядом с внутренней рамкой карты расположена минутная рамка, одно деление которой (светлые и темные отрезки) соответствует одной минуте по широте φ и долготе λ. Для определения географических координат опускают перпендикуляры из заданной точки на ближайшие стороны минутной рамки.

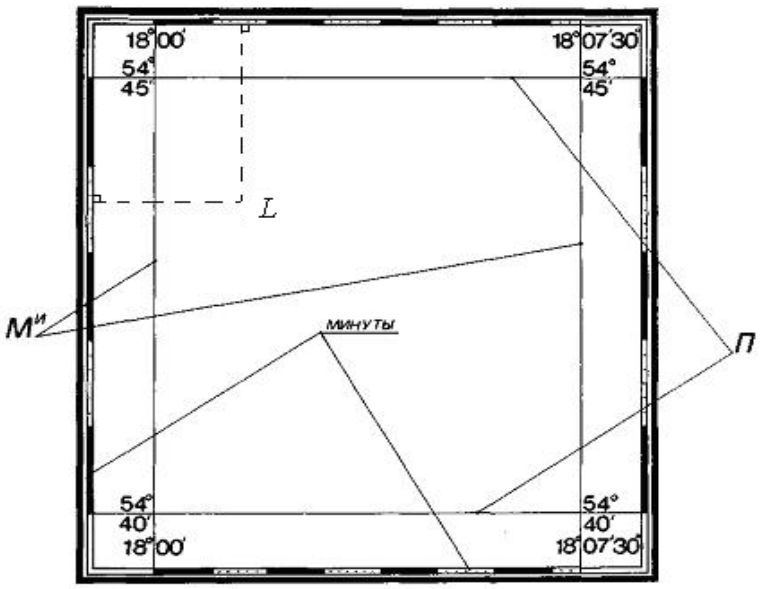


Рис. 8. Рамка карты:
$M^и$ – истинные меридианы; *П* − параллели

Отсчитывают широту φ и долготу λ с точностью до одной секунды, помня, что каждое деление разбито точками на шесть интервалов по 10 угловых секунд. Число секунд оценивают на глаз.

Например, φ для точки *L* равна 54 °43′36″, а λ равна 18 °01′32″ (см. рис. 8).

Определение дирекционного угла заданной на карте линии, вычисление ее истинных и магнитных азимутов и румбов

Ориентированием линии на местности называется определение ее направления относительно какого-либо другого направления, принимаемого за начальное. За начальные принимаются направления (рис. 9): *N* − истинного (географического) меридиана, *Nм* − магнитного меридиана либо *No* − осевого меридиана зоны, т. е. оси *OX* или линии, ей параллельной. В зависимости от выбранного исходного направления ориентирным углом может быть азимут *A, Aм*, румб или дирекционный угол α.

Азимутом называют горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до заданной линии.

Если угол отсчитывают от истинного меридиана *N*, он называется ***истинным азимутом*** *A*, от магнитного меридиана *Nм* – ***магнитным азимутом*** *Aм*, от осевого меридиана *No* (или оси абсцисс *X*) − ***дирекционным углом*** *α*.

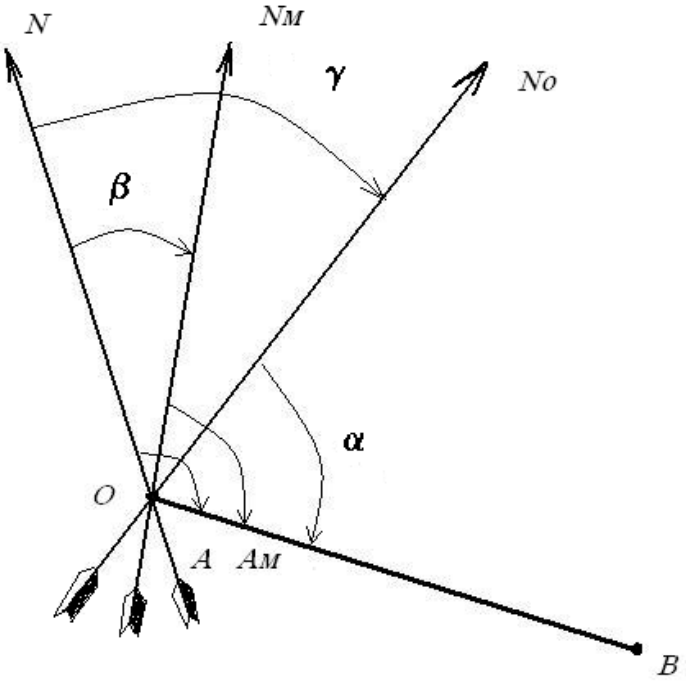


Рис. 9. Ориентирование линии на местности

Направление истинного меридиана определяется с помощью астрономических наблюдений, магнитного – с помощью магнитной стрелки (компаса, буссоли). Азимуты и дирекционные углы могут иметь значения от 0 до 360 °, а румбы − от 0 до 90 ° с указанием названия четверти.

