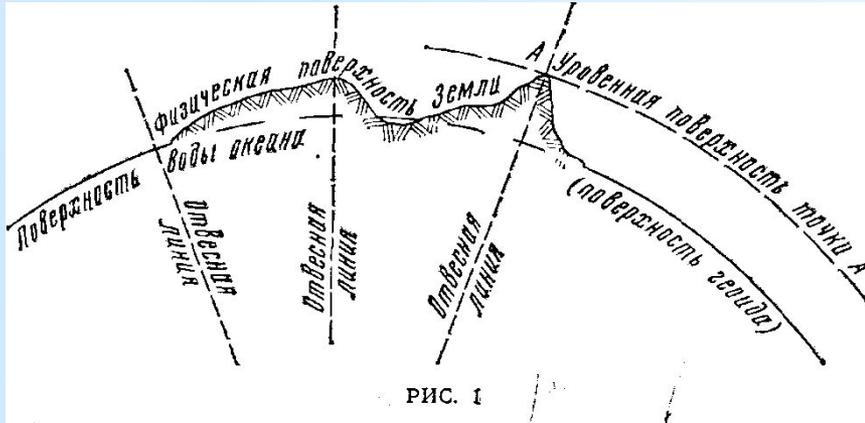


\* *Геодезия* - это наука о том, как производить измерения на поверхности земли, которые проводятся с целью изучения форм и размеров Земли, а также для изображения всей планеты и ее частей на планах и картах. Геодезия и картография изучают процессы и методы создания и использования разнообразных карт. Фотограмметрия занимается решением задач измерения по космическим и аэрофотоснимкам для разнообразных целей, например для обмеров сооружений и зданий, для получения планов и карт и прочее. Прикладная, или инженерная, геодезия изучает целый комплекс геодезических работ, которые выполняются при строительстве, изысканиях и эксплуатации разнообразных сооружений и



## \* Понятия о формах и размерах Земли



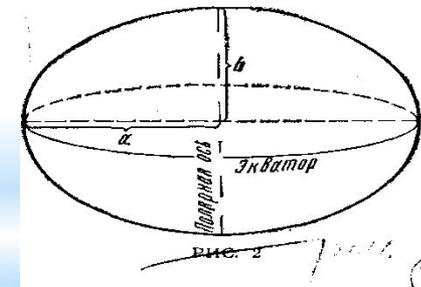
Под фигурой Земли понимают поверхность воды океанов в спокойном состоянии, мысленно продолженную под материками. Такая поверхность называется **уровенной**, которая в каждой своей точке перпендикулярна к отвесной линии (направлению силы тяжести)

Тело, образованное уровенной поверхностью называется **геоидом**.

Тело, получающееся от вращения эллипса вокруг его малой (полярной) оси называют **эллипсоидом вращения**.

Чтобы земной эллипсоид ближе подходил к геоиду, его необходимо соответственно расположить в теле Земли, т.е. **сориентировать**.

Такой эллипсоид называется **референц-эллипсоидом**.



Большая полуось  $a = 6378245$  м

Малая полуось  $b = 6356863$  м,

Радиус  $R = 6371,11$  км

Полярное сжатие  $= 1: 298,3$ .

- Т.к. Земля не является твердым телом, ее форма определяется соотношением сил

$$\overline{F} \text{ и } \overline{C}$$

I-е приближение – **сфера** ( $r_1 = r_2$ ),

II-е приближение – **эллипсоид**,

$$r_2 - r_1 \approx 20 \text{ км}$$

III-е приближение – **геоид** - эквипотенциальная поверхность, которая расходится с эллипсоидом до 100 м. Эта поверхность выражается формулой Клеро.

$$g_\varphi = g_e (1 + \beta \cdot \sin^2 \varphi)$$

где:  $g_e$  - сила тяжести на экваторе,

$g_\varphi$  - сила тяжести на широте  $\varphi$ ,

$\beta$  - коэффициент.

## Форма Земли

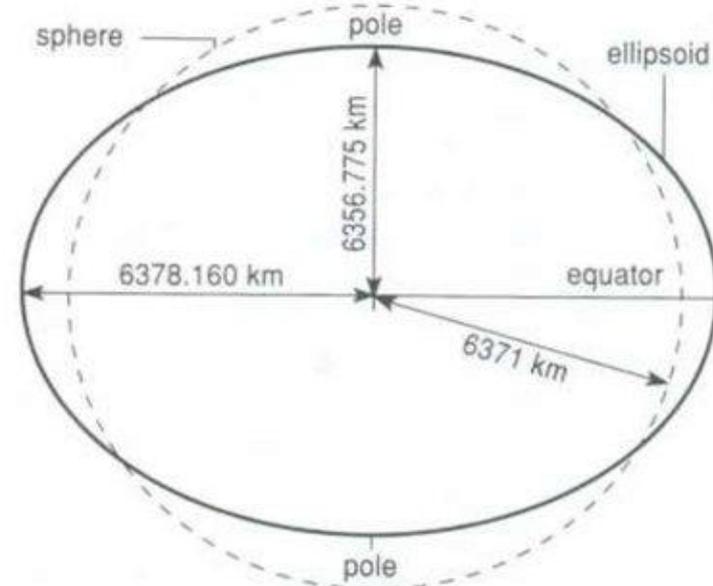


Figure 9.17 Shape of the Earth.

