

## Лекция № 4

### Рельеф и его изображение на планах и картах

В зависимости от характера рельефа местность делят на: горную, холмистую и равнинную. Все это разнообразие рельефа местности можно свести к следующим типовым его формам в соответствие с рисунком 1.

*Гора* - куполообразная или коническая возвышенность земной поверхности. В ней выделяют вершину, представляющую собой самую высокую часть; скаты или склоны, которые расходятся от вершины во все стороны; основание возвышенности, называемое подошвой. Небольшая гора называется холмом или сопкой, а искусственный холм – курганов.

*Котловина* – чашеобразное замкнутое со всех сторон углубление, в ней различают: дно – самую низкую часть; щеки – боковые покатости и окраину – то место, где котловина переходит в окружающую равнину.

*Хребет* – возвышенность вытянутая в одном направлении и образованная двумя противоположными скатами. Линия встречи скатов называется осью хребта, водоразделом или водораздельной линией. Наиболее низкие места водоразделов называются перевалами.

*Лощина* - вытянутое в одном направлении желобообразное углубление с наклоном в одну сторону. Слоны лощины пересекаются по линии, называемой осью лощины или водосливной линией. Широкая лощина с пологим дном называется долиной, а узкая с крутыми склонами – балкой; в горной местности узкая лощина называется ущельем.

*Седловина* – понижение между двумя соседними горными вершинами или возвышенностями.

Для изображения рельефа местности пользуются различными способами: перспективным изображением, штриховкой, отмывкой, горизонталями.

На крупномасштабных планах и картах рельеф изображается горизонталями.

Горизонталью называется замкнутая кривая линия, все точки которой имеют одну и ту же высоту над поверхностью, принятой за начальную. Горизонталь – линия одинаковых высот – изогипса.

Понятие о горизонтали можно получить, если представить, что участок земной поверхности сечется рядом горизонтальных плоскостей, расположенных по вертикали на одинаковом расстоянии друг от друга. Спроектировав образованные в сечениях линии на горизонтальную плоскость, получим ряд замкнутых кривых – горизонталей в соответствие с рисунком 2.

Для большей наглядности направление понижения скатов показывается черточками, называемыми *бергштрихами*. Для указания высот горизонталей их отметки подписывают в разрывах горизонталей, располагая верх цифр по направлению верха ската.