Румбом (r_1, r_2, r_3, r_4) называют острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана (северного или южного) до данной линии (рис. 10). Румбы, как и азимуты, могут быть истинными и магнитными. Существует связь между азимутами и румбами (табл. 2).

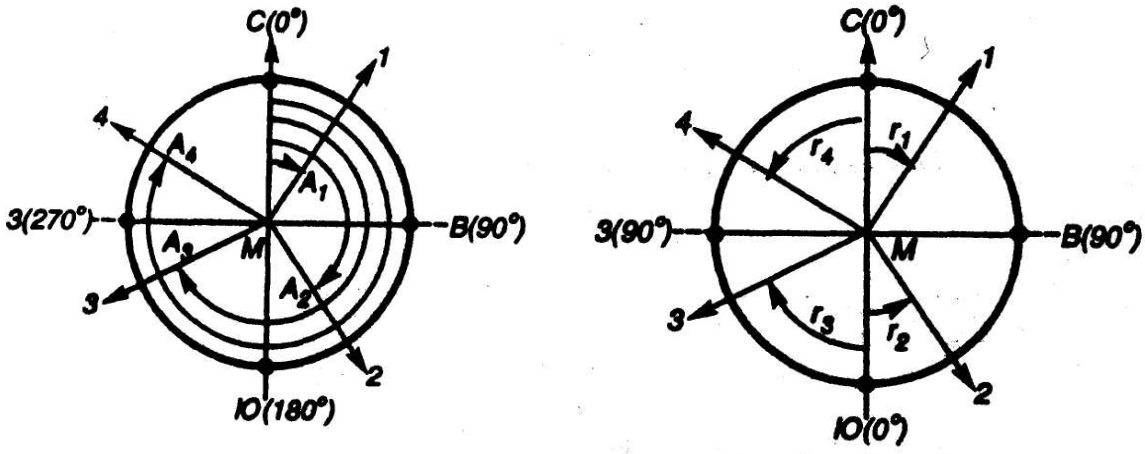


Рис. 10. Азимуты и румбы направлений в разных четвертях

Дирекционным углом α называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной (на плане это вертикальные линии координатной сетки), по ходу часовой стрелки до направления данной линии.

Таблица 2

Связь азимутов и румбов

Азимуты	Название четверти	Румбы
0−90°	СВ	$r_1 = A_1$
90−180°	ЮВ	$r_2 = 180\,° - A_2$
180−270°	ЮЗ	$r_3 = A_3 - 180\,°$
270−360°	СЗ	$r_4 = 360\,° - A_4$

Измерение дирекционного угла заданной на карте линии производят с помощью транспортира. Для этого продолжают ориентируемую линию до пересечения с ближайшей линией координатной сетки, параллельной оси *OX*, совмещают центр транспортира с полученной точкой пересечения, а нулевой диаметр транспортира − с положительным направлением оси *OX*.

Для каждой линии различают прямое и обратное направления. Дирекционные углы (как и азимуты) прямого $\alpha_{пр}$ и обратного направления $\alpha_{обр}$ отличаются на 180 °:

$$\alpha_{пр} = \alpha_{обр} \pm 180\,°.$$

Магнитный меридиан, как правило, не совпадает с истинным в данной точке земной поверхности, образуя с ним некоторый угол δ, называемый ***склонением магнитной стрелки*** (см. рис. 9). Угол δ отсчитывается от истинного меридиана до магнитного и может быть *восточным* (со знаком плюс) и *западным* (со знаком минус). Зная склонение магнитной стрелки в данной точке, можно осуществить переход от магнитного азимута направления к истинному по формуле

$$A = A_м + \delta.$$

Угол γ, на который линия координатной сетки, параллельная оси *OX*, отклоняется от истинного меридиана данной точки (вследствие сферичности Земли), называется ***сближением меридианов*** (см. рис. 9). Как и склонение, сближение может быть *восточным* (положительным) или *западным* (отрицательным).

Сведения о величинах сближения меридианов и магнитного склонения, а также схема взаимного расположения истинного, магнитного и осевого меридианов приводятся в зарамочном оформлении карты в левом нижнем углу.

Измерив дирекционный угол α заданной на карте линии, вычисляют ее истинный и магнитный азимуты по формулам

$$A = \alpha + \gamma, \quad A_м = \alpha + \gamma - \delta.$$

Например, по заданию $\alpha_{AB} = 102\,°$, $\gamma = 2\,°11'$ − восточное, $\delta = 1°54'$ − западное.