Взаимное положение физической поверхности Земли, геоида и земного эллипсоида.

- Пов-ть геоида совпадает с невозмущенной пов-ю океана «уровень моря». На континентах – мысленно проройте глубокие каналы – ур-нь воды.

**Форма:** на полюсах  $g_p$  увеличивается на 1/549 от  $g_e$ .

**Вращение:** на полюсах  $g_p$  увеличивается на 1/288 от  $g_e$ .

**Суммарно:**  $g_e \approx 9.78 \frac{M}{c^2}$   $g_p \approx 9.83 \frac{M}{c^2}$



*\* В процессе своего развития геодезия  
разделилась на ряд самостоятельных  
научных дисциплин*

- \* высшую геодезию,
- \* геодезию,
- \* инженерную геодезию,
- \* картографию,
- \* фотограмметрию
- \* космическую геодезию

**\* Основными задачами инженерной геодезии при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различных сооружений являются:**

**- получение геодезических данных (геодезические измерения) при разработке проектов строительства сооружений (инженерно-геодезические изыскания);**

**- определение на местности основных осей и границ сооружений в соответствии с проектом строительства (разбивочные работы);**

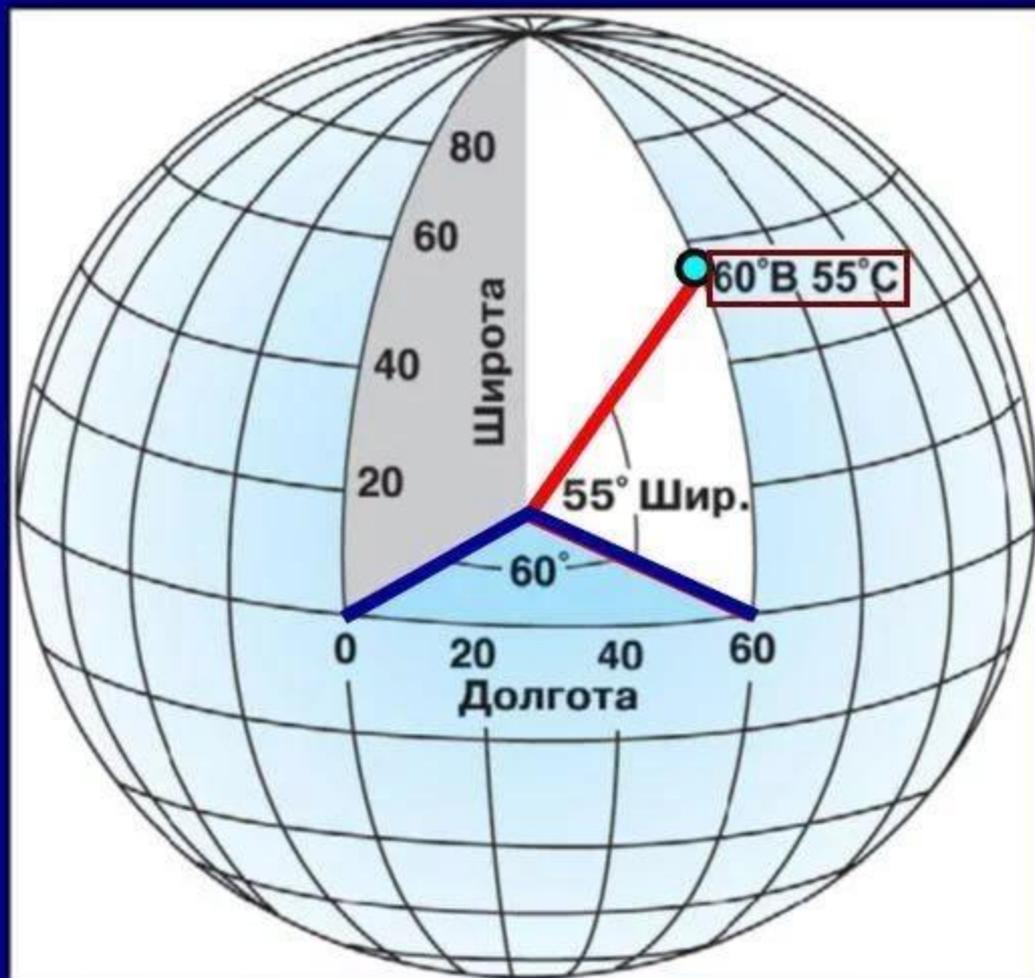
**обеспечение в процессе строительства геометрических форм и размеров элементов сооружения в соответствии с его проектом, геометрических условий установки и наладки технологического оборудования;**

