

# Тема: «Геодезическая съемка. Рельеф»

## Вопросы

1. Прямая геодезическая задача
2. Обратная геодезическая задача
3. Связь между дирекционными углами предыдущей и последующей линий
4. Геодезическая съемка. План, карта, профиль
5. Рельеф. Основные формы рельефа
6. Изображение рельефа на планах и картах.

# Теодолитный ход

- **Теодолитный ход** – это геодезическое построение в виде ломаной линии, вершины которой закрепляются на местности, и на них измеряются горизонтальные углы  $\beta_i$  между сторонами хода и длины сторон  $S_{ij}$ . Закрепленные на местности точки называют точками теодолитного хода.



- Репёр (от фр. *repère* — метка, знак, исходная точка) в **геодезии** — знак, который находится в определённой точке земной поверхности с известной абсолютной высотой.
- Эта высота определяется посредством нивелирования относительно исходной уровенной поверхности.

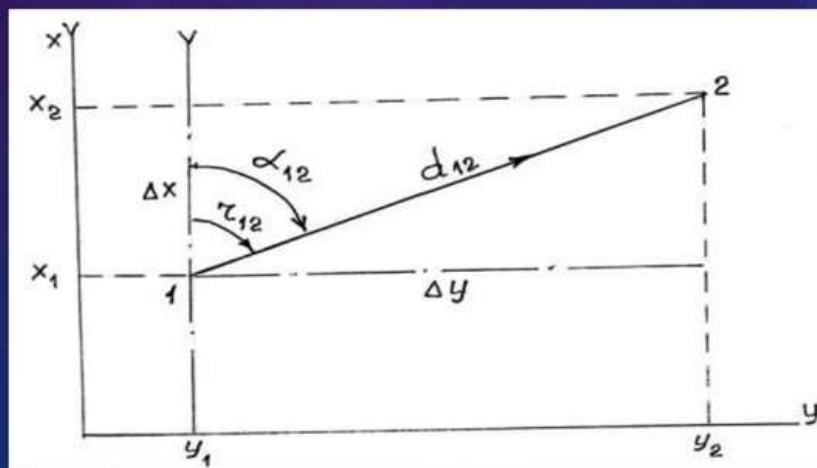
# Прямая геодезическая задача

- **Геодезическая задача** — математическая задача, связанная с определением взаимного положения точек (координат) принадлежащих какой либо поверхности. **Геодезические задачи** подразделяется на **прямую**, **обратную** и **задачу**.
- **Прямая геодезическая задача** заключается в том, что по известным координатам одной точки (например точка А), вычисляют координаты другой точки (например точка В), для чего необходимо знать горизонтальное проложение (длину) линии между этими точками ( ) и дирекционный угол этой линии.

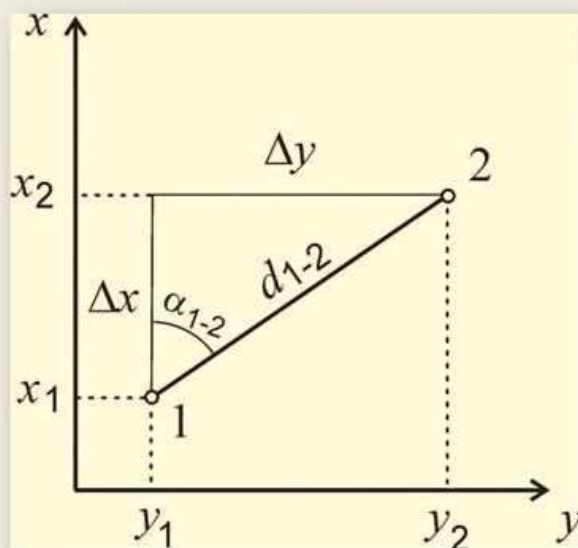
## ПРЯМАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

Прямая геодезическая задача (ПГЗ) заключается в нахождении координат точки 2 по известным координатам точки 1, а также по известному дирекционному углу направления 1-2 и горизонтальному проложению между точками 1 и 2.

**Горизонтальное проложение** – проекция наклонного (истинного) расстояния между точками на горизонтальную плоскость.



## ПРЯМАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА НА ПЛОСКОСТИ



$\Delta x, \Delta y$  – приращения координат

**Известны:** координаты  $X_1$  и  $Y_1$  точки 1, дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$  и расстояние  $d_{1-2}$  до точки 2

**Требуется:** вычислить ее координаты  $X_2$  и  $Y_2$

Координаты точки 2  
вычисляются по формулам

$$x_2 = x_1 + \Delta x;$$

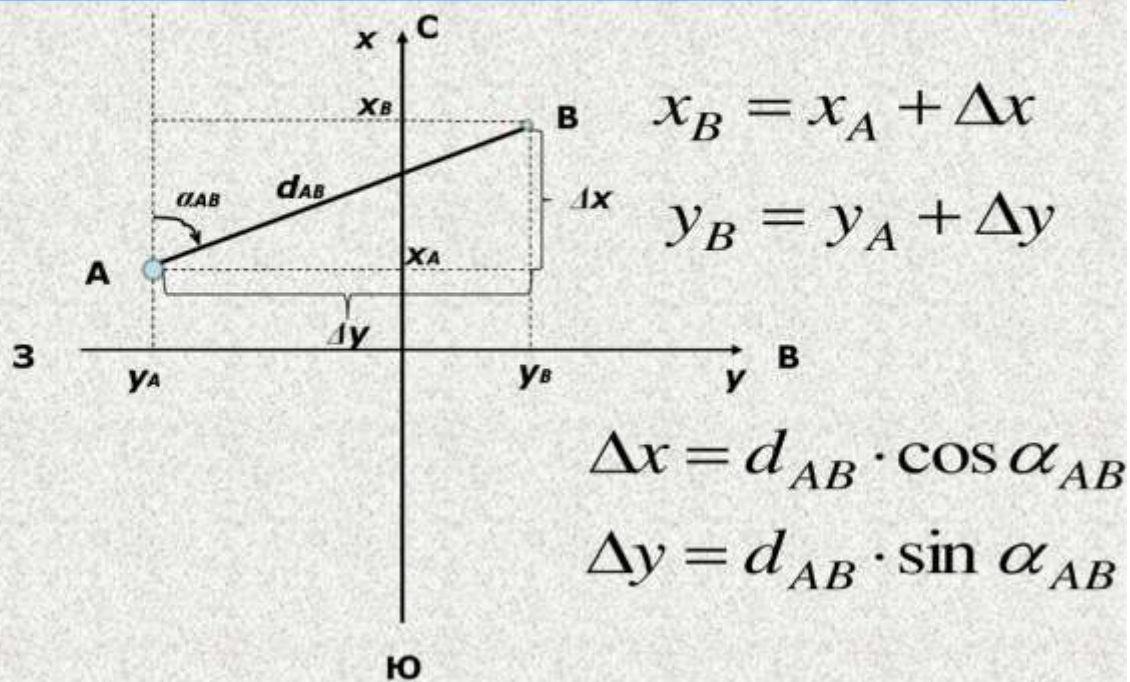
$$y_2 = y_1 + \Delta y;$$

$$\Delta x = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2};$$

$$\Delta y = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}.$$



## Прямая геодезическая задача на плоскости



$$\Delta X = X_B - X_A ;$$

$$\Delta Y = Y_B - Y_A .$$

Разности  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  координат точек последующей и предыдущей называются приращениями координат. Они представляют собой проекции отрезка  $AB$  на соответствующие оси координат. Их значения находим из прямоугольного прямоугольника  $ABC$ :

- $\Delta X = S_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB} ;$
- $\Delta Y = S_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB} .$

Так как в этих формулах  $S_{AB}$  всегда число положительное, то знаки приращений координат  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  зависят от знаков  $\cos \alpha_{AB}$  и  $\sin \alpha_{AB}$ .