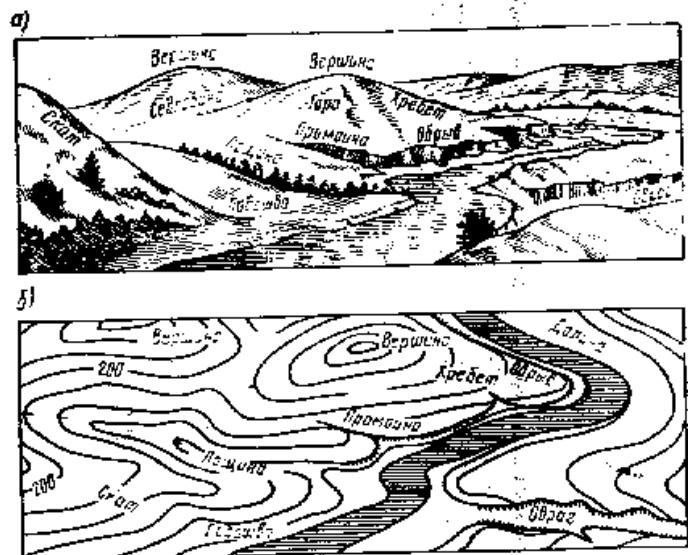


Рисунок 1- Формы рельефа местности

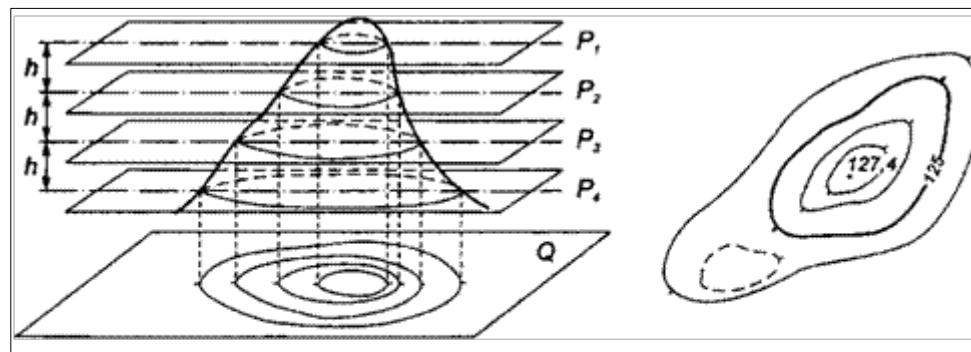


Рисунок 2- Сущность способа горизонталей

Для большей выразительности рельефа, как правило, пятая, а иногда десятая горизонталь утолщаются.

Полугоризонталь (дополнительная горизонталь) – это линия, соединяющая точки, имеющие высоту над уровнем моря, отличающуюся на половину сечения рельефа от высоты ближайшей к ней основной горизонтали.

Свойства горизонталей и особенности их проведения:

- 1) Горизонталь - линия равных высот т.е. все ее точки имеют одинаковую высоту;
- 2) Горизонталь должна быть непрерывной плавной линией;
- 3) Горизонтали не могут раздваиваться и пересекаться;
- 4) Расстояние между горизонталями (заложение) характеризуют крутизну ската. Чем меньше расстояние, тем круче скат;
- 5) Водораздельные и водосборные линии горизонтали пересекают под прямым углом;
- 6) В случаях, когда заложение превышает 25мм, проводят дополнительные горизонтали (полугоризонтали) в виде штриховой линии (длина штриха 5-6 мм, расстояние между штрихами 1-2 мм).

*Построение горизонталей по отметкам точек.* В процессе топографической съемки на планшете получают плановое положение характерных точек рельефа местности с их отметками. На основании отметок этих точек изображается рельеф местности в горизонталях. Для этого, руководствуясь масштабами составляемого плана или карты и характером снимаемой местности, в соответствии с требованиями инструкции выбирают высоту сечения рельефа. Точки, лежащие на одном скате, соединяют прямыми линиями. Затем на каждой линии находят точки, отметки которых кратны высоте сечения рельефа; это действие называется *интерполированием горизонталей*.

Интерполирование горизонталей может выполняться «на глаз» либо графически.

Интерполирование на «глаз» (визуально). Предположим, что на плане имеются три соседние точки с подписанными высотами 201.35, 203.30, 200.75. Необходимо провести горизонтали с высотой сечения рельефа 1.0 м, т.е. найти визуально плановое положение линий с высотами 201, 202 и 203 м.

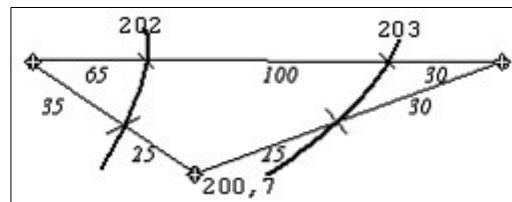


Рисунок 3- Интерполирование и проведение горизонталей "на глаз"

Аналитический метод предусматривает определять расстояние до горизонталей из прямо пропорциональной зависимости между превышением и горизонтальным проложением между точками с подписанными на плане высотами. Из рисунка 4 видно, что расстояния от точки А до горизонталей с высотами 202 и 203 при этом  $d_1 = h_1$ ,  $d_{AB}/h_{AB}$ ,  $d_2 = h_2 d_{AB}/h_{AB}$ ,

где  $h_1$  и  $h_2$  - превышения между горизонталями с отметками 202 и 203 и точкой А с отметкой 201.35 (0.65 и 1.65 м);

$d_{AB}$  - расстояние, измеряемое на плане между пикетными точками;

$h_{AB}$  - превышение между точками А и В ( $203.30 - 201.35 = 1.95$  м)

