

# Геодезия

*"ge"* - земля и *"dazomai"* - разделяю, делю на части "землеразделение".

*- это наука о методах определения фигуры и размеров Земли, методах изображения ее поверхности на картах и планах, а также о способах проведения различных измерений на поверхности Земли (на суше и акваториях), под землей, в околоземном пространстве и на других планетах.*

---

# ***Топография***

(от греч. τόπος – место и греч. gráphō – пишу, описание местности)

## ***Картография***

### ***Высшая геодезия***

#### ***Фотограмметрия***

#### ***Инженерная геодезия***

#### ***Маркшейдерия***

#### ***Спутниковая геодезия***

#### ***Космическая геодезия***

---

---

## Доказательства шарообразности Земли: с древних времён до современности

О том, что форма у нашей планеты шарообразная, люди узнали не сразу. Давайте плавно перенесёмся в древние-древние времена, когда люди считали, что Земля плоская, и попробуем вместе с древними мыслителями, философами и путешественниками прийти к идее шарообразности Земли...

Представления наших далёких предков о Земле в основном опирались на мифы, предания



---

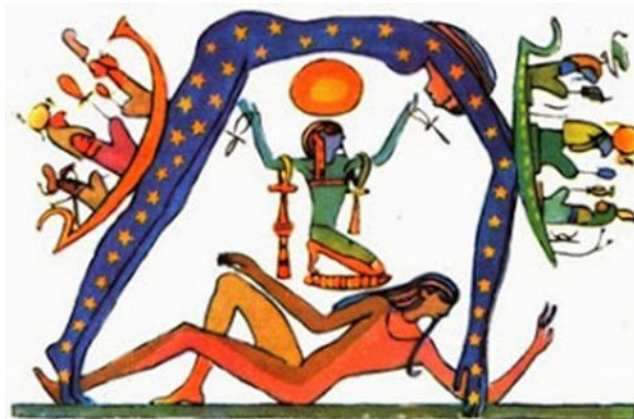
Древние греки считали, что планета - это выпуклый диск, похожий на щит воина, омываемый со всех сторон рекой Океан.

В Древнем Китае существовало представление, согласно которому Земля имеет форму плоского прямоугольника, над которым на столбах поддерживается круглое выпуклое небо. Разъяренный дракон будто бы согнул центральный столб, вследствие чего Земля наклонилась к востоку. Поэтому все реки в Китае текут на восток. Небо же наклонилось на запад, поэтому все небесные светила движутся с востока на запад.

Греческий философ Фалес (VI в. до н. э.) представлял Вселенную в виде жидкой массы, внутри которой находится большой пузырь, имеющий форму полушария. Вогнутая поверхность этого пузыря — небесный свод, а на нижней, плоской поверхности, наподобие пробки, плавает плоская Земля. Нетрудно догадаться, что представление о Земле как о плавающем острове Фалес основывал на том факте, что Греция расположена на островах.

---

А вот мир в представлении древних египтян:



внизу - Земля, над ней - богиня неба;  
слева и справа корабль бога Солнца, показывающий путь Солнца по небу  
от восхода до заката.

---

Древние индийцы представляли Землю в виде полусферы, опирающейся на слонов.



Слоны стоят на панцире огромной черепахи, стоящей на змее и плывущей в бескрайнем Океане из молока. Змея, свернувшись кольцом, замыкает околоземное пространство.

Обратите внимание, до истины ещё далеко, но первый шаг к ней уже сделан!

---

---

Жители Вавилона представляли Землю в виде горы, на западном склоне которой находится Вавилония.



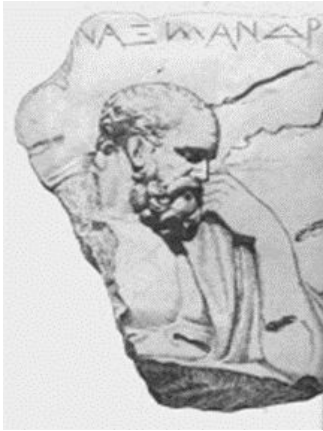
Они знали, что к югу от Вавилона раскинулось море, а на востоке расположены горы, через которые не решались переходить. Поэтому им и казалось, что Вавилония расположена на западном склоне «мировой» горы. Гора эта окружена морем, а на море, как опрокинутая чаша, опирается твердое небо - небесный мир, где, как и на Земле, есть суша, вода и воздух.

---

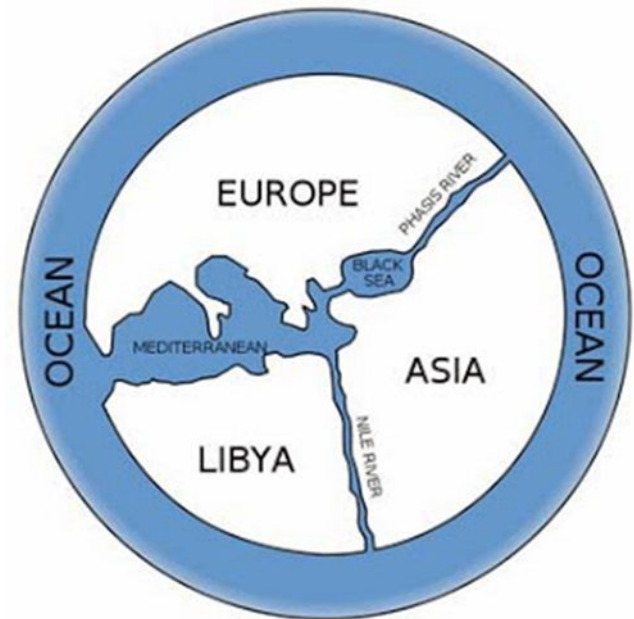
А на Руси считали, что Земля плоская и держится на трех китах, которые плавают и безбрежном всемирном океане.







Современник Фалеса – **Анаксимандр Милетский** древнегреческий древнегреческий философ представлял Землю отрезком колонны или цилиндра, на одном из оснований которого мы живем. Середину Земли занимает суша в виде большого круглого острова Ойкумены («населенной Земли»), окруженного океаном. Внутри Ойкумены находится морской бассейн, который делит ее на две приблизительно равные части: Европу и Азию:





**Пифагор (ок. 540-х г. до н. э.),**

**«В природе все должно быть совершенным, а наиболее совершенным из геометрических тел является шар»**

**ПАРМЕНИД (период расцвета  
504–501 до н. э.),**

**основатель элейской школы.**

**Первым высказал мысль о шарообразности Земли исходя из астрономических наблюдений.**



## **АНАКСАГОР (ок. 500–428 до н. э.),**

Считал, что Луна попадает в тень Земли и происходит лунное затмение. Первым оценил размеры Земли по лунным затмениям.



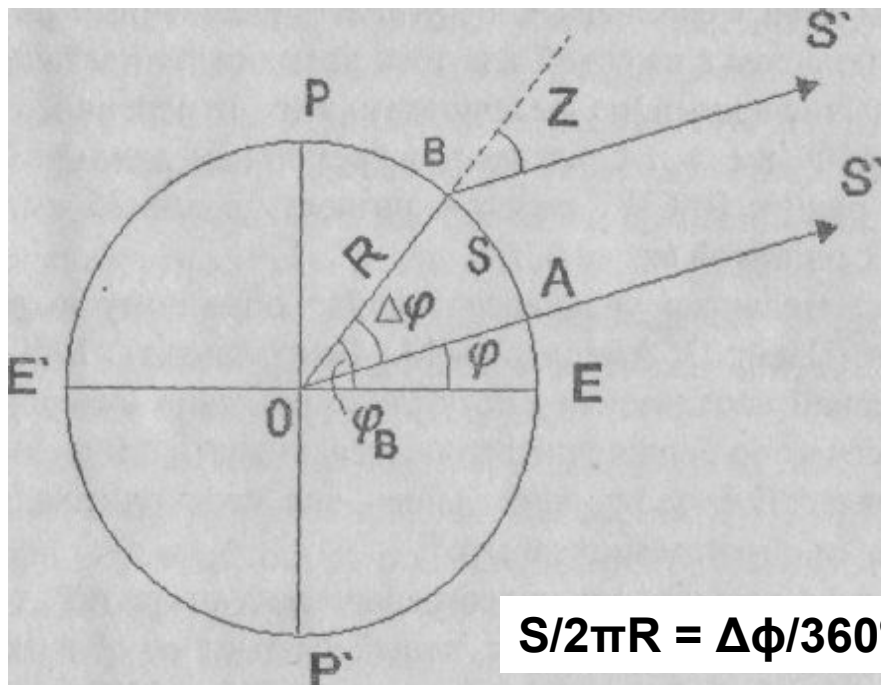
## **АРИСТОТЕЛЬ (384–322 до н. э.),**

«Земля – это всюду выпуклое тело»  
Ввел понятие геодезии –  
практическая часть геометрии