Для различных значений углов знаки  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  представлены в табл.1.

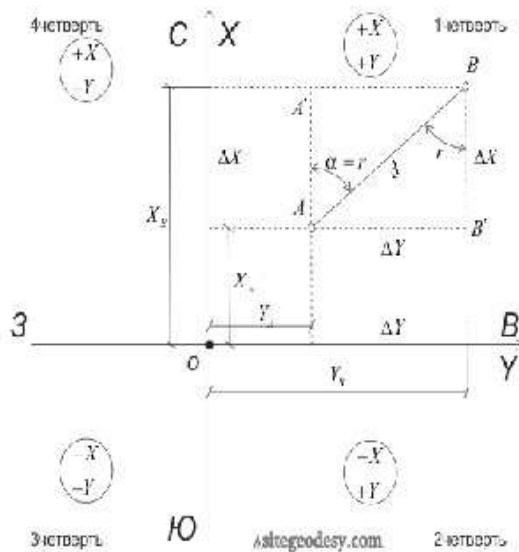


Приращения координат	Четверть окружности в которую направлена линия			
	I (СВ)	II (ЮВ)	III (ЮЗ)	IV (СЗ)
$\Delta X$	+	–	–	+
$\Delta Y$	+	+	–	–

**Знаки приращений координат  $\Delta X$  и  $\Delta Y$**

**Таблица 1.**

# Обратная геодезическая задача.



- Задача состоит в вычислении дирекционного угла и горизонтального проложения по координатам её концов.
- Пусть координаты точек А и В  $x_A, y_A$  и  $x_B, y_B$  известны.
- По катетам прямоугольного треугольника, можно вычислить дирекционный угол  $\alpha_{AB}$  по формулам:
- $\text{tg } \alpha_{AB} =$

## ОБРАТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

Дано:

Координаты точек A ( $X_A; Y_A$ ), B ( $X_B; Y_B$ ).

Найти:

дирекционный угол направления AB ( $\alpha_{AB}$ ),  
горизонтальную проекцию направления AB ( $d_{AB}$ ).

Решение:

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

По найденным значениям приращений координат  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  в прямоугольном треугольнике, вычисляют табличный угол (румб):

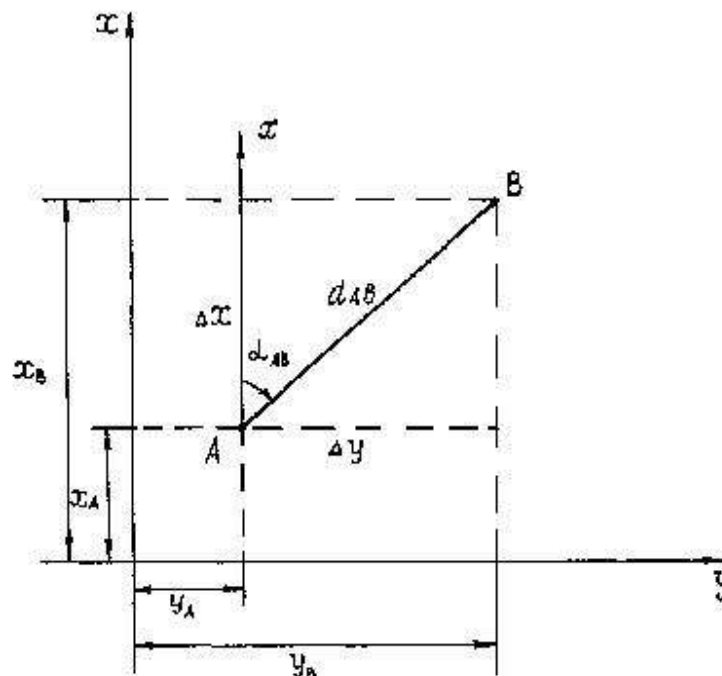
$$\text{rumb} = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

отсюда

$$r = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

Зная дирекционный угол направления и приращения координат, определяют горизонтальную проекцию направления:

$$d_{AB} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{AB}}; \quad d_{AB} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{AB}}; \quad d_{AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$



**Обратная геодезическая задача** заключается в том, что при известных координатах точек  **$A(X_A, Y_A)$**  и  **$B(X_B, Y_B)$**  необходимо найти длину  **$S_{AB}$**  и направление линии  **$AB$** : румб  **$r_{AB}$**  и дирекционный угол  **$\alpha_{AB}$** .

# Связь между дирекционными углами предыдущей и последующей линий

Связь дирекционных углов двух линий с горизонтальным углом между ними. Пусть две линии 1-2 и 2-3 образуют между собой угол  $\beta_{пр}$  (рис. 10, в), лежащий справа по ходу. Если известны дирекционный угол стороны 1-2 и горизонтальный угол  $\beta_{пр}$ , то можно рассчитать дирекционный угол последующей стороны  $\alpha_{2-3}$ .

Согласно обозначениям рис. 10, в

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + \eta,$$

где  $\eta = 180^\circ - \beta_{пр}$ .