Тогда, если $\alpha_{пр} = \alpha_{обр} \pm 180\,°$, то $\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180\,° = 102\,° + 180\,° = 282\,°$;

азимуты: $A = \alpha + (+\gamma) = 102\,° + (+2\,°11') = 102\,° + 2\,°11' = 104\,°11'$;

$Ам = \alpha + (+\gamma) - (-\delta) = 102\,° + (+2\,°11') - (-1\,°54') = 102\,° + 2\,°11' + 1\,°54') =$
$= 105\,° + 65' = 106\,°05'$;

румбы: r (ЮЗ, так как $90\,° < 104\,°11'(A) < 180\,°$, вторая четверть) $= 180\,° - A =$
$= 180\,° - 104\,°11' = 179\,°60' - 104°11' = 75\,°49'$;

$r_м$ (ЮЗ, так как $90\,° < 106\,°05'(A_м) < 180\,°$, вторая четверть) $= 180\,° - A_м =$
$= 180\,° - 106\,°05' = 179\,°60' - 106\,°05' = 73\,°55'$.

Изображение рельефа на планах и картах. Определение высоты сечения рельефа (определение отметок горизонталей)

При изучении рельефа местности необходимо обратить внимание на высотное положение точек. По горизонталям на плане и карте можно различать формы рельефа местности, определять высоту сечения рельефа, отметки точек, уклоны и крутизну скатов, строить профиль по любому направлению на карте.

Горизонтали − это линии, все точки которых имеют равные высоты. На рис. 11 показано получение горизонталей на небольшом участке, для которого уровенную поверхность можно принять за плоскость. Секущие плоскости *C* и *B* параллельны начальной плоскости *A*. Расстояния между этими плоскостями должны быть строго одинаковыми, их обозначают через *h* и называют ***высотой сечения рельефа***. Места выхода секущих плоскостей наружу переносят на горизонтальную плоскость (план) *PP* методом ортогонального проектирования – получают горизонтали. На топографических планах (картах) высота сечения рельефа устанавливается в зависимости от их масштаба и характера рельефа местности.

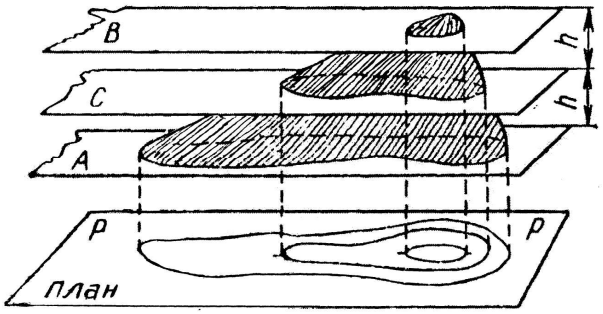


Рис. 11. Образование горизонталей

Горизонтали обладают следующими свойствами:

− все точки, лежащие на одной и той же горизонтали, имеют одинаковую высоту;

− все горизонтали должны быть непрерывными;

− горизонтали не могут пересекаться или раздваиваться;

− расстояния между горизонталями в плане характеризуют крутизну ската: чем меньше расстояние (заложение), тем круче скат;

− кратчайшее расстояние между горизонталями соответствует направлению наибольшей крутизны ската;

− водораздельные линии и оси лощин пересекаются горизонталями под прямыми углами;

− горизонтали, изображающие наклонную плоскость, имеют вид параллельных прямых.

Выделяют следующие горизонтали:

− ***основные*** − их проводят через превышения, равные высоте сечения;

− ***утолщенные*** − применяют для облегчения счета горизонталей и большей наглядности рисунка рельефа, утолщается каждая пятая горизонталь при высоте сечения 1; 2; 5; 10 м и каждая четвертая (или десятая) при высоте сечения 0,5 и 0,25 м;

− ***дополнительные*** (***полугоризонтали***) проводят через половину высоты сечения рельефа, если характерные формы рельефа нельзя отобразить горизонталями с основным сечением;

− ***вспомогательные*** проводят на произвольной высоте сечения, которая позволит нагляднее передать формы рельефа. Обычно применяют для показа на картах микрорельефа степной или плоскоравнинной местности.

Горизонтали вычерчивают коричневым цветом. Основные и утолщенные горизонтали – сплошной линией (толщина линий соответственно 0,15 и 0,25 мм). Дополнительные и вспомогательные вычерчиваются штриховой линией (по 0,15 мм). Надписи горизонталей ориентируют основанием цифр вниз по скату (рис. 12). Направление ската показывают бергштрихами, которые ставятся перпендикулярно горизонталям. Высота сечения рельефа указывается под нижней внешней рамкой карты, ее также можно определить по основным и утолщенным горизонталям. Формула для определения высоты сечения:

$$h = \frac{\Delta h}{n},$$

где Δh – разность между отметками горизонталей, м;

n – количество интервалов между горизонталями, шт.