# ЭРАТОСФЕН Киренский

(ок. 276–194 до н. э.),

Определил длину окружности земного шара в 250 тысяч стадиев (39 250 километров)



$$S = 0,5 \cdot (158 + 185) \cdot 5000 = 857500 \text{ м,}$$

$$\Delta\phi = 7^\circ 12' = 7,2^\circ,$$

имеем  $R = 6823,8 \text{ км}$

# Геодезические измерения



**Жан Френель (1497 -1558 г.),**

французский ученый и придворный врач  
определил дугу меридиана между  
Парижем и Амьеном,  
длина дуги в  $1^\circ$  оказалась равной 56747  
тозам

(1 тоаз = 1,94904 м), т.е. 110,6 км

---

# Снеллиус (1580 - 1626 гг.)

голландский астроном и математик

разработал метод триангуляции

# Жак Пикар (1620 - 1682 гг.)

Французский академик впервые использовал геодезические приборы со зрительными трубами и сеткой нитей и в 1669 - 1670 гг. повторил градусные измерения Френеля между Парижем и Амьеном, создав цепь из 13 треугольников, определил длину одного градуса дуги парижского меридиана, равную 111,212 км (по современным данным 111,221 км)

---

---

# Д'Аламбер Жан Лерон (Франция. Париж. 1717 – 1783)



за 6 лет измерили дугу  
парижского меридиана  
длиной в  $9^{\circ}40'$  (1000 км)  
от Дюнкерка до  
Барселоны,  
проложив цепь из 115  
треугольников через  
всю Францию и часть  
Испании.



**И.Ньютон - 1687**  
**«Математические начала**  
**натуральной философии»**

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / \text{кг} \cdot \text{с}^2$$



# Основные этапы определения формы и размеров Земли

1. с древнейших времен до конца XVII в., когда Землю принимали за шар;
2. с конца XVII в. до второй половины XIX в, когда считали, что Земля является сплюснутым у полюсов шаром, т.е. сфероидом, близким к эллипсоиду вращения;
3. со второй половины XIX в до сороковых годов XX в., когда установили, что более правильно представлять Землю трехосным эллипсоидом, который является моделью более сложной формы Земли - геоида;
4. с сороковых годов XX в до настоящего времени, когда за фигуру Земли принимают тело, ограниченное физической поверхностью Земли.

# Параметры некоторых эллипсоидов

<b>Автор</b>	<b>Год</b>	<b>Большая полуось, м</b>	<b>Сжатие</b>	<b>Примечание</b>
<b>Деламбр</b>	<b>1800</b>	<b>6375653</b>	<b>1 :334</b>	<b>Использован для определения метра</b>
<b>Вальбек</b>	<b>1819</b>	<b>6376896</b>	<b>1:302,8</b>	<b>Первый, применявшийся в России</b>
<b>Бессель</b>	<b>1841</b>	<b>6377397</b>	<b>1:299,15</b>	<b>Применяется во многих странах, в СССР -до 1946г.</b>
<b>Кларк</b>	<b>1880</b>	<b>6378249</b>	<b>1:293,47</b>	<b>Применяется в США и Канаде</b>
<b>Жданов</b>	<b>1893</b>	<b>6377717</b>	<b>1:299</b>	<b>Получен по русским градусным измерениям</b>
<b>Хейфорд</b>	<b>1909</b>	<b>6378388</b>	<b>1:297</b>	<b>До 1967г. был принят в качестве международного.</b>
<b>Красовский</b>	<b>1940</b>	<b>6378245</b>	<b>1:298,3</b>	<b>Принят в СССР и всех соцстранах Европы и Азии</b>

# Красовский Феодосий Николаевич

(1878 — 1948 гг.)



Окончил физ.-мат. факультет МГУ.  
Работал доцентом кафедры  
гравиметрии и геофизики в  
МИИГАиК, был руководителем  
лаборатории гравиметрии в  
ЦНИИГиК.

С 1956г перешел на работу в  
Институт физики Земли ( ИФЗ) АН  
СССР. Ему дважды была  
присуждена Сталинская премия и  
Ленинская премия

астроном-геодезист, член-корреспондент АН СССР,  
заслуженный деятель науки и техники РСФСР.  
В конце 1928 г. по его инициативе был создан  
Центральный научно-исследовательский институт  
геодезии, аэросъемки и картографии,  
в котором он был директором.

В 1924–1930 гг. руководил астрономо-геодезическими  
и картографическими работами в СССР

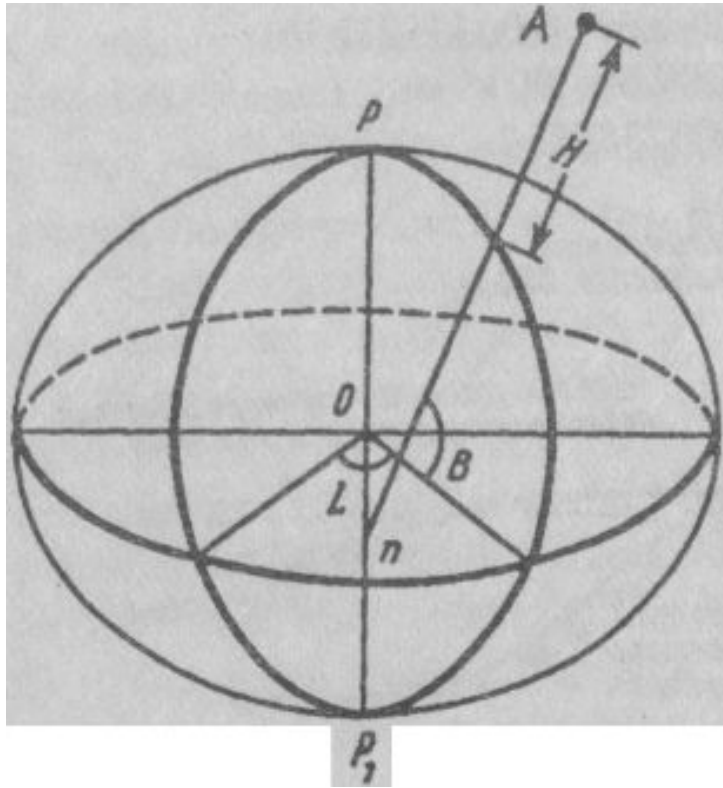


# Молоденский Михаил Сергеевич

(15.06.1909 –  
12.11.1991)

# Основные системы координат, используемые в геодезии

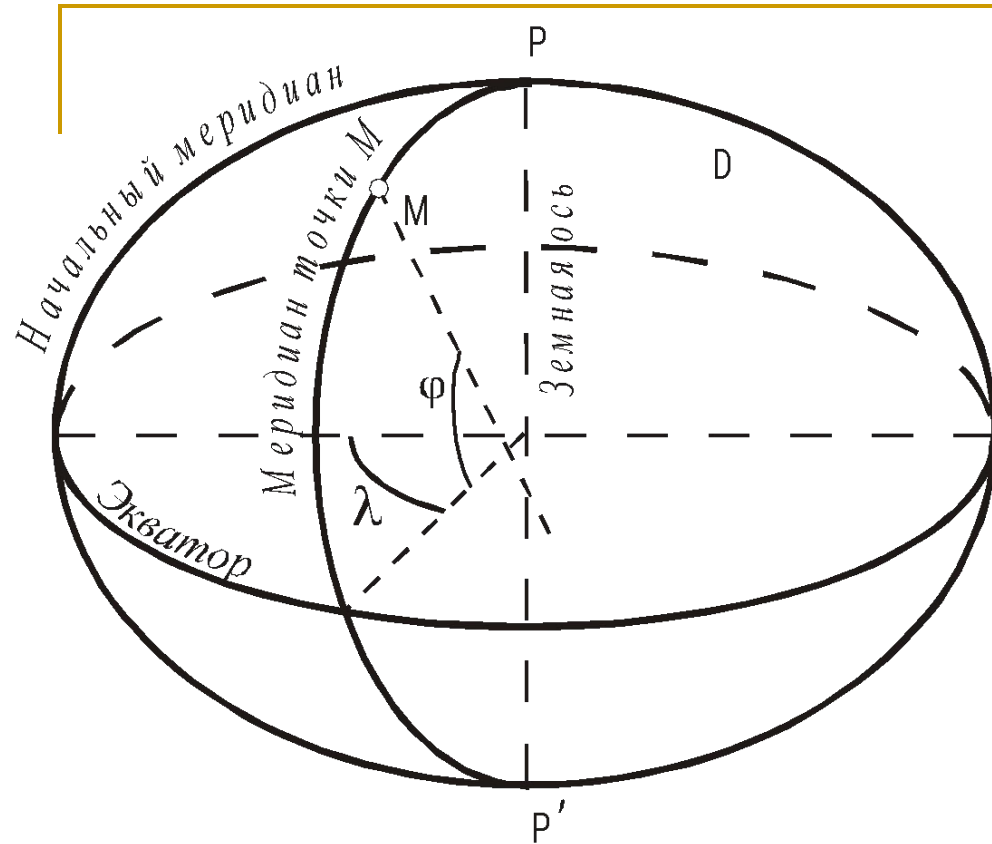
## Система геодезических координат



**Геодезической широтой  $B$**  называют угол между нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью геодезического экватора, т.е. плоскостью, проходящей через центр эллипсоида перпендикулярно к его малой оси

**Геодезической долготой  $L$** , называют двугранный угол между плоскостью начального геодезического меридиана и плоскостью геодезического меридиана, проходящего через данную точку.