**- определение отклонений геометрической формы и размеров возведенного сооружения от проектных (исполнительные съемки);**

**изучение деформаций (смещений) земной поверхности под сооружением, самого сооружения или его частей под воздействием природных факторов и в результате действий человека.**

**-**

# Географические координаты



**широта** – угол, измеренный между данной точкой и экватором по меридиану.

Широта принимает значения от -90 (южный полюс) до +90 (северный полюс).

(1 секунда широты ~ 30 м 1 мин. = 1 морской мили 1 град. ~111 км.)

**долгота** – угол в экваториальной плоскости между меридианом точки и начальным меридианом.

Для большинства географических систем координат нулевой меридиан это линия долготы, проходящая через обсерваторию Гринвич в Англии.

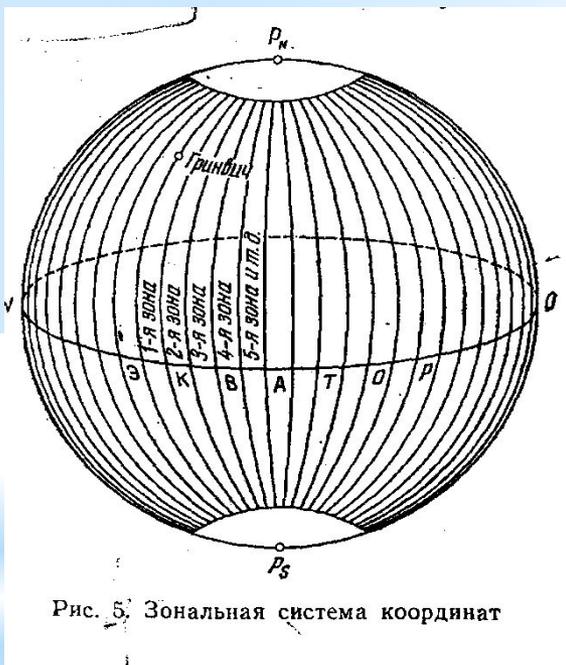
(1 градус долготы по экватору ~ 111 км, на широте 45° ~ 79 км)

Значения широты и долготы, как правило, измеряются либо в десятичных градусах, либо в градусах, минутах, секундах (**DMS**). Используя широту и долготу, можно вычислить расстояние по большому кругу между двумя точками (если принять, что земля – сфера):

$d = R \arccos(\sin(j_1) * \sin(j_2) + \cos(j_1) * \cos(j_2) * \cos(|l_1 - l_2|))$ , где  $R$  – средний радиус земли = 6 371 302 м.  
 $j$  – широта,  $l$  – долгота.

## 2. Зональная система прямоугольных координат

Данную систему координат используют при крупномасштабном изображении значительных частей земной поверхности на плоскости, следовательно, и при решении большинства задач, связанных с проектированием строительных комплексов.



*Если разрезать земной шар (глобус) по меридианам до экватора и разложить его на плоскость, то получим проекцию. Данная проекция получила название - проекции Гаусса. Однако можно предположить, чем дальше удалена точка от центра зоны, тем больше будут искажены ее координаты за счет сближения меридианов. Чтобы избежать данных искажений Крюгер предложил, а затем математически доказал, необходимость так называемого **осевого меридиана зоны***

Поверхность земного шара разбивают меридианами на **зоны**, шириной 3 или 6 градусов по долготе.

Счет зон ведется на восток от Гринвичского меридиана, всего 60 зон

В каждой зоне проводится **осевой** меридиан, кратный 3град. .  
За начало отсчета в каждой зоне принимают точку пересечения осевого меридиана – оси абсцисс  $X$  и экватора – оси ординат  $Y$ .

На картах проводят прямоугольную координатную сетку, состоящую из прямых линий, параллельных осевому меридиану и экватору.

Точка **A1** будет иметь координаты:  
 **$X_A$  ;  $Y_A$** .