Например, на рис. 12 высота сечения $h = \frac{140 - 120}{2} = 10$ м.

Определение отметок точек

Если точка расположена внутри замкнутой горизонтали (возвышенность), то для вычисления ее отметки к высоте ближайшей горизонтали прибавляют половину высоты сечения рельефа (см. рис. 12) или вычитают эту величину, если точка расположена внутри замкнутой горизонтали (на дне котловины). Такие формы рельефа (гора, котловина) определяют по направлению бергштрихов и надписям на горизонталях.

Например, H_A – отметка точки A;

высота сечения $h_0 = 10$ м;

$H_A = 160 + \frac{10}{2} = 165$ м.

Если точка расположена между горизонталями, то ее отметку определяют линейным интерполированием по кратчайшему расстоянию между горизонталями.

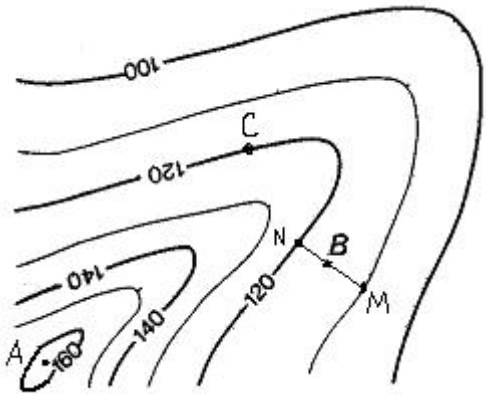


Рис. 12. К определению отметок точек

Например, точка *B* лежит между горизонталями, чтобы узнать ее высоту, через нее проводят отрезок *MN*, по возможности перпендикулярный двум соседним горизонталям, и измеряют отрезки *BM* и *MN* (см. рис. 12). Превышение *h* точки *B* над точкой *M* находят из пропорции

$$\frac{MN}{BM} = \frac{h_0}{h},$$

где *MN* и *BM* – длины соответствующих отрезков на карте;

h_0 – высота сечения рельефа;

h − превышение точки *B* над точкой *M.*

Тогда $h = \frac{BM \cdot h_0}{MN}$ при h_0 = 10 м;

MN = 11 мм; *BM* = 7 мм (измеряем линейкой):

$H_B = 110 + \frac{7 \cdot 10}{11} = 116{,}4$ м

(так как $H_M = 100 + h_0 = 100 + 10 = 110$ м).

Если точка расположена на горизонтали, то ее отметка равна отметке горизонтали. В данном случае $H_C = 120$ м.

Определение уклона линий

В инженерной практике крутизну ската линии часто характеризуют уклоном. Уклоны обычно выражают в тысячных долях (0,001), в процентах (%) или промилле (‰). *Уклоном прямой*, проведенной между двумя горизонталями, называется отношение высоты сечения *h* к проложению *d*, которые определяются по масштабу плана (карты):

$$i = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d},$$

где *i* – уклон прямой;

v − угол наклона прямой, называемой скатом;

$h = H_2 - H_1$ − разность отметок конечных точек линии;

d – горизонтальное проложение линии.

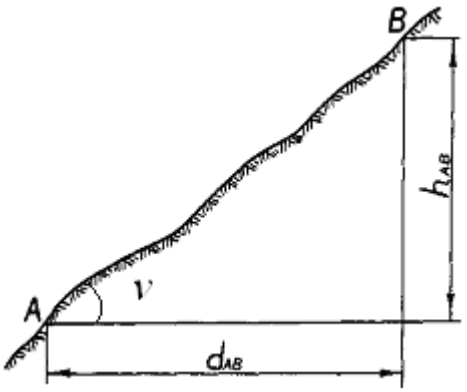


Рис. 13. Схема к определению уклона линии

Приведем пример (рис. 13). Определим уклон прямой *AB*, проведенной на карте между двумя смежными горизонталями. Определяем отметки конечных точек линии *AB* и ее длину с помощью линейки или измерителя и линейного масштаба в натуральных единицах.

В примере $H_A = 150$ м, $H_B = 147{,}5$ м, $h_0 = h_{AB} = 2{,}5$ м, $d_{AB} = 100$ м, тогда

$$i = \frac{150 - 147{,}5}{100} = 0{,}025 = 2{,}5\ \% = 25\ ‰.$$

Построение линии с заданным уклоном

При проектировании дорог возникает необходимость соблюдения предельных уклонов. Для решения задачи необходимо построить на карте линию, уклон по которой менее предельного или равен ему.

