

## ЛЕКЦИЯ 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ГЕОДЕЗИИ

### 2.1. Системы прямоугольных и географических координат.

На поверхности эллипсоида вращения положение точки определяется геодезическими координатами - геодезической широтой  $B$  и геодезической долготой  $L$  (рис.3).

**Геодезическая широта точки  $B$**  - это угол, образованный **нормалью** к поверхности эллипсоида в этой точке и плоскостью экватора.

Широты бывают северные и южные и изменяются от  $0$  до  $90^0$ .

**Геодезическая долгота точки  $L$**  - это **двугранный угол** между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана точки.

Долготы - западные и восточные от  $0$  до  $180^0$  (от Гринвича на запад и на восток).

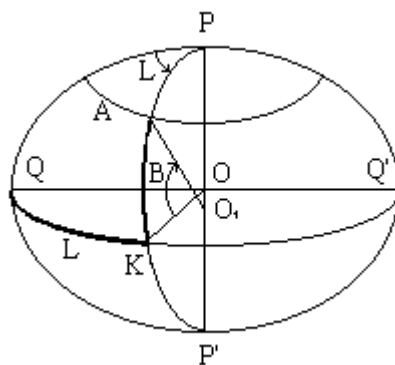
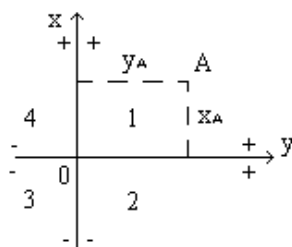


Рис.3

Система **плоских прямоугольных координат** является производной от зональной системы координат Гаусса-Крюгера, и образуется двумя взаимноперпендикулярными прямыми линиями, называемыми осями координат; точка их пересечения называется началом или нулем системы координат. Ось абсцисс -  $OX$ , ось ординат -  $OY$ .

Положение точки в прямоугольной системе однозначно определяется двумя координатами  $X$  и  $Y$ ; координата  $X$  выражает расстояние точки от оси  $OY$ , координата  $Y$  - расстояние от оси  $OX$ .



## 2.2. Абсолютные и относительные высоты точек.

Две координаты - широта и долгота - определяют положение точки на поверхности сферы или эллипсоида. Для определения положения точки в трехмерном пространстве нужно задать ее третью координату, которой в геодезии является **высота**.

**Высотой точки** называют расстояние по отвесной линии от этой точки до уровенной поверхности, принятой за начало счета высот а ее численное значение - **отметкой**.

Обычно высоту точки определяют относительно уровенной поверхности океана (геоида). В нашей стране счет высот ведется от уровенной поверхности, соответствующей среднему уровню Балтийского моря; эта система высот называется Балтийской.

Высоты бывают *абсолютные* и *относительные*.

**Абсолютные высоты**, отсчитываются от исходной уровенной поверхности-среднего уровня океана или моря, в РФ – это нуль Кронштатского футштока – горизонтальная черта на медной пластине, прикрепленной к устью моста через обводной канал, в г. Кронштате.

**Относительной высотой** или **превышением** точки называется разность высот точек, которое обозначается буквой *h*. Превышение может быть положительным или отрицательным.

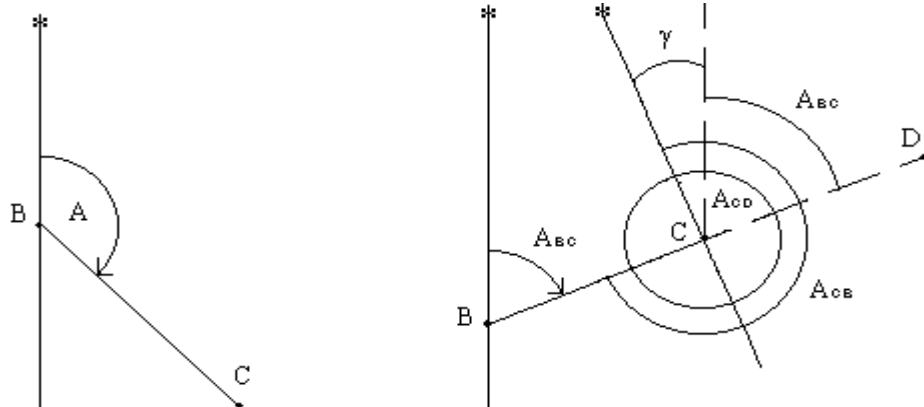
Высоты точек в геодезии обозначаются буквой *H*. Высоты точек земной поверхности преимущественно положительные и лишь для точек, расположенных ниже уровенной поверхности океана отрицательные, например на Каспийской низменности.

### 2.3. Ориентирование линий.

Ориентировать линию – это значит определить ее положение относительно меридиана.

Напомним, что **меридиан** – это есть след от сечения земной поверхности плоскостью, проходящей через точку на поверхности и ось вращения Земли. При ориентировании относительно истинного или географического меридиана нужно определить угол между исходным направлением и направлением данной линии, который называется *истинный азимут*.