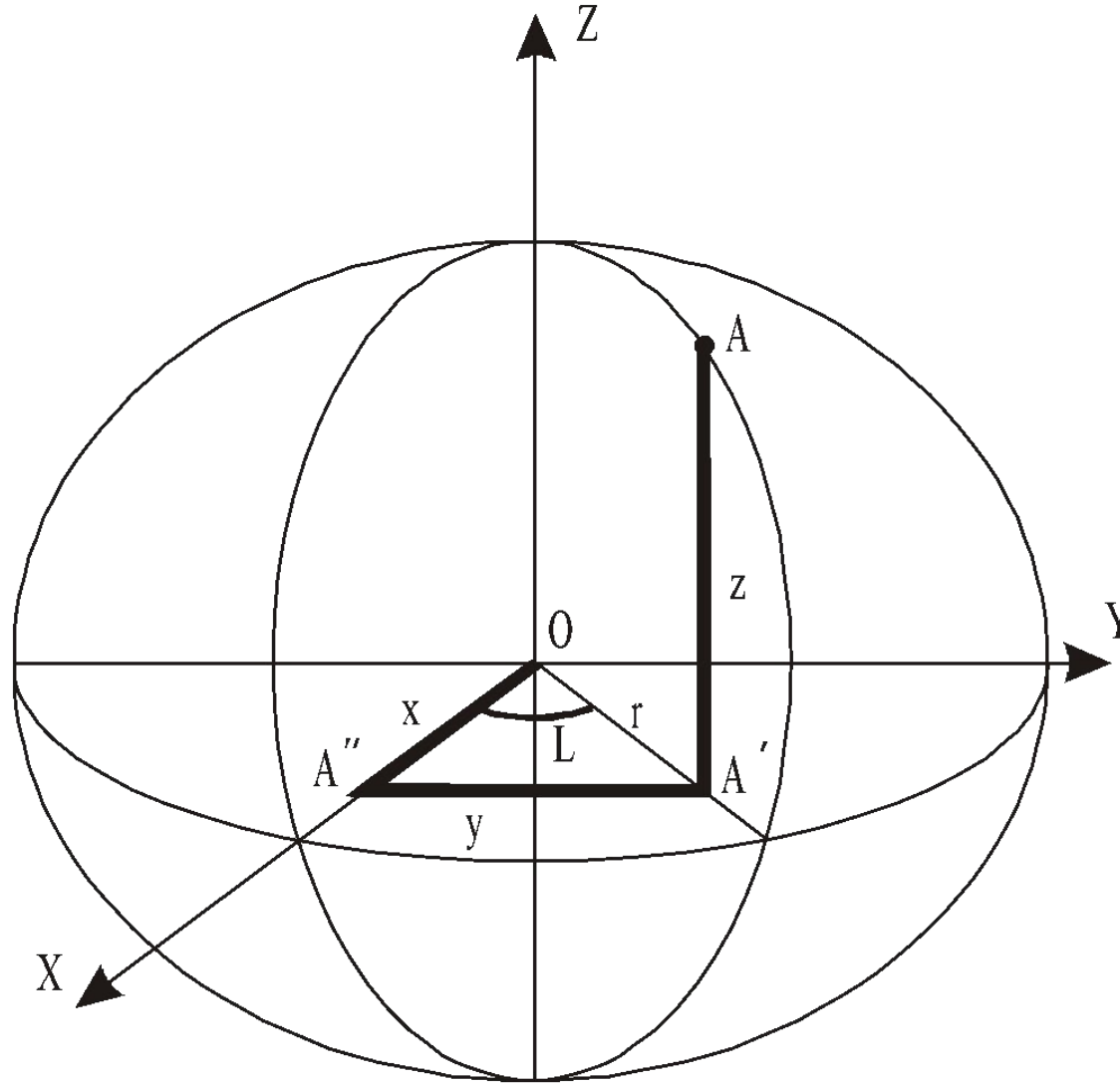
**Геодезической высотой  $H$**  называют расстояние от данной точки до поверхности эллипсоида по нормали к ней.



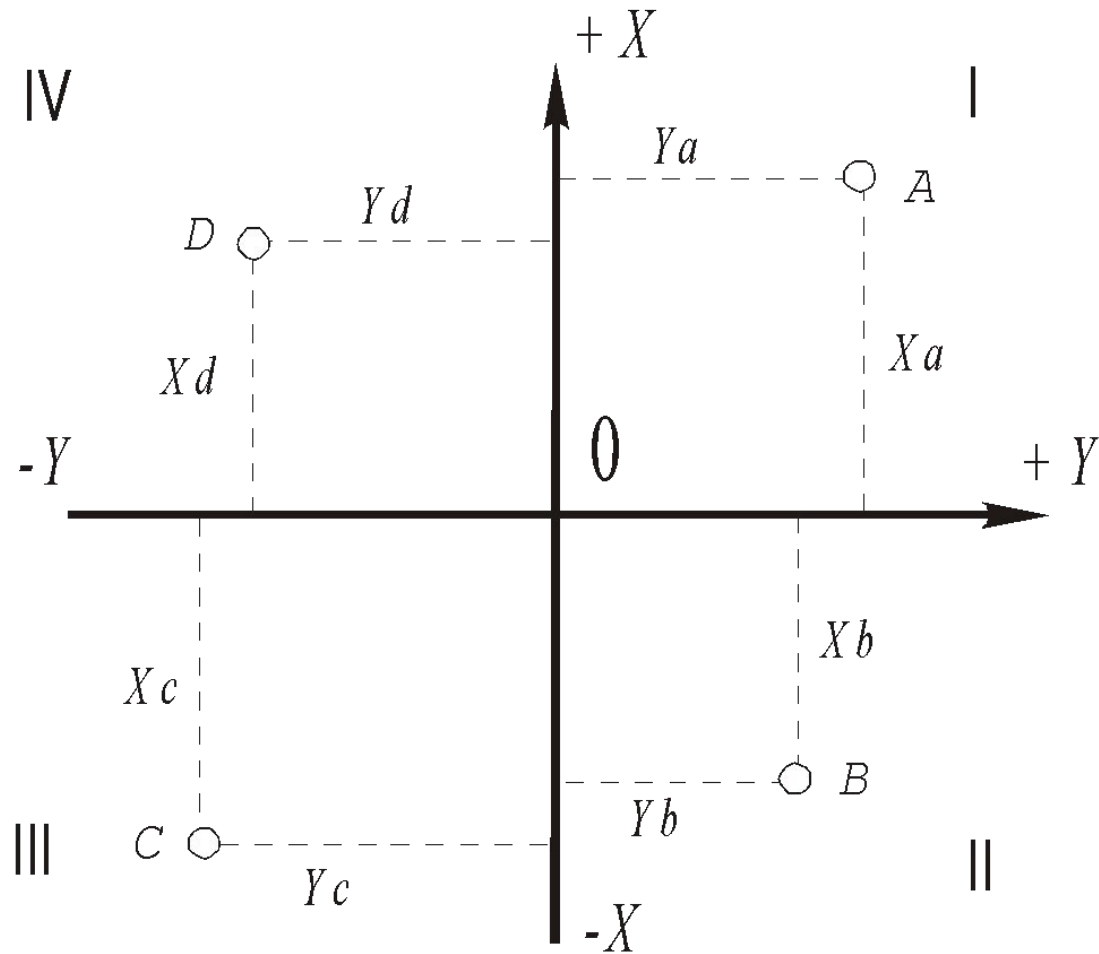
**Астрономической долготой  $\lambda$**  называют двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью астрономического меридиана данной точки. Плоскость астрономического меридиана проходит через отвесную линию данной точки параллельно оси вращения Земли.

**Астрономической широтой  $\varphi$**  называют угол между отвесной линией, проходящей через данную точку, и плоскостью небесного экватора.