Тогда

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_{пр}. \quad (8)$$

Если известен горизонтальный угол  $\beta_{с}$ , лежащий слева по ходу полигона, то дирекционный угол  $\alpha_{2-3}$  определится:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + \eta,$$

где  $\eta = \beta_{с} - 180^\circ$ ;

отсюда

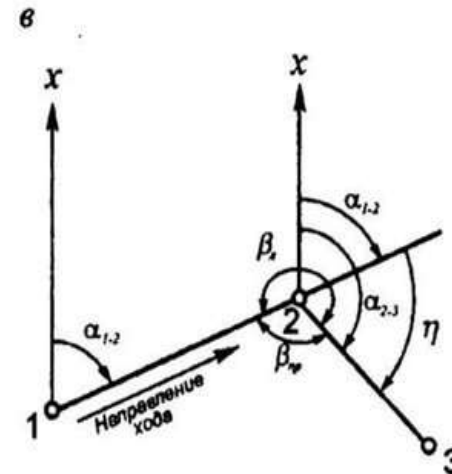
$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} - 180^\circ + \beta_{с}. \quad (9)$$

Полученные для конкретного случая формулы (8) и (9) справедливы для определения дирекционного угла любой последующей стороны. Тогда для общего случая можно записать:

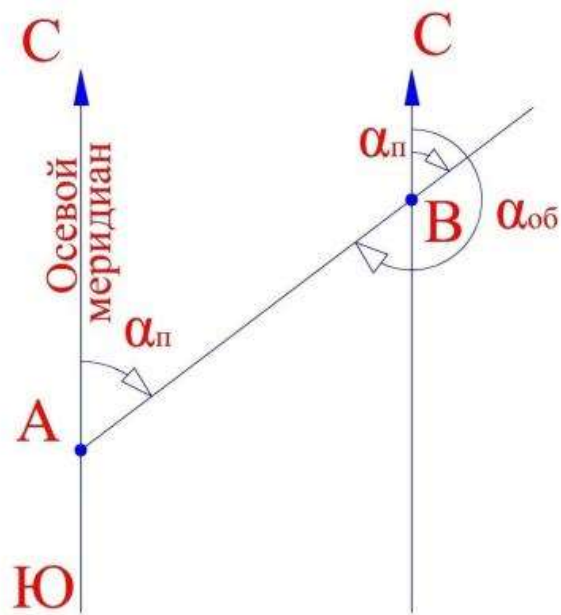
$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_{пр};$$

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - 180^\circ + \beta_{с}, \quad (10)$$

т. е. дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс (или минус)  $180^\circ$  минус правый (или плюс левый) по ходу измеренный горизонтальный угол.



## Прямые и обратные дирекционные углы



$$\alpha_{\text{обр}} = \alpha_{\text{пр}} \pm 180^\circ$$

## Геодезическая съемка

- 1. Сущность геодезической съемки. План, карта, профиль.
- 2. Рельеф. Основные формы рельефа.
- 3. Изображение рельефа на планах и картах.



# Геодезическая съемка. План, карта, профиль.

**Геодезическая съемка** – это комплексный и последовательный процесс измерений углов и расстояний на местности с дальнейшей их цифровой обработкой с целью получения детального плана или карты определенной территории. Исходя из конкретного запроса заказчика, необходимо отобразить на плане в заданном масштабе границы измеряемого участка и все объекты, расположенные на его поверхности. Также отображаются по результатам геодезической съемки коммуникации и сооружения, находящиеся под землей.

**В ходе выполнения измерений и их обработки складывается достоверная информация об участке:**

- характер рельефа и расположение высот,
- наличие и свойства растительности, дорог, водных объектов,
- расположений зданий и сооружений, подземных коммуникаций.

С помощью высокоточных сведений можно провести дальнейшую грамотную работу по проектированию объектов на территории, в том числе свести к минимуму неблагоприятные факторы и риски.

- **Что включает в себя геодезическая съемка?**

Основная задача геодезических работ на местности — получение координат определенных точек объектов.

Для ее решения в процессе съемки выполняется:

- выбор метода измерений (полярных или прямоугольных координат),
- пересчет из условной системы координат в геодезическую,
- составление плана по полученным координатам с учетом заданного масштаба.

## Для получения максимального и достоверного объема сведений в процессе геодезической съемки выделяются следующие этапы:

- **Подготовительный** – сбор информации об объекте и изучение его особенностей. Изначально необходимо отталкиваться от технического задания и исходной документации, которые предоставляются заказчиком. После чего делается анализ собранных данных и составляется предварительный план работ. На этом же этапе выдается и разрешение на проведение геодезических изысканий.
- **Полевой** – измерения непосредственно на местности. Построение геодезической сети и съемка ситуации сопровождаются ведением абриса. Кроме того порядок действий четко регламентирован нормативными документами и строго соблюдается. Обязательно осуществляется привязка к пунктам геодезической сети. Именно в полевых условиях выполняют предварительную обработку измерений на предмет поиска грубых ошибок и проверки соответствия других параметров съемки техническому заданию.
- **Камеральный** – обработка всех полученных с полевого этапа материалов. После их анализа и проверки точности составляется план измеренного участка в условных знаках и определенном масштабе. Все документы формируются в общий технический отчет и передаются заказчику.

## **Классификация геодезических съемок**

- **По способу использования различных инструментов для измерений выделяют:**
- наземные съемки,
- аэрофотосъемки (выполняются с самолетов),
- комбинированные съемки (наземная + аэрофотосъемка),
- космические съемки (выполняются с помощью спутников).

**Наземные съемки также подразделяются в зависимости от цели итогового результата и сферы их применения на:**

- топографические,
- фасадные,
- исполнительные (контрольные),
- разбивочные, поэтажные, вертикальные,
- специальные виды съемок.

Такие съемки заказываются для проектов строительства и благоустройства, кадастра и землеустройства, решения юридических споров и многих других вопросов.

## **Какие инструменты используются для проведения геодезических съемок?**

**На выбор конкретных приборов влияют такие факторы:**

- вид, цель и точность съемки,
- объем и сроки выполнения работ.

Для измерения углов в ряде случаев до сих пор продолжают использовать обычные оптические теодолиты. В стандартный комплект оборудования также входят – нивелир, рулетка, штатив, вехи с отражателями. Обработка измерений при этом происходит вручную по формулам на инженерных калькуляторах.

Современные технологии реализованы в специализированных инструментах: тахеометрах, цифровых нивелирах, GPS-приемниках. Они позволяют повысить производительность процесса съемки и облегчить дальнейшие вычисления. Проводимые полевые измерения записываются в память прибора, которые потом удобно переносятся в программу обработки.

**Какие программы применяются для обработки измерений?**

**В геодезии проводят 2 вида измерений:**

- прямые – получаются непосредственным измерением – длины линий, расстояния,
- косвенные – определяются вычислениями по формулам, относительно исходных прямых измерений.

В зависимости от применения определенных геодезических инструментов обработку измерений, полученных в ходе полевых работ, можно выполнить двумя способами:

- с помощью программ общего применения.

Например, Microsoft Excel (электронные таблицы). В ней содержится набор различных формул, и ей оптимально пользоваться при простых вычислениях и небольшом объеме данных.

- с помощью специализированных программ.

# В каком виде можно получить результаты геодезической съемки?

- По завершению съемочных и камеральных работ оформляется технический отчет.