**Истинный (географический) азимут** – угол, который отсчитывается по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана точки до данной линии. Он обозначается буквой *A* (рис.1.11). Пределы изменения истинного азимута от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .



Азимут прямой линии в разных ее точках имеет разные значения, так как меридианы на поверхности сферы непараллельны между собой. Проведем линию BC и меридианы в точках B и C (рис.2). Азимут  $\alpha$  этой линии в точке C отличается от азимута линии в точке B на величину  $\gamma$  - *сближения меридианов* точек B и C:

$$A_{CD} = A_{BC} + \gamma \quad (1)$$

В геодезии различают прямое и обратное направление линии. Например, в точке C линии BD прямое направление - направление CD, обратное направление - направление CB. Прямой и обратный азимут линии в одной точке различаются ровно на  $180^\circ$ , однако, для разных точек линии это равенство не выполняется. Пусть BC - прямое направление линии в ее начале (в точке B),  $A_{BC}$  - азимут прямого направления; CB - обратное направление линии в ее конце (в точке C),  $A_{CB}$  - азимут обратного направления, тогда

$$A_{CB} = A_{BC} + 180^\circ + \gamma \quad (2)$$

В системе прямоугольных координат углами ориентирования являются дирекционные углы.

*Дирекционным углом линии называется угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана зоны до направления линии;*

он обозначается буквой  $\alpha$  (рис.3). Пределы изменения дирекционного угла от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

Поскольку направление осевого меридиана для зоны одно, то дирекционный угол прямой линии одинаков в разных ее точках, а обратный дирекционный угол прямой линии отличается от прямого ровно на  $180^\circ$ :

$$\lambda_{CB} = \lambda_{BC} + 180^\circ \quad (7)$$

Связь истинного (географического) азимута и дирекционного угла одной и той же прямой линии выражается формулой:

$$A = \alpha + \gamma \quad (8)$$

где  $\gamma$  - сближение меридианов в точке начала линии.

направлению магнитного меридиана. *Направлением магнитного меридиана называют линию, получающуюся в пересечении вертикальной плоскости, проходящей через полюс магнитной стрелки, с горизонтальной плоскостью.*

**Магнитным азимутом** называется угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана точки до направления линии; он обозначается буквой  $A_M$ . Пределы изменения магнитного азимута от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

Направление ВС характеризуется двумя ориентирными углами: истинным азимутом и магнитным азимутом; из рис.5 видно, что

$$A = A_M + \delta \quad (9)$$

Учитывая формулу связи географического азимута и дирекционного угла линии (8), можно написать:

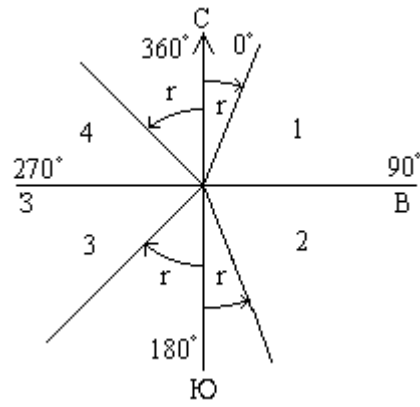
$$A = A_M + \delta = \alpha + \gamma_\Gamma \quad (10)$$

$$\alpha = A_M + \delta - \gamma_\Gamma = A_M + \Pi \quad (11)$$

где  $\Pi$  - поправка за склонение магнитной стрелки и сближение меридианов.

Кроме географического и магнитного азимутов и дирекционного угла к ориентирным углам относятся также румбы.

*Румб - это острый угол отсчитываемый от ближайшего направления меридиана до направления линии; он обозначается буквой  $r$ .* Пределы изменения румба от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ .



1 четверть  $r = a$  ;  $a = r$ ;

2 четверть  $r = 180^\circ - a$ ;  $a = 180^\circ - r$ ;

3 четверть  $r = a - 180^\circ$  ;  $a = 180^\circ + r$ ; (1.22)

4 четверть  $r = 360^\circ - a$ ;  $a = 360^\circ - r$ .

## 2.4. Рельеф местности.

Совокупность неровностей на земной поверхности называется **рельефом**.

Несмотря на большое разнообразие неровностей земной поверхности, можно выделить основные формы рельефа: *гора, котловина, хребет, лощина, седловина*.

*Гора (или холм)* - это возвышенность конусообразной формы. Гору высотой менее 200 м называют *холмом*. Она имеет характерную точку - *вершину*, *боковые скаты* (или склоны) и характерную линию - *линию подошвы*. Линия подошвы - это линия слияния боковых скатов с окружающей местностью. На скатах горы иногда бывают горизонтальные площадки, называемые *уступами*.

*Котловина* - это углубление конусообразной формы. Котловина имеет характерную точку - *дно*, боковые скаты (или склоны) и характерную линию - *линию бровки*. *Линия бровки* - это линия слияния боковых скатов с окружающей местностью.

*Хребет* - это возвышенность удлиненной формы. Он имеет характерные линии: линию вдоль хребта, проходящую по самым высоким точкам, называют *линией водораздела*, и две линии подошвы.