Например (рис. 14), от точки *K* требуется спроектировать линию с заданным уклоном $i_з$ в направлении к точке *L*. Необходимо построить несколько вариантов автомобильной трассы, проанализировать их и выбрать оптимальный. Для построения между точками *K* и *L* на карте линии предельного уклона нужно вычислить минимальное заложение *d*, соответствующее этому уклону, по формуле

$$d = \frac{h_0}{i_з M},$$

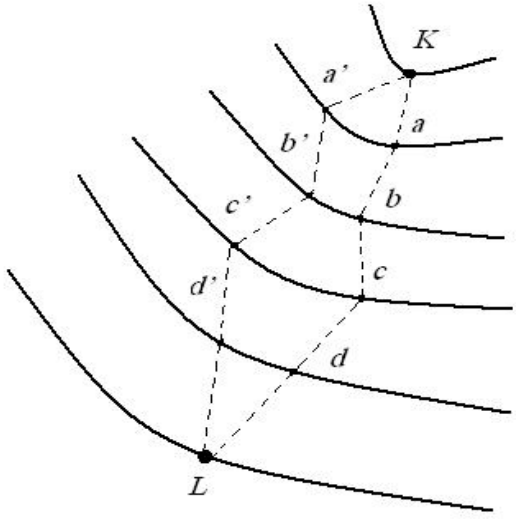


Рис. 14. Проведение линии заданного уклона

где h_0 – высота сечения рельефа;

$i_з$ – заданный предельный уклон;

M – знаменатель масштаба карты.

Если $h_0 = 5$ м, $i = 0{,}015$, $M = 25\,000$, то $d = \dfrac{5\text{ м}}{0{,}015 \cdot 25\,000} = 0{,}013$ м = 13 мм.

Взяв в раствор циркуля-измерителя вычисленное заложение *d*, из начальной точки *K* последовательно засекают этим радиусом точки *a* и *a'* на соседней горизонтали. Из этих же точек этим же радиусом засекают следующую горизонталь (в точках *b* и *b'*) и так далее до точки *L*.

Следовательно, получают два варианта решения задачи − две линии *KabcdL* и *Ka'b'c'd'L*, все отрезки которых имеют заданный уклон $i_з$.

Направление *KabcdL*, как более короткое и менее извилистое, будет являться решением этой задачи.

Описание ситуации и топографических условий

Описание ситуации и рельефа в пределах заданных квадратов местности необходимо свести в таблицу приведенной ниже формы (табл. 3).

В таблице необходимо указать объекты местности и их характеристики: *пункты государственной геодезической сети*, их вид и отметки; *населенные пункты*, число домов в них, огнестойкость построек, промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты; *дороги*, их тип и вид покрытия, выемки, насыпи, мосты, размеры и грузоподъемность последних; линии электропередач и линии связи; реки и другие *объекты гидрографии*, их ширину и глубину, скорости течения, отметки урезов воды и т. д.; *растительность*, лесные участки, произрастающие на них породы, средние размеры древостоев, густоту насаждения; болота, их тип, проходимость; характер *рельефа* и т. д. Например, для квадрата 5245 описание ситуации и рельефа приведено в табл. 3 [2].

Таблица 3

Описание ситуации и рельефа в квадрате 5245

Название объектов	Характеристика объектов
Лес Новый	Преобладающая порода – сосна, средняя высота древостоя 25 м, средний диаметр 0,20 м, расстояние между деревьями 3 м. Просека в лесу шириной 4 м Небольшой участок поросли леса
Дороги	Одна автомобильная дорога без покрытия (улучшенная грунтовая дорога) с шириной проезжей части 5 м Вдоль автомобильной дороги линии связи (телефонные и телеграфные) Две лесные дороги
Рельеф	Всхолмленная местность с возвышенностью высотой 61,8 м Наименьшая высота 52,5 м
Дом лесника	–
Растительный покров	Узкие полосы леса и защитные лесонасаждения вдоль автомобильной дороги

Основные формы рельефа

Рельефом местности называется совокупность неровностей физической поверхности земли. Для решения задачи (см. 2.1. Задание, п. 14) нужно уметь видеть на карте основные формы рельефа (рис. 15).