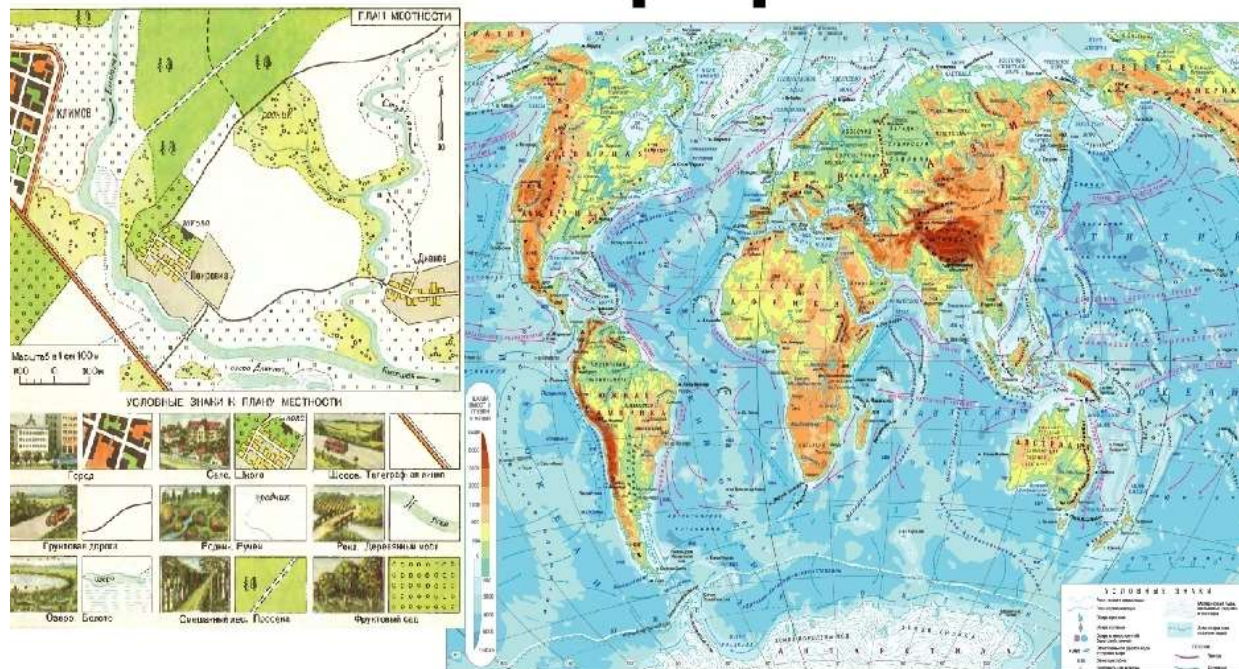
Он состоит из ведомостей измерений и вычислений, каталога координат, а также плана местности. На плане в условных знаках подробно отображаются все характеристики и особенности ситуации (рельефа, состояния дорог, положения различных объектов, твердые и нетвердые точки). План создается в графическом и электронном форматах с учетом заданной точности по техническому заданию заказчика.

К отчету прикладываются и дополнительные документы – абрисы, полевые журналы, схемы привязки, чертежи. Для отдельных проектов требуется обязательное согласование полученных съемочных материалов и плана с органами власти, организациями по эксплуатации объектов или смежными владельцами земельных участков по их границам.

В дальнейшем план служит основой для любых действий, например, для: постановки земельного участка на кадастровый учет, строительства или реконструкции объекта на измеренной территории, проведения работ на участке по благоустройству и ландшафтному дизайну, разработки рекомендаций по освоению территории или проектов по рекультивации земель.



# План и географическая



# Отличие плана от карты



- Масштаб крупный
- Изображена небольшая территория
- Подробно наносятся все географические объекты
- Отсутствует градусная сеть. Направление на север отображают стрелкой



- Масштаб мелкий
- Может быть изображен и целый земной шар
- Отображаются наиболее существенные объекты
- Стороны горизонта определяют по нанесенным параллелям и меридианам



- **План** – чертеж, на котором в уменьшенном и подробном виде изображается горизонтальная проекция небольшого участка местности.
- **Карта (план) объекта землеустройства** – документ который отображает в графической и текстовой формах точное местоположение, размер и границы объекта землеустройства, а также ряд иных его характеристик.

Изготавливается карта (план), как правило, для границ территориальных зон, зон с особым использованием территории, а так же используется при внесении в государственный кадастр объектов недвижимого имущества сведений о границах муниципальных образований. Форма данной землеустроительной документации определяется Постановлением Правительства РФ № 621 от 30.07.2009 г.

- **Карта** — уменьшенное и искаженное, вследствие влияния кривизны Земли, изображение горизонтальной проекции значительной части или всей земной поверхности, построенное по определенным математическим законам.
- Карта - уменьшенное, обобщенное, условно-знаковое изображение Земли, других планет или небесной сферы, построенное по математическому закону (т.е. в масштабе и проекции).
- Картография — наука о картах как особом способе изображения действительности, их создании и использовании.

Классификация карт по масштабу.

4 основные группы:

- - планы – 1: 5 000 и крупнее
- - крупномасштабные – 1: 10 000 - 1: 200 000;
- - среднемасштабные – 1: 200 000 до 1: 1 000 000 включительно;
- - мелкомасштабные – мельче 1: 1 000 000.

Такое деление принято в России для географических карт, но оно не универсально.

Профилем местности называется чертеж, на котором изображается в уменьшенном виде сечение вертикальной плоскостью поверхности Земли по заданному направлению.

## Рельеф. Основные формы рельефа.

- **Рельеф** – форма физической поверхности Земли, рассматриваемая по отношению к её уровенной поверхности.
- **Рельефом** называется совокупность неровностей суши, дна океанов и морей, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. При проектировании и строительстве железных, автомобильных и других сетей необходимо учитывать характер рельефа – горный, холмистый, равнинный и др.



# К основным формам рельефа относятся:

- **Гора** — это возвышающаяся над окружающей местностью конусообразная форма рельефа. Наивысшая точка её называется вершиной. Вершина может быть острой — пик, или в виде площадки — плато. Боковая поверхность состоит из скатов. Линия слияния скатов с окружающей местностью называется подошвой или основанием горы.
- **Котловина** — форма рельефа, противоположная горе, представляющая собой замкнутое углубление. Самая низкая точка её — дно. Боковая поверхность состоит из скатов; линия их слияния с окружающей местностью называется бровкой.
- **Хребет** — это возвышенность, вытянутая и постоянно понижающаяся в каком — либо направлении. У хребта два склона; в верхней части хребта они сливаются, образуя водораздельную линию, или водораздел.