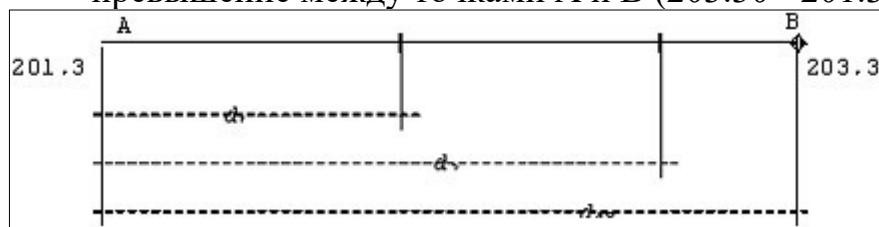


Рисунок 4- Аналитический способ интерполяции горизонталей

Графический способ предусматривает использование палетки, представляющей собой прозрачный лист бумаги или пластика с нанесенным рядом параллельных линий (горизонталей) через 5...10 мм друг от друга. Подписав на палетке отметки горизонталей, которые необходимо провести, и,

поворачивая палетку на плане, совмещают точки с отметками с горизонтальями на палетке, продавливают карандашом их на план в соответствие с рисунком 5.

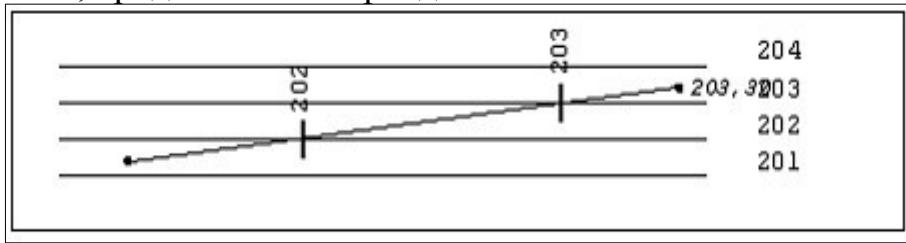


Рисунок 5- Графический способ интерполяции горизонталей

Высота точки – это расстояние по отвесной линии от уровенной поверхности Земли до данной точки.

Отметка точки  $H$  – это численное значение высоты точки.

Разность высот двух точек называется превышением  $\Delta H$  или  $h$  и вычисляется по формуле:

$$\Delta H = h = H_2 - H_1, \quad (5)$$

где  $\Delta H$ ,  $h$  – превышение между точками;  $H_2$ ,  $H_1$  – отметки точек.

*Высота сечения рельефа, заложение, уклон линии.* Разность высот двух соседних горизонталей называется *высотой сечения рельефа*. Расстояние между двумя смежными горизонтальами на плоскости называется *заложением*. Между ними существует зависимость:

$$\operatorname{tg} v = \frac{h}{a}, \quad (6)$$

где  $v$  - угол наклона местности.

Измерив по карте заложение  $a$  и зная высоту сечения рельефа  $h$ , можно вычислить тангенс угла наклона (уклон линии) и затем сам угол наклона  $v$ .

*Углом наклона* линии называется угол между горизонтальным проложением линии и самой линией.

Иногда вместо угла наклона используют *уклон местности* – это тангенс угла наклона, его выражают обычно в процентах (%) или промилле (‰) (промилле – это тысячная часть целого). Уклон можно вычислить по формулам:

$$\left. \begin{aligned} i &= \operatorname{tg} v; \\ i &= \frac{H_2 - H_1}{S_{1-2}} \times 1000\%, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где  $S_{1-2}$  – расстояние между точками в метрах.

Для быстрого определения угла наклона по карте пользуются специальным графиком заложений, который помещается внизу листа карты справа.

Обычно крутизна ската и уклоны определяют графически. Для этого на

планах строят графики заложений. Для построения *графика заложений по уклонам* величину заложения  $d$  определяют по формуле

$$d = h/i . \quad (8)$$

Если в эту формулу последовательно поставить величины уклонов  $i$ , равные 0,001; 0,002; 0,003 и т.д., то при известной для данного плана высоте сечения  $h=1\text{м}$  можно получить соответствующие данным уклонам заложения:

Уклоны .....	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
Заложения .....	1000	500	333	250	200	167	143

График заложений по уклонам, строят подобно графику заложений по углам наклона, но только в этом случае по горизонтальной прямой в произвольном масштабе откладывают уклоны, а по вертикали – соответствующие этим уклонам заложения в масштабе плана. Пользуются графиком заложений по уклонам так же, как и графиком заложений по углам наклона. Так например, для линии  $ab$  уклон  $i=0,0025$ .