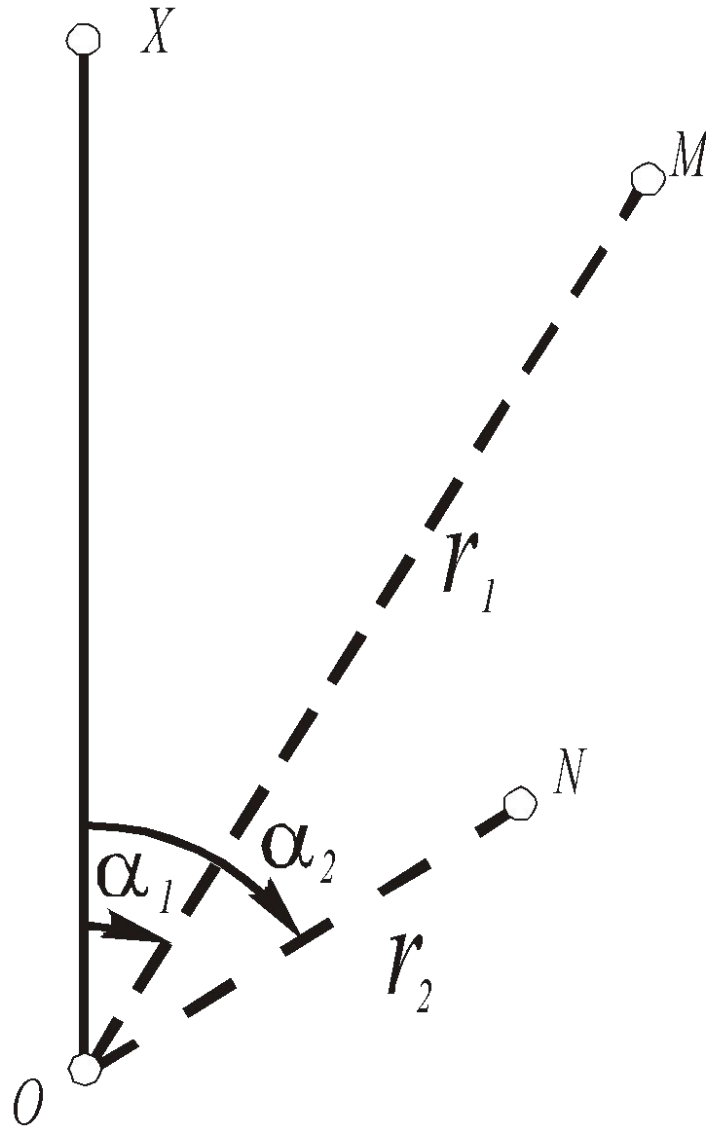
# Система прямоугольных пространственных координат XYZ



# Плоские прямоугольные координаты



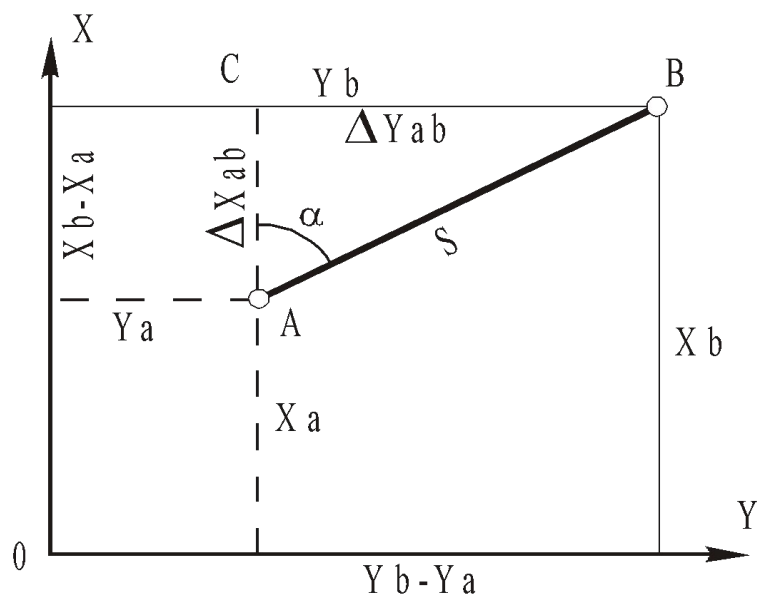
# Полярные координаты





# Связь плоской прямоугольной и полярной систем координат

**Прямая геодезическая задача** состоит в определении координат конечной точки линии по длине ее горизонтального проложения, направлению и координатам начальной точки



$$X_B = X_A + \Delta X_{AB}$$

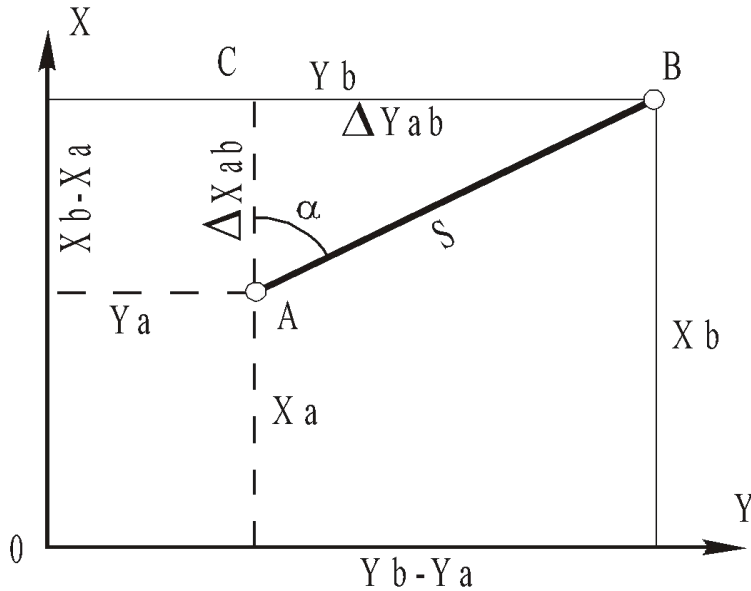
$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB}$$

$$X_{AB} = S \cos \alpha, \quad Y_{AB} = S \sin \alpha$$

$$X_B = X_A + S \cos \alpha,$$

$$Y_B = Y_A + S \sin \alpha$$

## Обратная геодезическая задача



$$S = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{\Delta y_{AB}}{\Delta X_{AB}}$$

Угол град	Четверть	Знаки приращений координат	
		$\Delta x$	$\Delta y$
0 – 90	I – СВ	+	+
90 – 180	II – ЮВ	-	+
180 – 270	III – ЮЗ	-	-
270 - 360	IV - СЗ	+	-

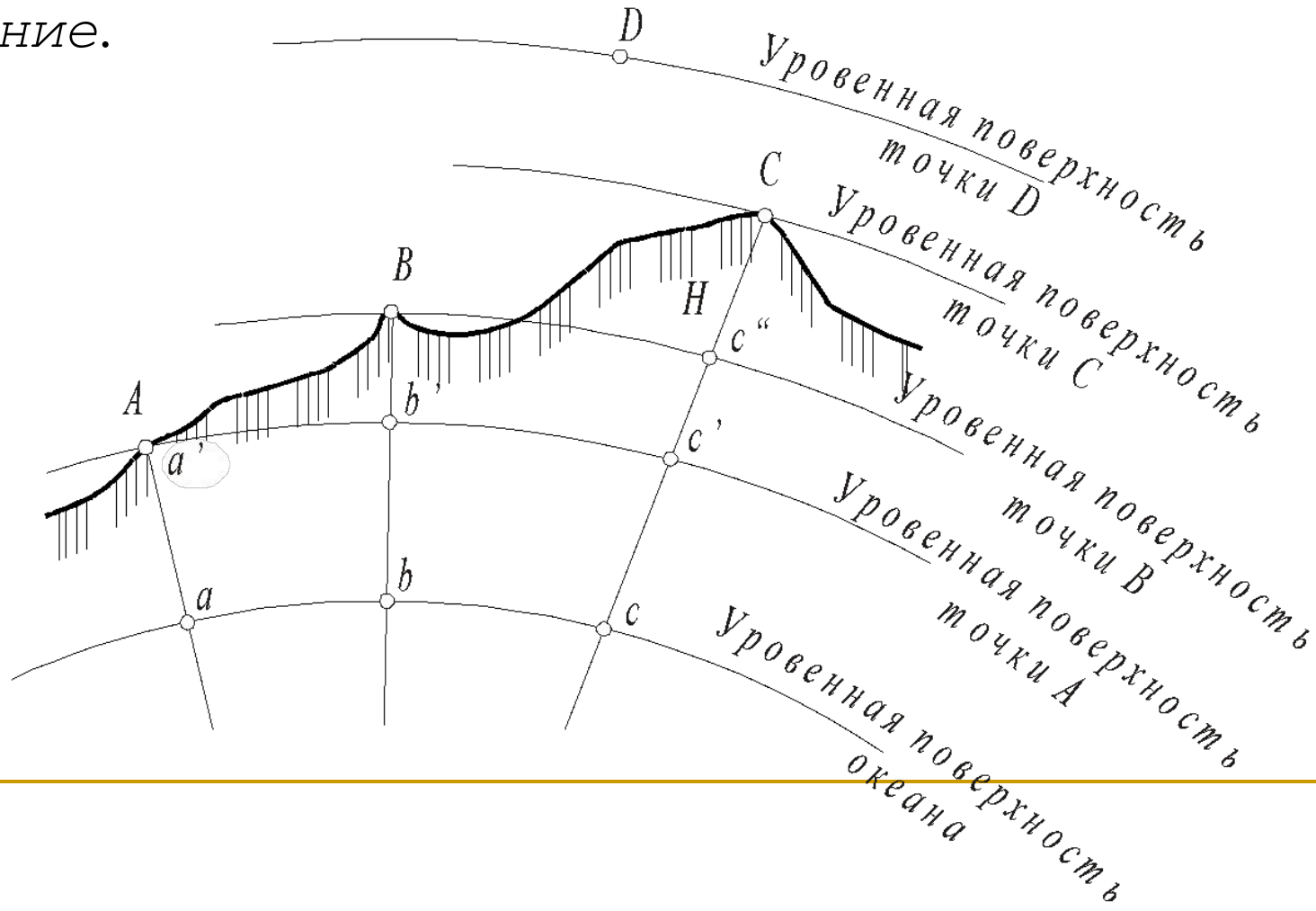
$$\sin \alpha = \frac{Y_B - Y_A}{S}; \quad \cos \alpha = \frac{X_B - X_A}{S}$$