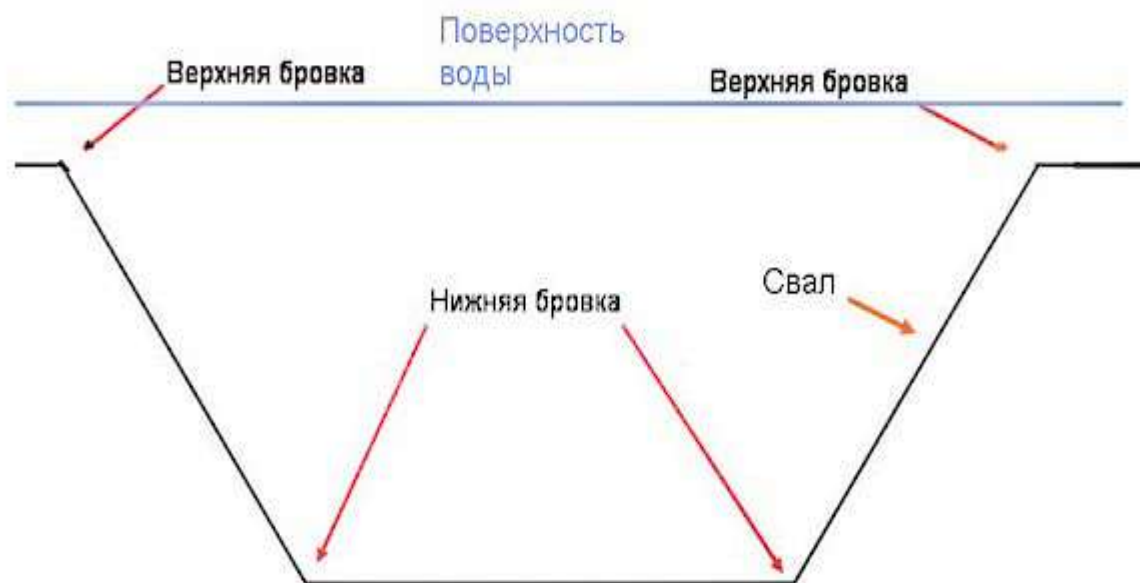
# Части горы

вершина

склон

подошва





- **Лощина** – форма рельефа, противоположная хребту и представляющая вытянутое в каком – либо направлении и открытое с одного конца постоянно понижающееся углубление.
- Два ската лощины; сливаясь между собой в самой низкой части её образуют водосливную линию или [тальвег](#), по которой стекает вода, попадающая на скаты.
- Разновидностями лощины являются долина и овраг: первая является широкой лощиной с пологими задернованными скатами, вторая – узкая лощина с крутыми обнаженными скатами.
- Долина часто бывает ложем реки или ручья.

- **Седловина** – это место, которое образуется при слиянии скатов двух соседних гор. Иногда седловина является местом слияния водоразделов двух хребтов.
- От седловины берут начало две лощины, распространяющиеся в противоположных направлениях. В горной местности через седловины обычно пролегают дороги или пешеходные тропы; поэтому седловины в горах называют перевалами.





Кривая линия, соединяющая все точки местности с равными отметками, называется **горизонталью**.

- При решении ряда инженерных задач необходимо знать свойства горизонталей:
- 1. Все точки местности, лежащие на горизонтали, имеют равные отметки.
- 2. Горизонтали не могут пересекаться на плане, поскольку они лежат на разных высотах. Исключения возможны в горных районах, когда горизонталями изображают нависший утес.
- 3. Горизонтали являются непрерывными линиями. Горизонтали, прерванные у рамки плана, замыкаются за пределами плана.
- 4. Разность высот смежных горизонталей называется **высотой сечения рельефа** и обозначается буквой ***h***.



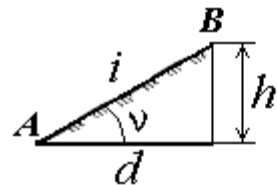
- Высота сечения рельефа в пределах плана или карты строго постоянна. Её выбор зависит от характера рельефа, масштаба и назначения карты или плана. Для определения высоты сечения рельефа иногда пользуются формулой

$$h = 0,2 \text{ мм} \cdot M,$$

где ***M*** – знаменатель масштаба.

- Такая высота сечения рельефа называется нормальной.
- 5. Расстояние между соседними горизонталями на плане или карте называется **заложением ската** или **склона**. Заложение есть любое расстояние между соседними горизонталями, оно характеризует крутизну ската местности и обозначается ***d***.

- Вертикальный угол, образованный направлением ската с плоскостью горизонта и выраженный в угловой мере, называется углом наклона ската  $\nu$ . Чем больше угол наклона, тем круче скат.

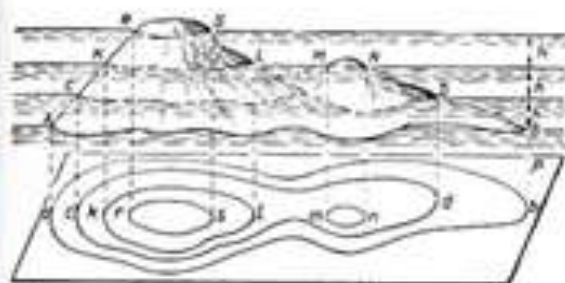


$$\rightarrow i = \frac{h}{d} = \operatorname{tg} \nu \rightarrow d = h \cdot \operatorname{ctg} \nu$$

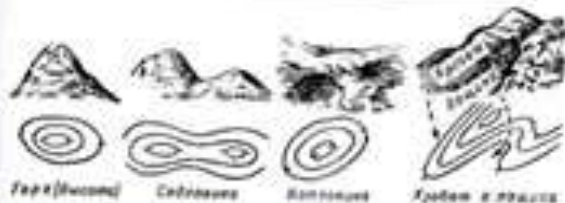
- Другой характеристикой крутизны служит уклон  $i$ . Уклоном линии местности называют отношение превышения к горизонтальному проложению. Из формулы следует, что уклон безразмерная величина. Его выражают в сотых долях (%) или тысячных долях – промиллях (‰).

## Горизонтали местности

Горизонталь — это линия на карте, соединяющая точки с равными высотами.