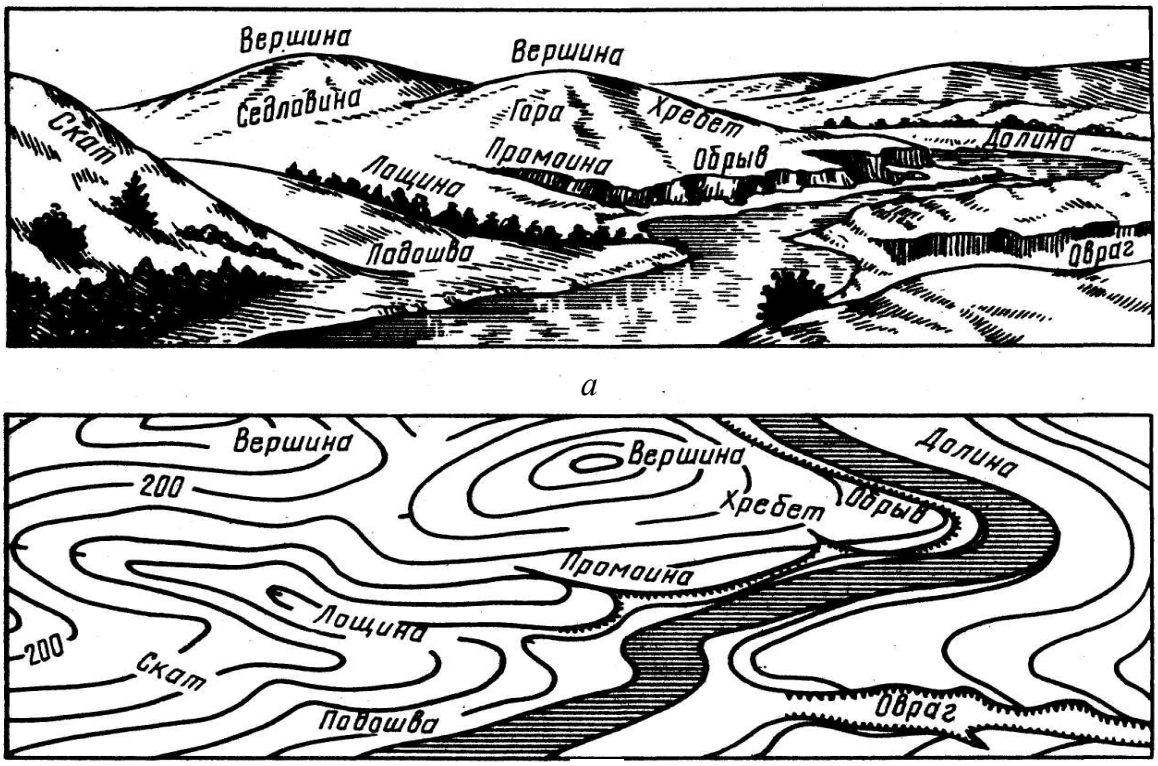


Рис. 15. Формы рельефа местности:
а − основные формы рельефа; *б* − изображение в горизонталях

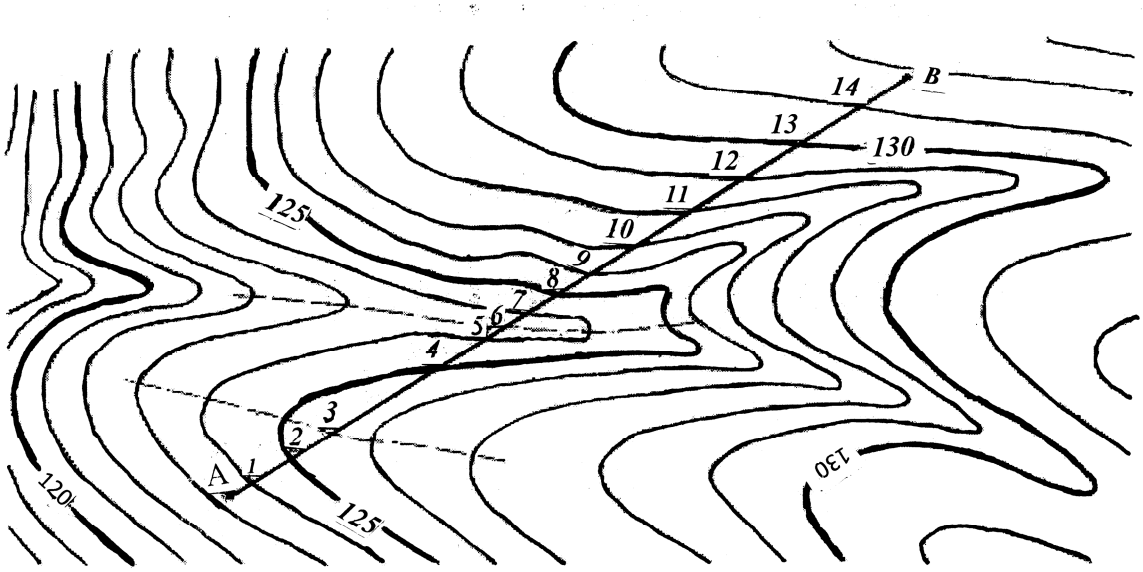
К *формам рельефа* относятся холм, котловина, хребет, лощина, седловина, овраг, промоина, балка, ущелье, гребень, перевал, нависший утес, гора, уступ (терраса). Характерными *точками рельефа* являются вершина холма, дно котловины, низкая точка седловины, скаты (или склоны), подошва, щеки котловины, окраины котловины; характерными *линиями рельефа* – водораздел (линия пересечения склонов хребта); линия водотока (или тальвег), или водослив (линия пересечения склонов лощины).