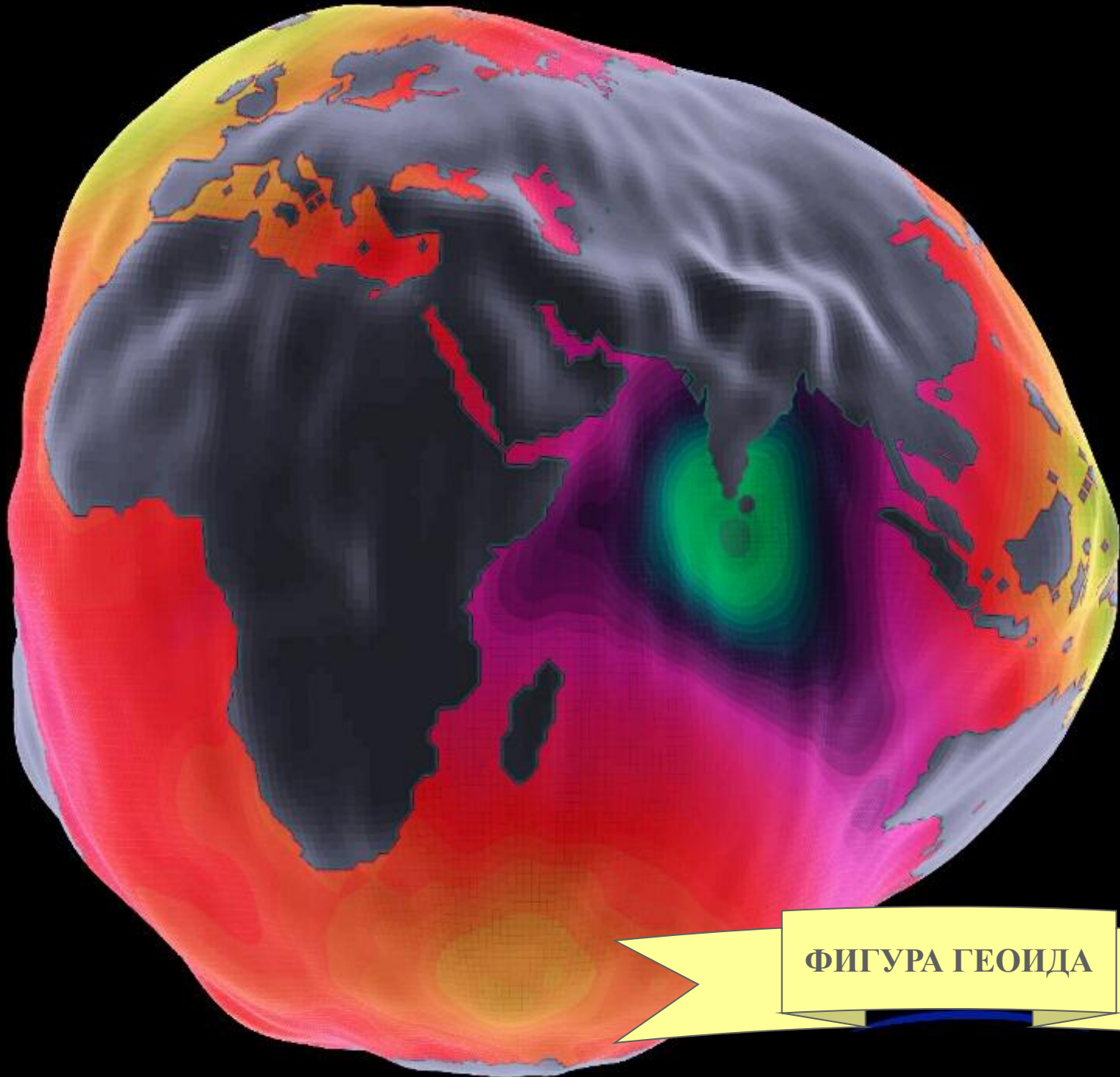
$$S = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos \alpha} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha}; \quad S = \frac{\Delta y_{AB}}{\sin \alpha} = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha}$$

# Понятие о фигуре Земли. Уровенная поверхность.

## Отвесная линия. Геоид, земной эллипсоид, референц-эллипсоид

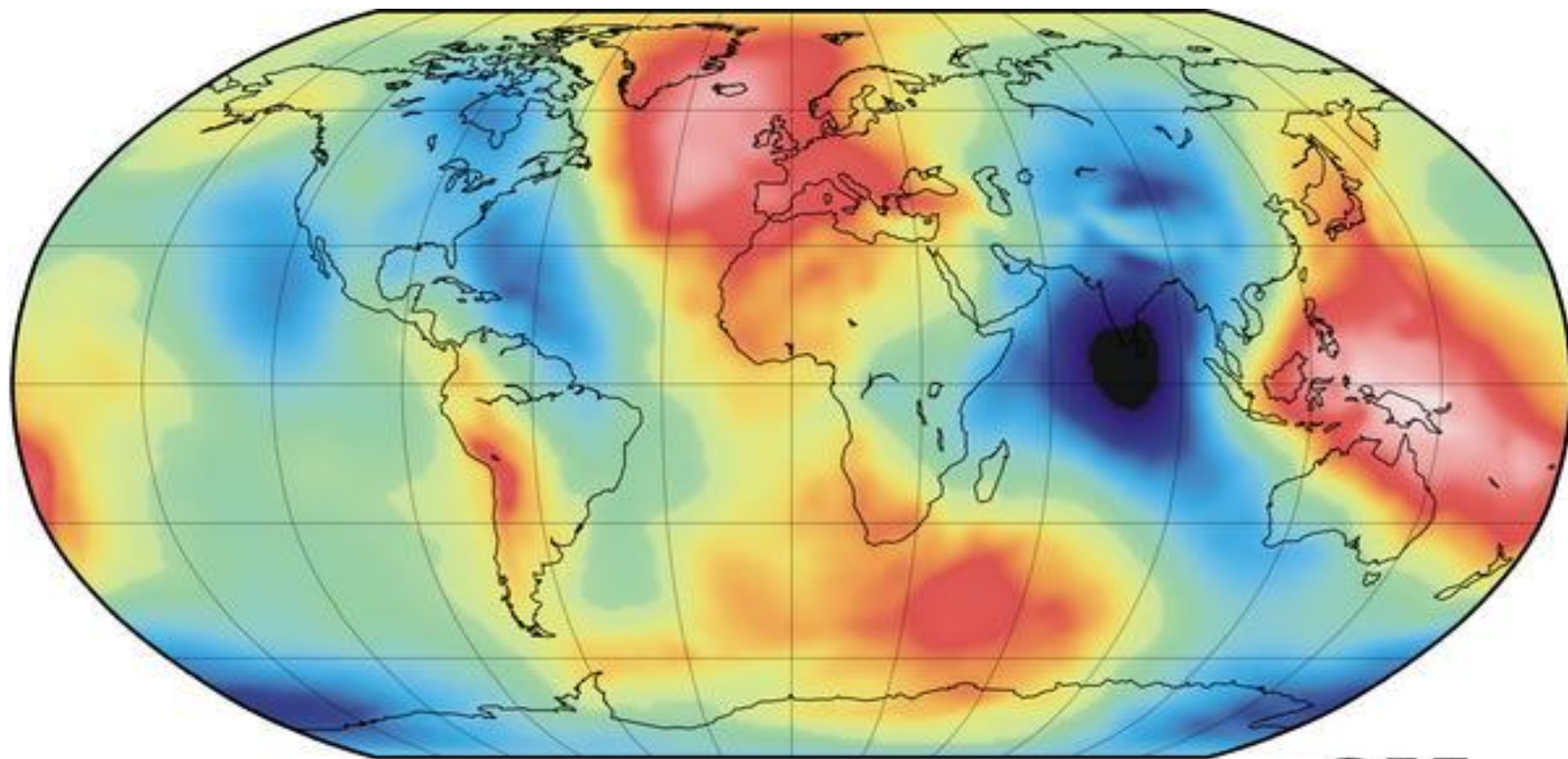
**Уровенной** называют поверхность, в каждой точке которой потенциал силы тяжести имеет одинаковое значение.