Крутизну ската с помощью графика заложений определяют следующим образом: измерив циркулем заложение линии на плане, ставят циркуль на график заложений таким образом, чтобы острье одной ножки циркуля находилось на горизонтальной прямой, а острье другой – на кривой линии графика, при этом прямая, соединяющая ножки циркуля, должна быть перпендикулярна ОВ. Пусть раствор циркуля занимает положение  $m$ ; в этом случае крутизна ската, или уклон линии,  $i=3^{\circ}40'$ .

*Решение задач по топографическим картам и планам с горизонталиями.*  
*Определение отметки точки.* Если точка лежит на горизонтали, то ее отметка равна отметке этой же горизонтали.

Высотную отметку точки, расположенной между горизонталиями, можно определить с помощью *метода интерполяции*. Он заключается в следующем:

1) Проводим кратчайшую прямую, (зрительно) между двумя горизонталиями, проходящую через исходную точку.

2) Находим разность между высотами горизонталей и делим на измеренное расстояние между ними –  $[(106-104)/45]=0,044$ ;

3) Измеряем расстояние от одной из горизонталей, и умножаем его на число полученное в результате действия (2) –  $0,044*16=0,71$  ;

4) Прибавляем (или отнимаем, в зависимости от того, в какую сторону у нас подъем) к высотной отметке той, горизонтали, от которой измеряли расстояние до точки результат действия (3) –  $104+0,71=104,71$ .

Отметка точки равна  $104 + [(106-104)/45]*16 = 104,71$  м.

*Определение направления и крутизны ската.* Направление понижения ската определяется по следующим признакам:

- по водоемам (рекам, озерам) - понижение ската в сторону водоема;
- по указателям направления ската - штрих направлен в сторону понижения;

- по положению подписей горизонталей - цифры подписываются основанием в сторону понижения;
- по отметкам точек - понижение в сторону меньшей отметки.

Все формы рельефа образуются из сочетания наклонных поверхностей — скатов, которые подразделяются на ровные, выпуклые, вогнутые и смешанные в соответствие с рисунком 16.



Рисунок 6 – Формы скатов

Как видно из рисунка 17, горизонтали, изображающие ровный скат, располагаются на одинаковых расстояниях друг от друга. При выпуклом скате расстояния между горизонталями у подошвы меньше, чем у вершины. При вогнутом скате горизонтали у подошвы отстоят друг от друга на большем расстоянии, чем у вершин. Следовательно, по характеру горизонтали можно определить вид ската. Также можно сделать вывод, что самому короткому расстоянию между двумя соседними горизонталями соответствует самая крутая линия на местности.

*Проведение на карте линии заданного предельного уклона* в соответствие с рисунком 18. Между заданными на карте точками *A* и *B* требуется провести кратчайшую линию так, чтобы ни один отрезок не имел уклона больше заданного предельного  $i_{\text{пред}}$ .

Проще всего задача решается с помощью масштаба заложения для уклонов. Взяв по нему раствором циркуля заложение  $a_{\text{пред}}$ , соответствующее предельному уклону, засекают последовательно точки 1...7 - все горизонтали от точки *A* до точки *B*. Если раствор циркуля меньше расстояния между горизонталями, линию проводят по кратчайшему направлению. Соединив все точки, получают линию с заданным предельным уклоном.