Задание: зарисовать основные формы рельефа, линии и точки и дать им определения, используя литературу [3–6] (темы «Изображение рельефа на картах и планах», «Задачи, решаемые на топографических планах и картах»).

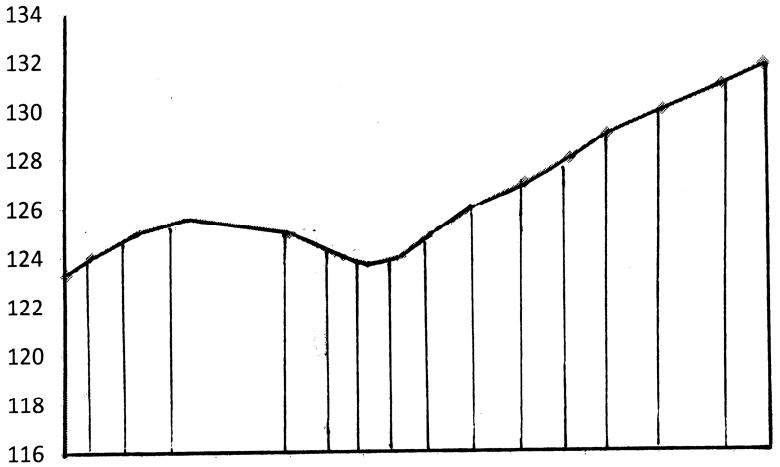
Построение продольного профиля местности

Профиль местности представляет собой уменьшенное изображение на плоскости вертикального разреза земной поверхности по заданному направлению. Профиль строят на миллиметровой бумаге в масштабах: *горизонтальный* − в масштабе плана, *вертикальный* − в 10 раз крупнее.

На заданной линии *АВ* отмечают точки ее пересечения с горизонталями, водоразделами и водосборами и нумеруют их по порядку (рис. 16, *а*).



а



б

номера точек	*A*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*B*
расстояния, м	*35*	*60*	*70*	*135*	*70*	*40*	*40*	*45*	*55*	*70*	*60*	*50*	*75*	*80*	*55*	
отметки, м	*123,3*	*124,0*	*125,0*	*125,6*	*125,0*	*124,0*	*123,7*	*124,0*	*125,0*	*126,0*	*127,0*	*128,0*	*129,0*	*130,0*	*131,0*	*131,8*

Рис. 16. Схема к построению профиля местности:
а − план местности; *б* − продольный профиль

На листе миллиметровой бумаги проводят горизонтальную линию − *линию условного горизонта* (*УГ*), равную длине линии *АВ* (рис. 16, *б*).

На линию условного горизонта переносят с карты все точки, пронумерованные на линии *АВ*, и подписывают их. Расстояния между точками *А*, 1, 2, …14, *В* откладывают в масштабе карты или другом заданном масштабе и записывают их в графе «Расстояния».

Определяют на карте абсолютные отметки всех пронумерованных точек и записывают их в графе «Отметки».

Вычисляют отметку условного горизонта $H_{уг}$:

$$H_{уг} = H_{min} - (6 - 10 \text{ м}),$$

где H_{min} − наименьшая отметка точки профиля, м.

Полученную отметку $H_{уг}$ округляют до ближайшего числа, кратного 2 м, при заданных масштабах: горизонтальный − 1:2000, вертикальный − 1:200. На рис. 16, *а*: H_{min} = 123,3 м; $H_{уг}$ = 123,3 м – 6 м = 117,3 м, т. е. $H_{уг}$ − 118 м.

В соответствии с вертикальным масштабом подписывают шкалу высот, начиная от линии условного горизонта. Например, если шкала высот разбита через 1 см, $H_{уг}$ = 118 м, то подписывают так: 118, 120, 122 и т. д.

Из точек на линии условного горизонта восстанавливают перпендикуляры к линии условного горизонта. На полученных вертикальных линиях откладывают высоты точек. Концы перпендикуляров соединяют плавной кривой линией и получают профиль местности по направлению *AB*.

Определение направления водораздельных и водосборных линий

В заданных квадратах найти и обозначить водоразделы (водораздельные линии) и водотоки (водосборные линии, тальвеги).

Под ***водораздельной линией*** (рис. 17) понимают линию с наивысшими отметками, от которой вода стекает в стороны понижений (линия, проходящая вдоль хребта).

Линию, проходящую по самым низким точкам (вдоль лощины), называют ***тальвегом***, а при наличии постоянно текущей воды – ***водотоком*** (см. рис. 17). Поверхностные воды стекают по склонам лощины в тальвег.