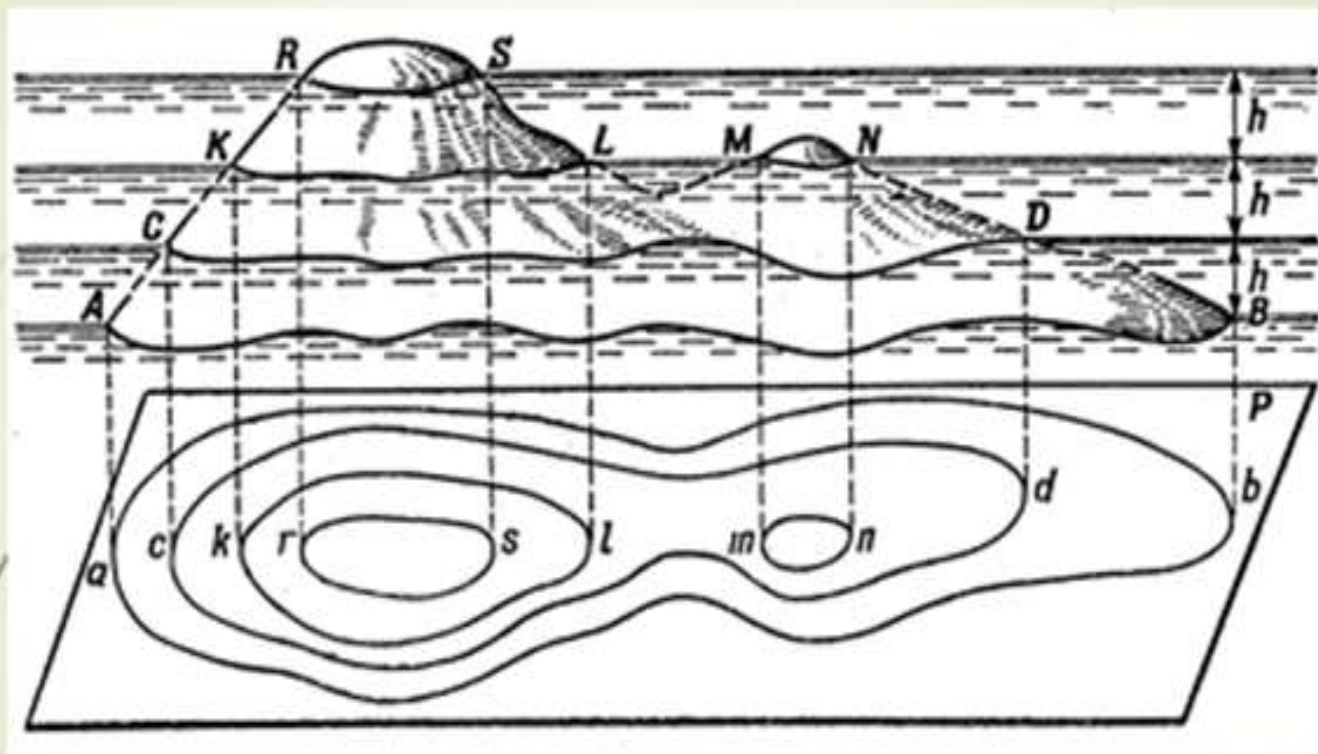
Горизонтالي (изогипсы) — это линии на карте, соединяющие точки земной поверхности с одинаковой абсолютной высотой и в совокупности передающие форму рельефа



### Свойства горизонталей:

- 1) Горизонталь — линия равных высот, то есть все её точки имеют одинаковую высоту.
- 2) Горизонталь должна быть непрерывной плавной линией.
- 3) Горизонтали не могут раздваиваться и пересекаться.
- 4) Расстояние между горизонталями (заложение) характеризует крутизну ската. Чем меньше расстояние, тем круче скат.
- 5) Водораздельные и водосборные линии горизонтали пересекают под прямым углом.
- 6) В случаях, когда заложение превышает 25 мм, проводят дополнительные горизонтали (полугоризонтالي) в виде штриховой линии.
- 7) При окончательном оформлении плана выполняют некоторое сглаживание горизонталей в соответствии с общим характером рельефа.

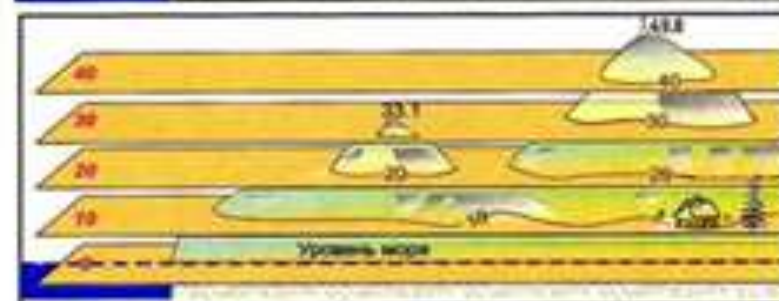
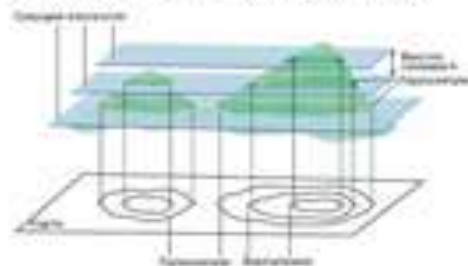
# СУЩНОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ РЕЛЬЕФА ГОРИЗОНТАЛЯМИ



1. Все точки, лежащие на одной горизонтали, имеют одинаковую высоту.
2. Чем больше горизонталей на скате, тем он выше.
3. Чем скат круче, тем меньше заложение.

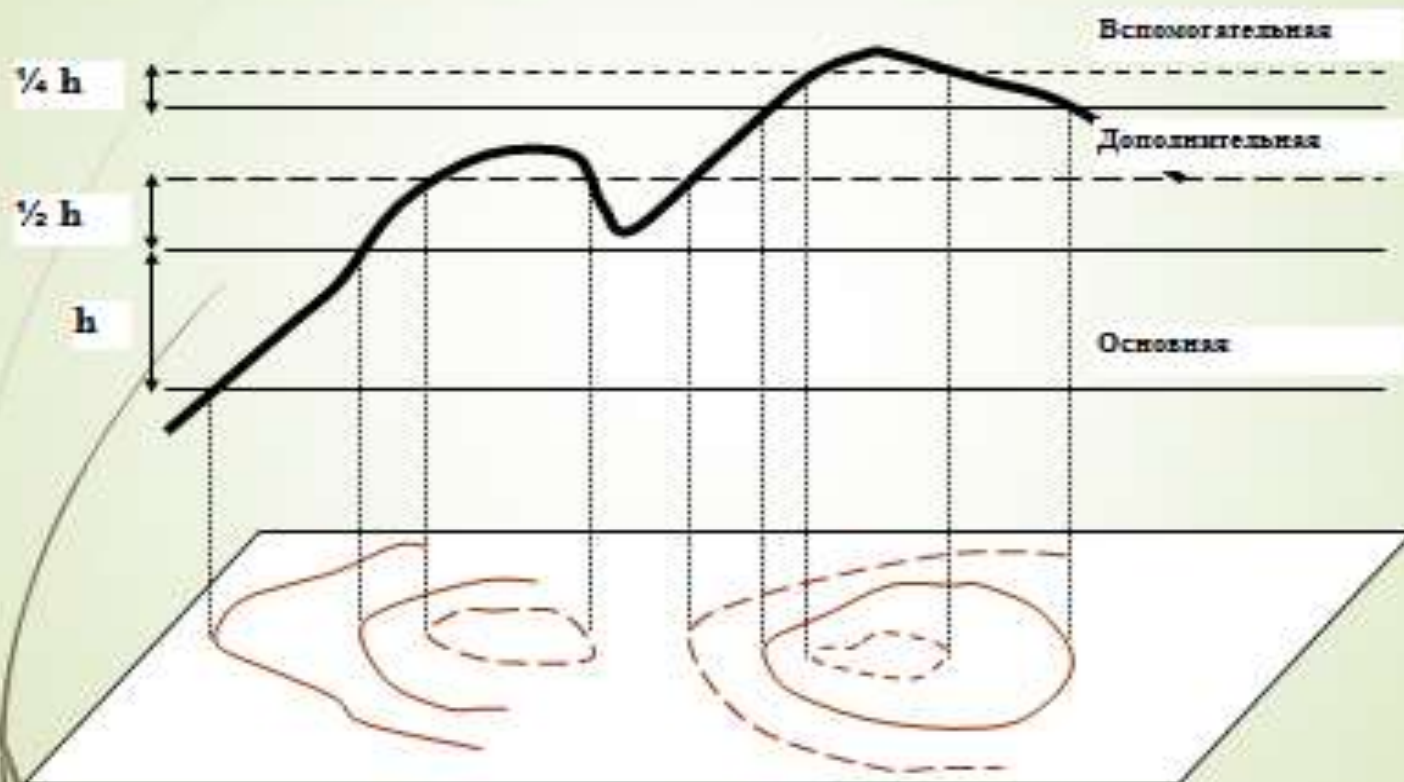
## Суть способа горизонталей

При нанесении рельефа на карту используют такой показатель, как сечение рельефа. Цифры сечения рельефа указывают на вертикальный интервал по высоте между соседними контурами сечения – горизонталями