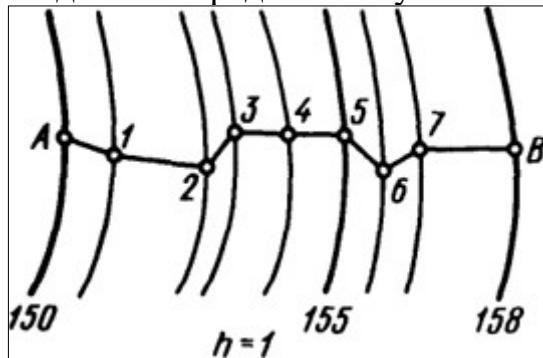


Рисунок 7- Схема проведения на карте линии заданного предельного уклона

Если нет масштаба заложений, заложение  $a_{\text{пред}}$  можно подсчитать по формуле  $a_{\text{пред}} = h/(i_{\text{пред}} M)$ , где  $M$  - знаменатель числового масштаба карты.

*Построение профиля местности по заданному на карте направлению.* Рассмотрим построение профиля на конкретном примере в соответствие с рисунком 18.

Пусть требуется построить профиль местности по линии  $AB$ . Для этого линию  $AB$  переносят в масштабе карты на бумагу и отмечают на ней точки 1, 2, 4, 5, 7, 9, в которых она пересекает горизонтали, а также характерные точки рельефа (3, 6, 8). Линия  $AB$  служит основанием профиля. Взятые с карты отметки точек откладывают на перпендикулярах (ординатах) к основанию профиля в масштабе, в 10 раз превышающем горизонтальный масштаб. Полученные точки соединяют плавной линией. Обычно ординаты профиля уменьшают на одну и ту же величину, т. е. строят профиль не от нуля высот, а от *условного горизонта УГ* на рис. 8 за условный горизонт принята высота, равная 100 м.

С помощью профиля можно установить взаимную видимость между двумя точками, для чего их нужно соединить прямой линией.

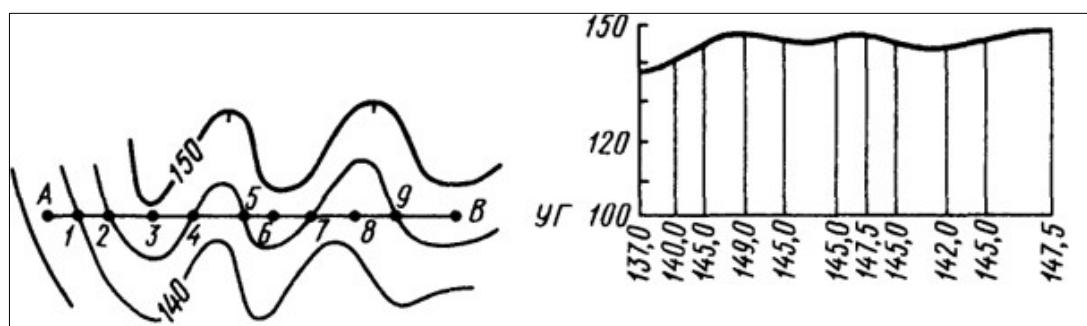


Рисунок 8- Схемы построения профиля по заданному направлению

Если построить профили из одной точки по нескольким направлениям, можно нанести на карту или план участки местности, не видимые с этой точки. Такие участки называют  *полями невидимости*.

*Вычисление объемов* в соответствие с рисунком 19. По карте с горизонталями можно вычислить объемы горы и котловины, изображаемых системой горизонталей, замыкающихся в пределах небольшой площадки. Для этого формы рельефа делят на части, ограниченные двумя соседними горизонталями.

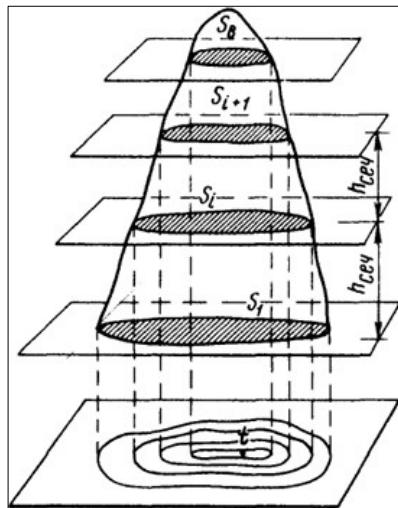


Рисунок 9 - Схема определения объема по карте с горизонталями

Каждую такую часть можно приближенно принять за усеченный конус, объем которого равен  $V_i = (1/2)(S_i + S_{i+1})h_{sec}$ , где  $S_i$  и  $S_{i+1}$  - площади, ограниченные на карте нижней и верхней горизонталями, являющимися основаниями усеченного конуса,  $h_{sec}$  - высота сечения рельефа,  $i = 1, 2, \dots, k$  - текущий номер усеченного конуса.