*Лощина* - это вытянутое и постепенно понижающееся углубление. Лощина имеет характерные линии: одну линию *водослива* (или *линию тальвега*), которая проходит по самым низким точкам лощины, и две линии *бровки*.

*Седловина* - это небольшое понижение между двумя соседними горами; как правило, седловина является началом двух лощин, понижающихся в противоположных направлениях. Седловина имеет одну характерную точку - *точку седловины*, располагающуюся в самом низком месте седловины.

*Способ горизонталей*. *Горизонталь* - след, получающийся от сечения земной поверхности уровнями поверхностью. Сущность способа горизонталей можно понять из рис.1

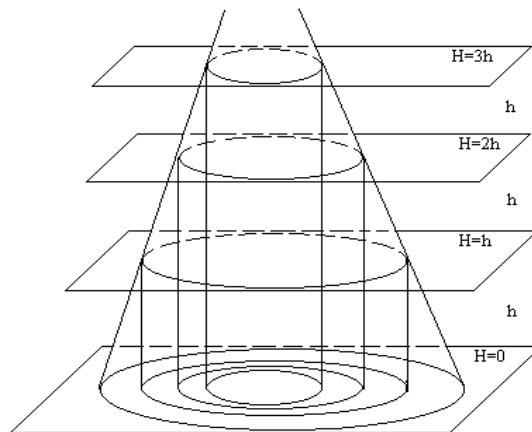


Рис. 1.

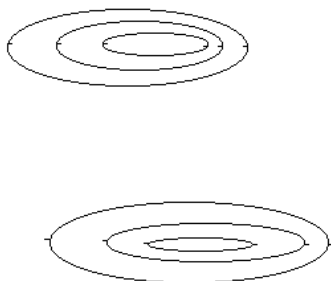
Мысленно рассечем участок местности горизонтальной плоскостью на высоте  $H$ . Линия пересечения этой плоскости с поверхностью Земли называется *горизонталью*. *Горизонталь на местности* - это замкнутая кривая линия, все точки которой имеют одинаковые высоты.

Для того, чтобы изобразить горизонталями рельеф участка местности, нужно расчесть его не одной, а несколькими горизонтальными плоскостями, расположенными на одинаковом расстоянии по высоте одна от другой. Это расстояние называется *высотой сечения рельефа* и обозначается буквой *h*. На местности горизонтали не пересекаются, так как они лежат в разных параллельных плоскостях.

**Свойства горизонталей:**

1. горизонтали никогда не пересекаются;
2. все точки на горизонтали имеют одинаковую высоту;
3. высота горизонтали кратна высоте сечения рельефа;
4. чем круче скат, тем гуще горизонтали.

Все основные формы рельефа имеют свой рисунок горизонталей; при этом и гора и котловина изображаются системами замкнутых горизонталей (рис.2). Чтобы различить эти формы рельефа, а также для некоторых других целей на карте принято показывать направление скатов вниз; для этого применяются



*бергштрихи* - короткие штрихи, перпендикулярные горизонталям и направленные по скату вниз.

Рис.2

Для выражения характерных особенностей рельефа рекомендуется проводить полугоризонталю и четвертьгоризонталю; они проводятся штриховыми линиями через половину и четверть сечения рельефа на отдельных участках карты (где расстояние между основными горизонталями слишком большое).

Каждая пятая основная горизонталь при  $h = 1, 2, 5, 10$  м и каждая четвертая при  $h = 0.5$  и  $2.5$  м утолщаются. Отметки некоторых горизонталей на карте подписывают, ориентируя основания цифр вниз по склону.

Уклоном линии ( $i$ ) – называю отношение превышения  $h$  между точками к горизонтальному проложению между ними.

$$i = \frac{h}{a} \quad (1) \quad i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{a} \quad (2)$$

Измерив на карте отрезок  $a$  и зная высоту сечения рельефа  $h$ , по формуле (2) можно вычислить уклон линии (тангенс угла наклона), а затем и сам угол наклона  $\nu$ .

Уклон линии может быть положительным или отрицательным в зависимости от знака превышения.

Например,  $h=+2,5$  м ,  $a=60,5$  м  $i=+2,5/60,5=+0,0413$   $\nu = 2^{\circ} 22'$ .

Уклон обычно выражают в процентах или промилле (промилле - это тысячная часть целого). В данном случае уклон равен +41,3 промилле или 4,13%.

Пользуясь уклоном можно вычислить высоту точки В, зная высоту точки А, уклон и горизонтальное проложение линии АВ.

Напомним, что превышение  $h$  – это есть разность высот точек, и оно равно произведению уклона на горизонтальное проложение.т.е.

$$h_{AB}=H_B-H_A=is$$

Отсюда

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + is \quad (4)$$

Определение высоты точки В, лежащей между горизонталями (рис.5 а ).

Пример.  $h=2,5$  м;  $H_A=122,5$  м;  $AC=136$  м;  $s=76$  м.

$$H_B=122,5+\frac{2,5}{136}76=122,5+1,40=123,9 \text{ м.}$$