# ВИДЫ ГОРИЗОНТАЛЕЙ



# ТИПОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

Гора



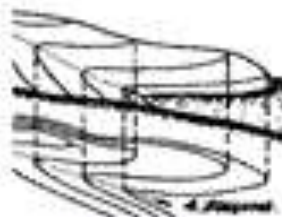
Котловина



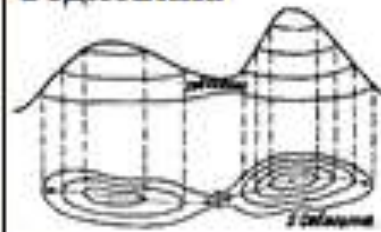
Хребет



Лощина

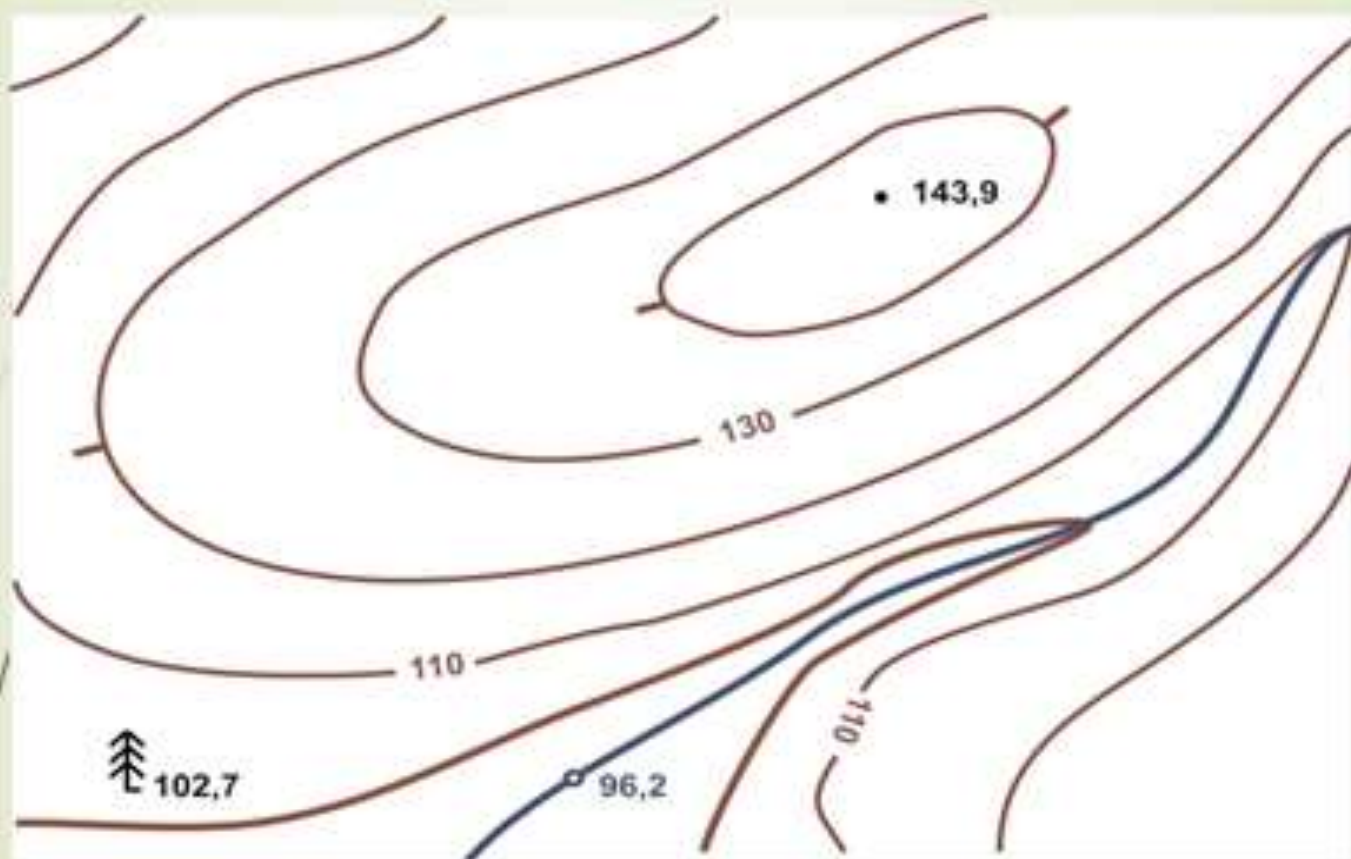


Седловина





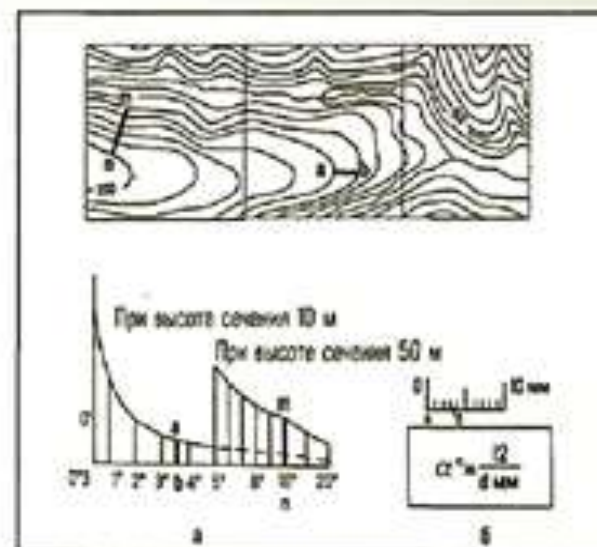
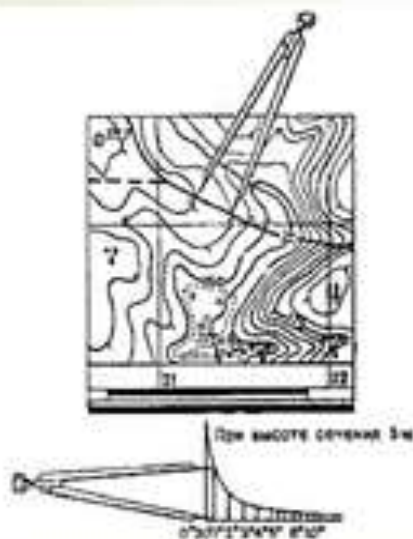
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ СКАТОВ