Определение бассейна водосбора

Водосбором, или ***водосборным бассейном,*** называется территория местности, с которой стекает вода в результате таяния снега или выпадения дождей. Границами бассейна служат водораздельные линии. На рис. 17, *б* водосборной будет площадь *abedcf.* Начиная от седловины *A,* наносим водораздельные линии *ab*, затем *cd*, *be* и *af*. Линии *cf* и *ed* являются поперечными сечениями лощины.

В заданных квадратах необходимо найти и обозначить бассейн водосбора аналогичным способом.

2.3. Выполнение лабораторной работы

Лабораторная работа выполняется на стандартных листах формата А4 и оформляется титульным листом. Задания 4, 5, 8, 12, 16, 17 выполняются на выкопировке из карты (кальке, восковке).

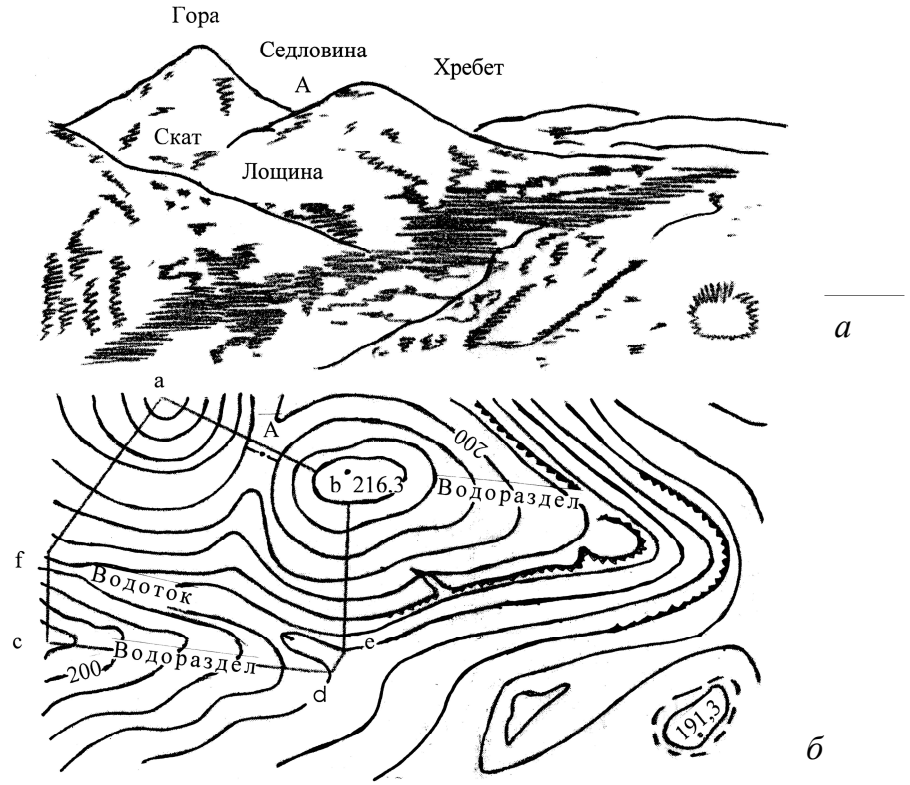


Рис. 17. Схема к определению водоразделов и водотоков:
а − формы рельефа; *б* − определение направлений водоразделов и водотоков

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов Б.К. Геодезия, инженерная геодезия: метод. указ. к выполнению контр. работы для студ. заочн. формы обучения направлений 656200, 656300 по спец. 260400, 260500, 260100 / Б.К. Абрамов, Л.Г. Калентьева. Екатеринбург, 2003. 35 с.

2. Баршай С.Е. Инженерная геодезия / С.Е. Баршай, В.Ф. Нестеренок, Л.С. Хренов. Минск: Вышэйшая школа, 1976. 400 с.

3. Киселев М.И. Основы геодезии / М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев. М.: Высш. шк., 2001. 368 с.

4. Костомаров Н.Е. Масштабы карт и планов: метод. указ. к выполнению лаб. работы для студ. спец. 31.12. 26.01 / Н.Е. Костомаров, Б.К. Абрамов, Л.Г. Калентьева. Свердловск, 1991. 9 с.

5. Курс инженерной геодезии / В.Е. Новак [и др.]. М.: Недра, 1989. 430 с.

6. Федотов Г.А. Инженерная геодезия / Г.А. Федотов. М.: Высш. шк., 2002. 463 с.

УРАЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
УГЛТУ

О.В. Сычугова
А.Г. Магасумова
Ю.С. Жданова
Г.В. Анчугова

МАСШТАБЫ КАРТ И ПЛАНОВ. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

Екатеринбург
2011