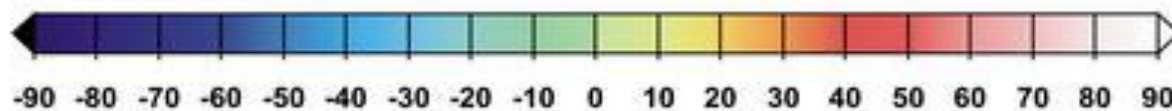


ФИГУРА ГЕОИДА

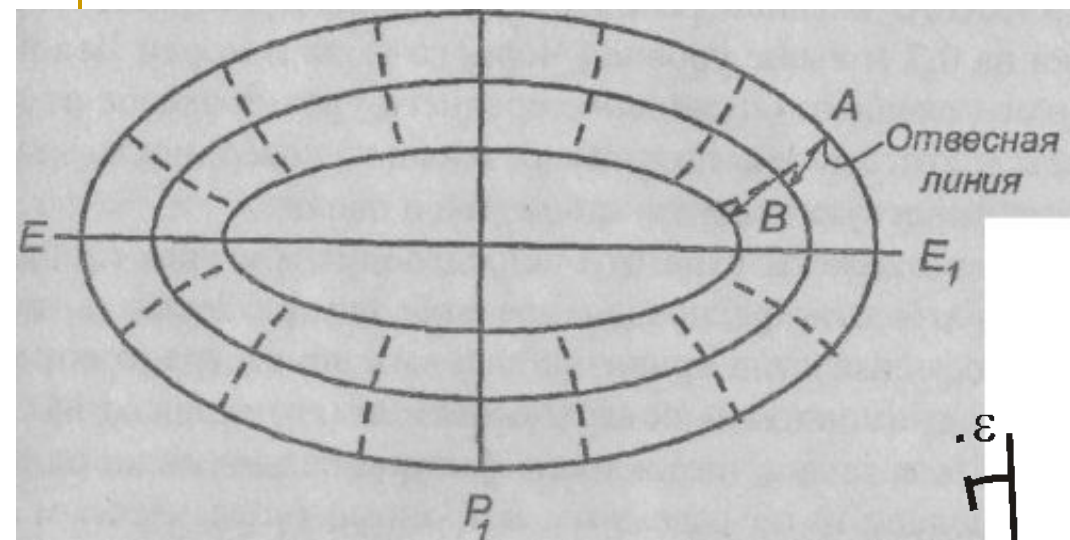
# Фигура геоида по данным ИСЗ CHAMP



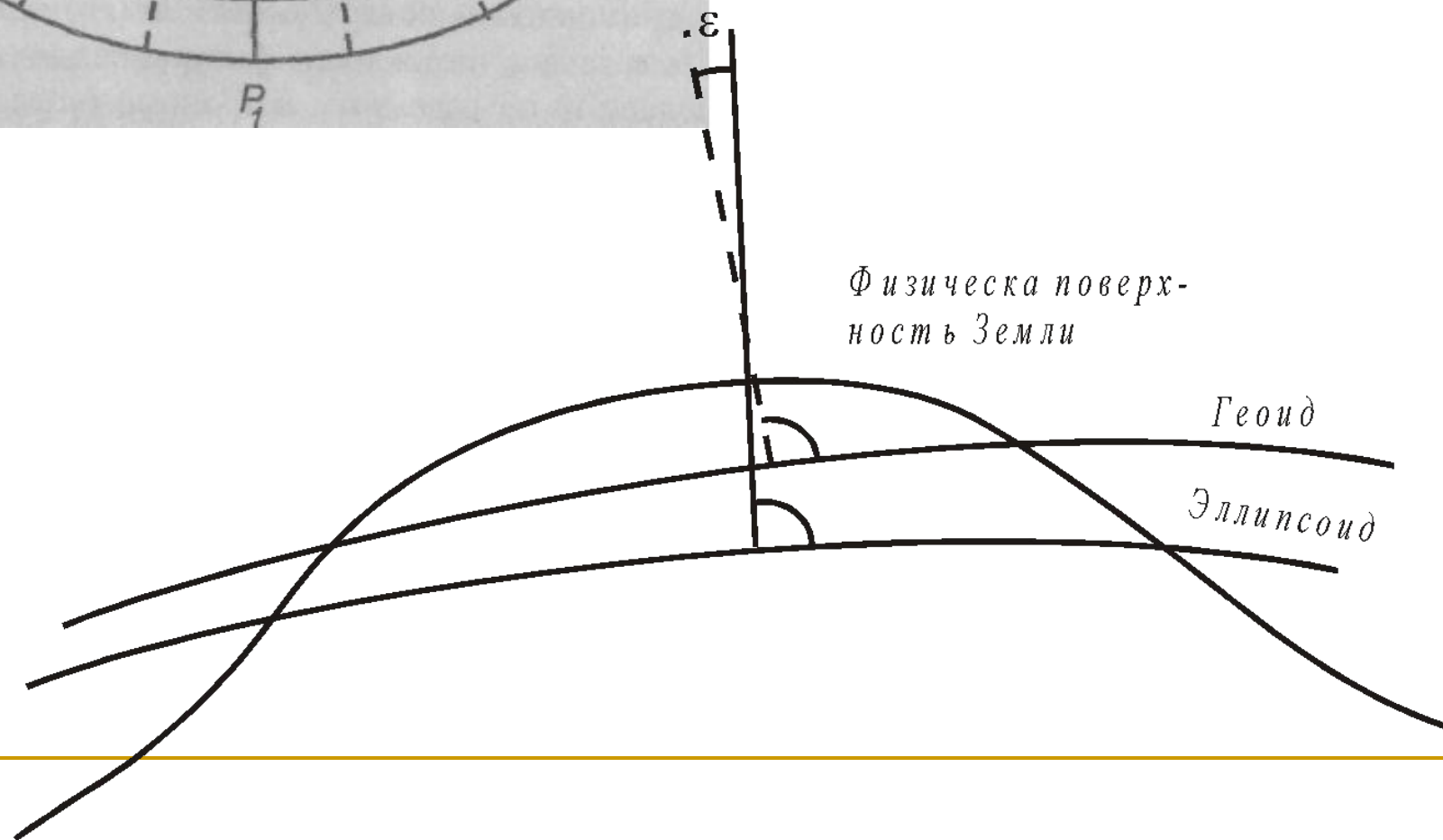
EIGEN-3p



**GFZ**  
POTSDAM



Касательная к точке силовой линии называется **отвесной линией**



# Поверхность относимости

- Поверхность относимости – правильная математическая поверхность, на которую проектируют геодезические измерения (плоскость, шар, эллипсоид).
- Метод проектирования – это способ переноса измеренных на физической поверхности Земли величин на поверхность относимости. В геодезии применяют проектирование по линиям, перпендикулярным к поверхности относимости.