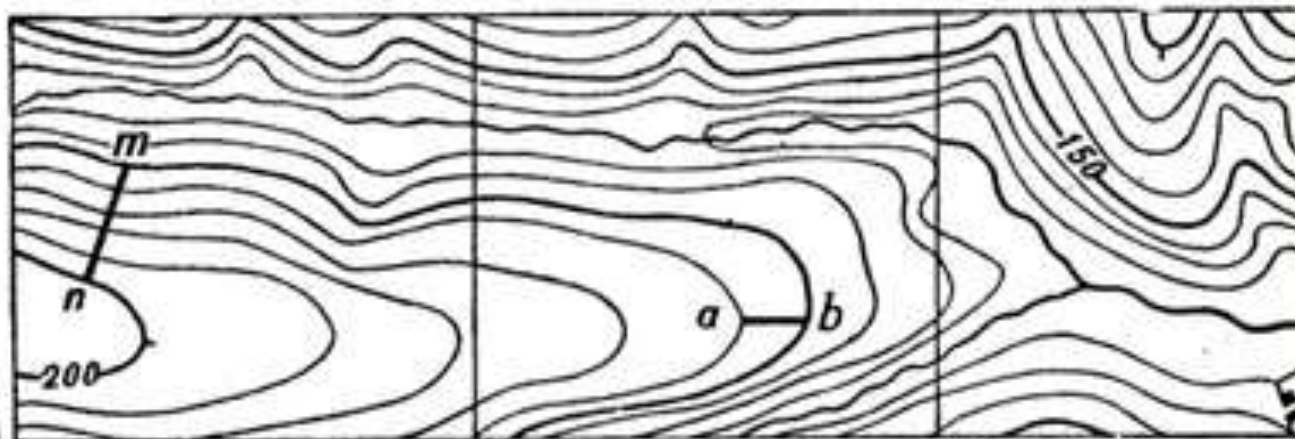
# Определение крутизны склона по шкале заложений

$$i = \frac{h}{d} 100$$

где  $h$  – высота сечения рельефа, м;  
 $d$  – заложение, м.

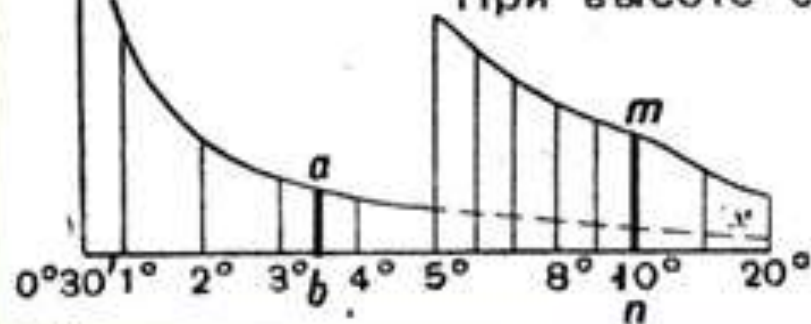


## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТИЗНЫ СКАТОВ ПО ШКАЛЕ ЗАЛОЖЕНИЯ

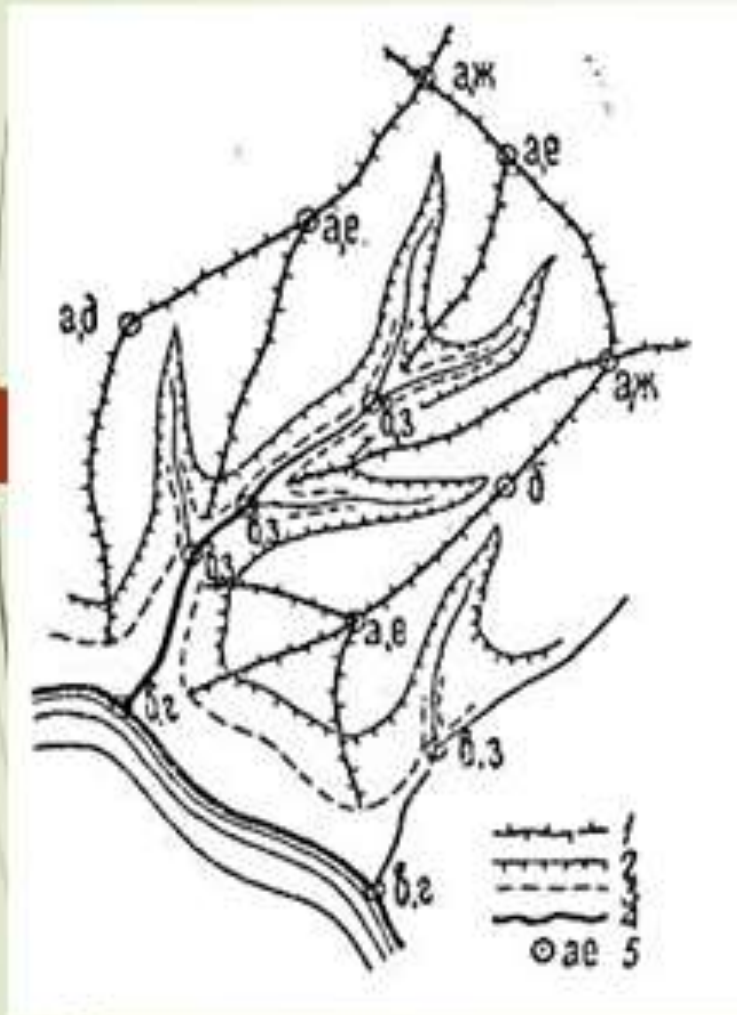


При высоте сечения 10 м

При высоте сечения 50 м



# Каркасные линии рельефа



Каркасные элементы рельефа. Линии:

- 1 — водораздельные;
- 2 — бровки;
- 3 — подножия;
- 4 — тальвеги;
- 5 — точки и их индексы;
- а — вершинные;
- б — седловинные;
- в — донные;
- г — устьевые;
- д — поворотные;
- е — развилочные;
- ж — пересечения;
- з — слияния



- вспомогательная горизонталь
- бергштрих
- высота горизонтали над уров. моря
- земной обрыв
- земной вал
- маленький земной вал
- промоина
- сухая канва
- бугор
- микробугорок
- продолговатый микробугорок
- яма
- микрояма
- воронка
- микронеровности
- особый объект рельефа

поверхности  
 посредством  
 кривых линии  
 дополненных с  
 небольших бугро



## Способы изображения рельефа на топографических картах и планах

**Способ  
горизонталей**



**Отмывка  
цветом**



**Способ  
штриховки**