Площади  $S$  измеряют планиметром (механическим или электронным).

*Изображение земной поверхности в цифровом виде.* Развитие вычислительной техники и появление автоматических чертежных приборов (графопостроителей) привело к созданию автоматизированных систем для решения различных инженерных задач, связанных с проектированием и строительством сооружений. Часть этих задач решается с использованием топографических планов и карт. В связи с этим появилась необходимость представления и хранения информации о топографии местности в цифровом виде, удобном для применения компьютеров.

В памяти компьютера цифровые данные о местности наилучшим образом могут быть представлены в виде координат  $X, Y, H$  некоторого множества точек земной поверхности. Такое множество точек с их координатами образует цифровую модель местности (ЦММ).

По своему содержанию ЦММ разделяется на цифровую модель ситуации (контуров местности) и цифровую модель рельефа (ЦМР).

Все элементы ситуации задаются координатами  $X$  и  $Y$  точек, определяющих положение предметов и контуров местности. Цифровая модель рельефа характеризует топографическую поверхность местности. Она определяется некоторым множеством точек с координатами  $X, Y, H$ , выбранных на земной поверхности так, чтобы в достаточной мере отобразить характер рельефа.

Ввиду многообразия форм рельефа подробно описать его в цифровом виде довольно сложно. Поэтому в зависимости от решаемой задачи и характера рельефа применяют различные способы составления цифровых моделей. Например, ЦМР может иметь вид в соответствие с рисунком 10.

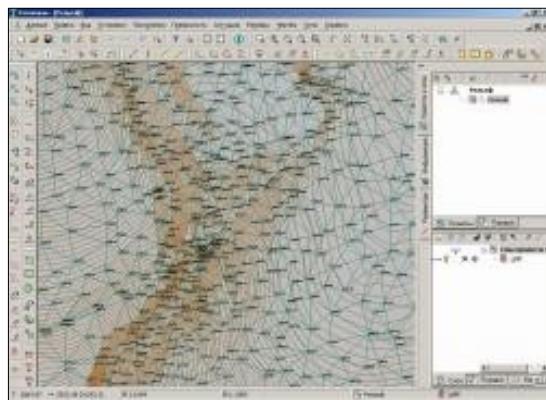


Рисунок 10 – Цифровая модель рельефа

Построение цифровой модели рельефа производится по точкам (например, по пикетам съемки или точкам оцифровки раstra) нерегулярной сеткой треугольников с использованием структурных линий. Структурной линией может быть полилиния, как специально созданная для уточнения модели рельефа в тальвегах, водоразделах, так и существующая на местности (бордюр, кромка асфальта, бровка откоса). Рельеф отображается горизонталами различного вида либо в виде штриховки откоса или обрыва. Высота сечения рельефа, вид отображения горизонталей (дополнительные горизонтали, полугоризонтали) могут определяться как для всей поверхности, так и для ее отдельных участков, состоящих из группы выбранных треугольников. Элементарные участки поверхности могут быть представлены не только плоскими треугольниками, но и нелинейными поверхностями, что позволяет повысить адекватность модели, а также делает более удобным и наглядным процесс редактирования рельефа.

Для анализа и оценки рельефа в системе предусмотрены возможности построения разреза поверхности по произвольной линии либо по полилинии – элементу ситуации. На цифровой модели местности выполняются измерения линий, углов, площадей, нанесение размеров и надписей.

### **Контрольные вопросы:**

- 1) Дать определение горизонтали.
- 2) Указать методы определения отметок точек.
- 3) Что такое высота сечения рельефа?
- 4) Что называется уклоном местности?
- 5) Опишите порядок построения линии заданного уклона.