Так как территория России расположена в северном полушарии, то ее абсциссы для все точек положительны. Чтобы избежать отрицательных значений ординат, ординату осевого меридиана зоны принимают не за ноль, а за 500 км, т.е. начало координат в каждой зоне перемещают на запад на 500 км

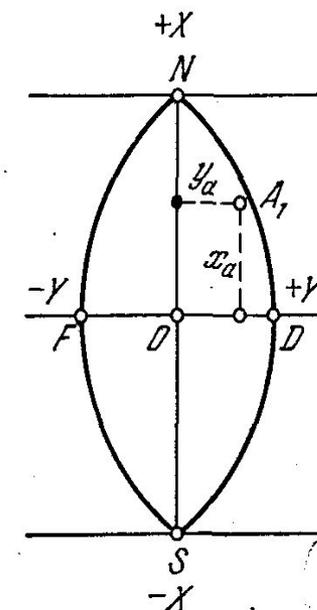


Рис. 6. Деление земного шара на зоны

Абсциссы, отсчитываемые от экватора к северному полюсу, считаются **положительными**, к южному - **отрицательными**;

значение ординат от осевого меридиана на восток – **положительны**, на запад **отрицательны**

### 3. Система прямоугольных координат.

В геодезической практике часто положение точек определяют плоским прямоугольными координатами. В этой системе плоскость координат совпадает с плоскостью горизонта в данной точке  $O$ , являющейся началом этих координат; ось  $X$  всегда направлена на север, а ось  $Y$  – на восток

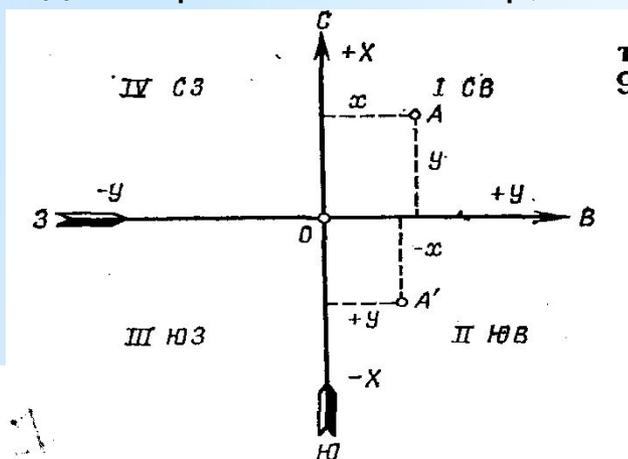


Рис. 7. Система прямоугольных координат

Оси координат делят плоскость на четыре части, которые называются

**четвертями:** I –СВ; II - ЮВ;  
III -ЮЗ; IV- СЗ.

### 4. Полярная система координат.

В полярной системе координат положение любой точки  $A$  на плоскости определяется радиус-вектором  $r$ , исходящим из точки  $O$ , называемой полюсом и углом, отсчитываемым по ходу часовой стрелки от линии  $OX$  – полярной оси – до радиус-вектора. Положение полярной оси на плоскости можно выбирать произвольно; иногда его совмещают с направлением меридиана, проходящего через полюс  $O$ .

## Системы высот

Для определения положения точек на физической поверхности Земли недостаточно знать только две их плановые координаты  $X$  и  $Y$ . Необходима третья координата, характеризующая отстояние точки земной поверхности от начальной поверхности или урвенной

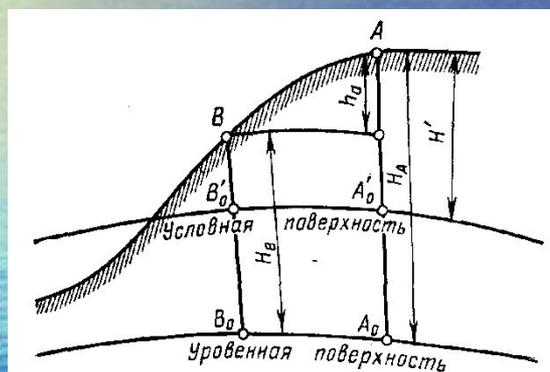


Рис. 9. Абсолютные и условные высоты

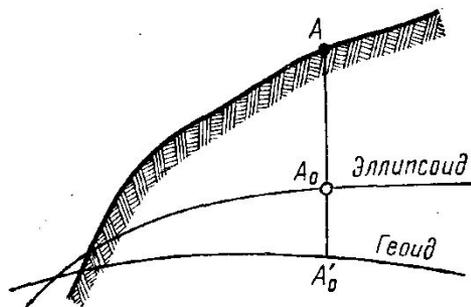


Рис. 10. Система высот

Расстояние от земной поверхности по отвесной линии до урвенной поверхности называется **высотой**.

Высоты, измеренные от урвенной поверхности геоида, называются **абсолютными**.

Высоты, измеренные от условной урвенной поверхности, называются **относительными (или условными)**

Числовое значение высот точек называют **отметкой**.

Разность отметок двух точек называется **превышение** т.е. числовое выражение величины превышения показывает насколько одна точка выше или ниже другой.

Например, превышение точки **A** над точкой **B** составит:

$$h_a = H_A - H_B$$