# Поверхность относимости

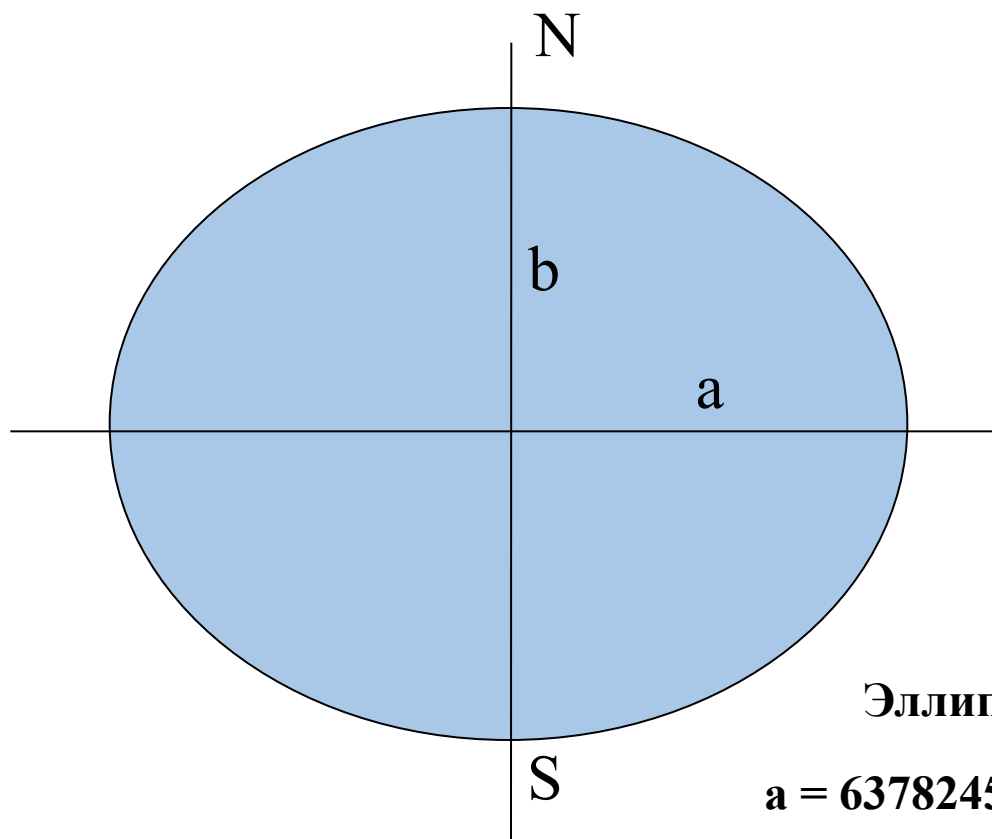
- Земной эллипсоид (общий земной эллипсоид, сфероид) – математически правильная поверхность, образованная вращением эллипса вокруг малой оси, близкая к поверхности геоида в целом.
- Референц-эллипсоид – эллипсоид, ориентированный в теле Земли для близости к геоиду на определенной территории. Его центр может не совпадать с центром масс Земли, а ось вращения не совпадать с осью вращения Земли, но быть параллельна ей.



# Поверхность относимости

- В России принят общий земной эллипсоид **ПЗ-90** ( $a = 6378136$  м,  $f = 1/298,257839303$ ), на нем задаются координаты для глобальной навигационной системы ГЛОНАСС, и **референц-эллипсоид Красовского** ( $a = 6378245$  м,  $b = 6356863$  м,  $f = 1/298,3$ ), на котором определяются государственные референцные системы координат **СК-42** и **СК-95**.
- Для американской глобальной навигационной системы GPS используется эллипсоид WGS-84 ( $a = 6378137$  м,  $f = 1/298,257223563$ ).

# Эллипсоид



$a$  = большая полуось

$b$  = малая полуось

$f = \frac{a-b}{a}$  = сжатие

**Эллипсоид Красовского**

**$a = 6378245$  м**

**$b = 6356863$  м**

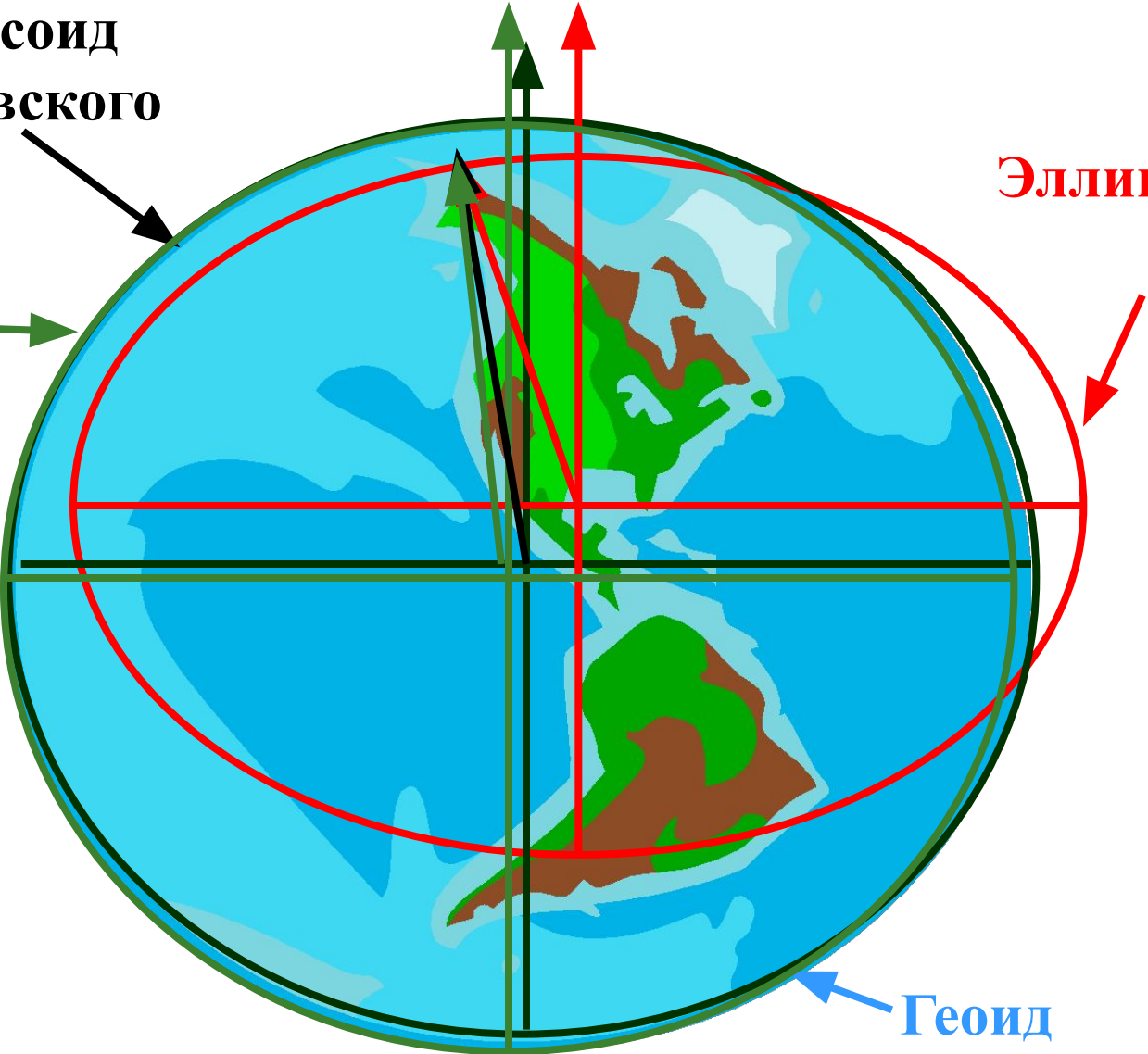
**$1/f = 298.3$**

Эллипсоид  
Красовского

Эллипсоид  
WGS 84

Эллипсоид

Геоид

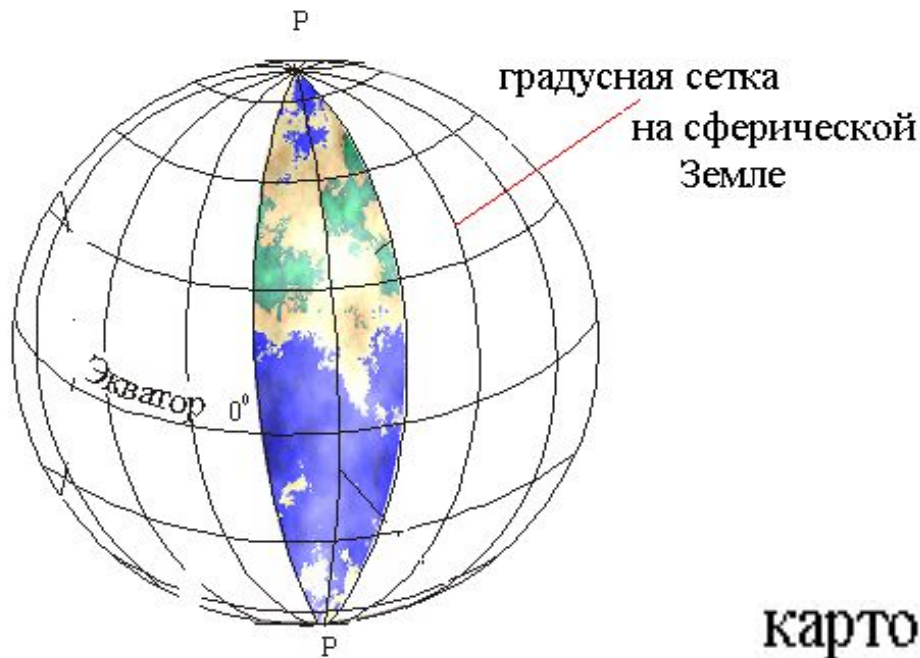




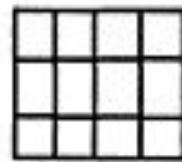




# Картографические проекции как математическая основа карт



картографическая сетка на плоскости



# Классификация картографических проекций

1) по характеру искажений:

равноугольные

равновеликие

произвольные;

2) по виду сетки меридианов и параллелей или по способу проектирования:

азимутальные

конические

цилиндрические

3) положению полюса сферических координат

нормальные

поперечные

косые



# Азимутальные проекции

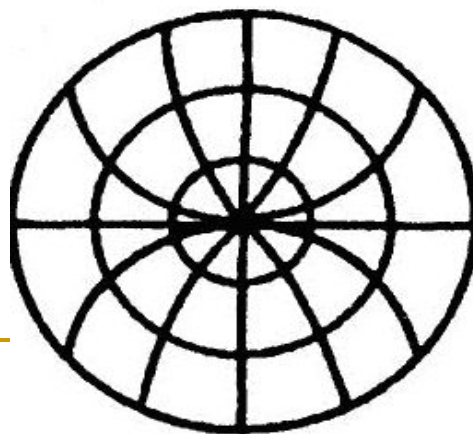
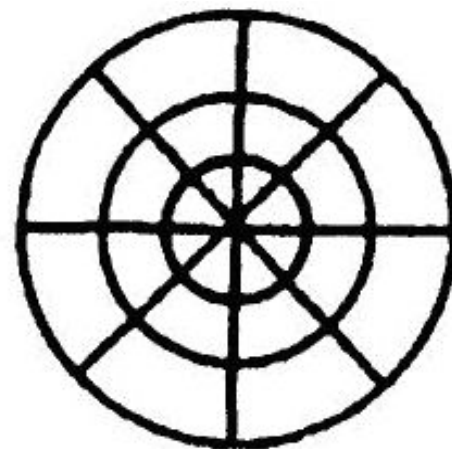
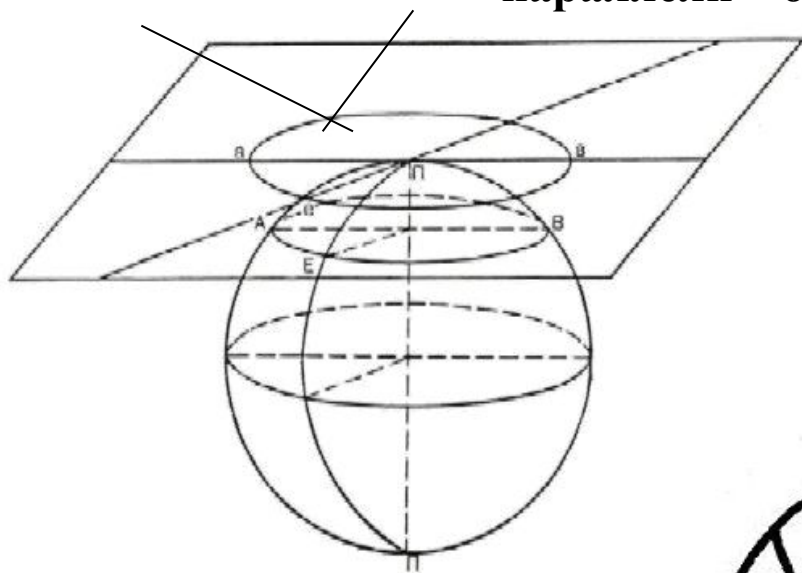
вспомогательной поверхностью является

картографическая сетка:

касательная или секущая плоскость

меридианы – прямые линии,

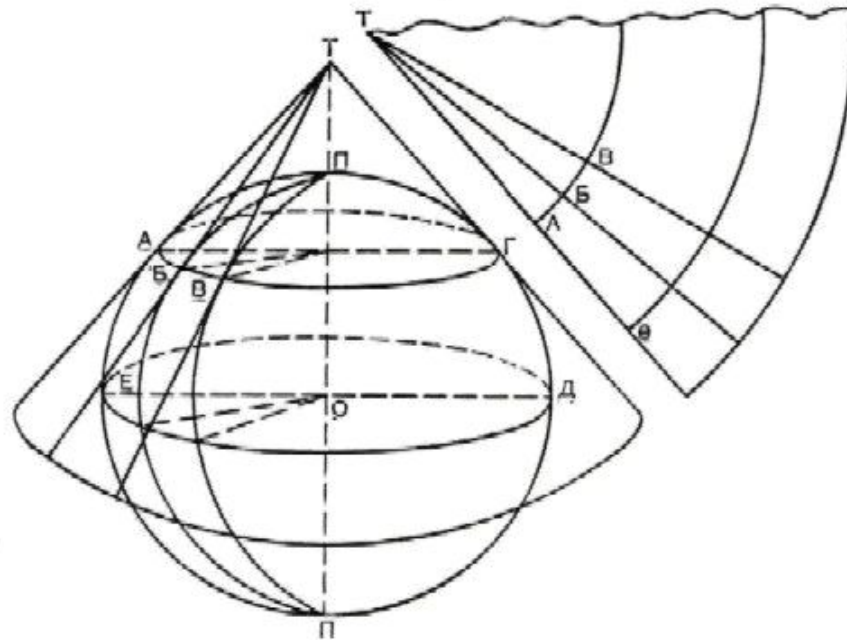
параллели – окружности



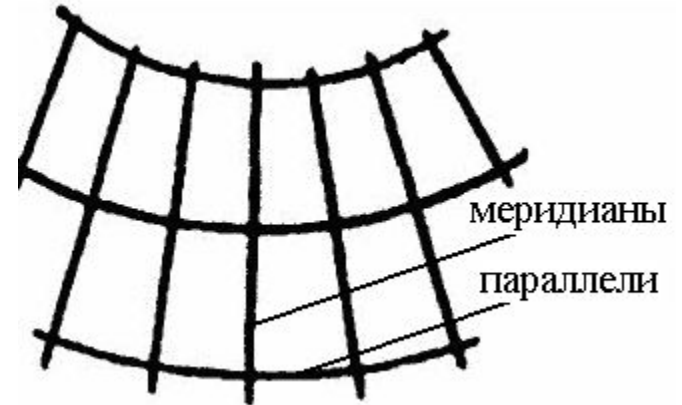
псевдоазимутальные

# Конические проекции

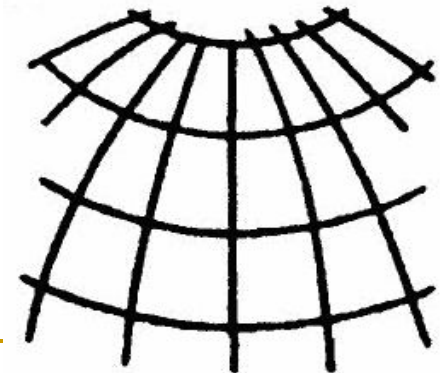
вспомогательной плоскостью является боковая поверхность касательного или секущего конуса



картографическая сетка:  
коническая поликоническая

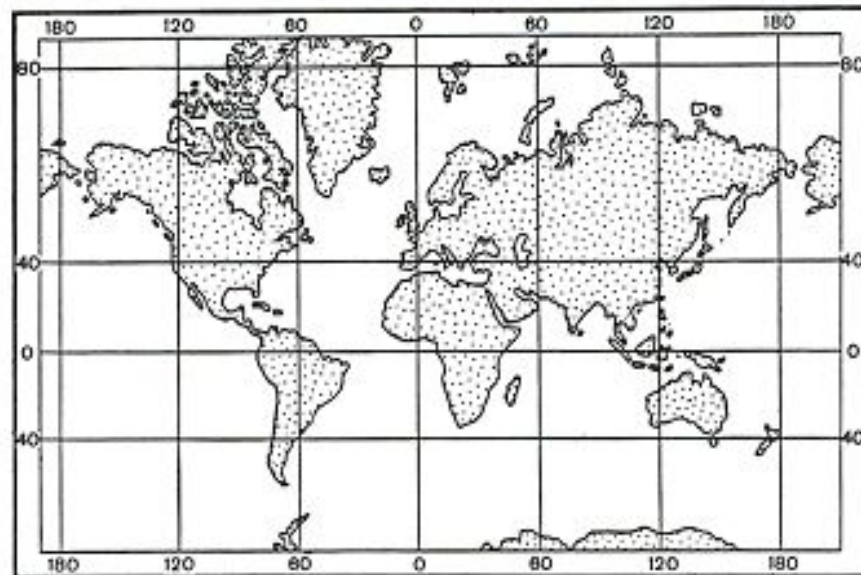
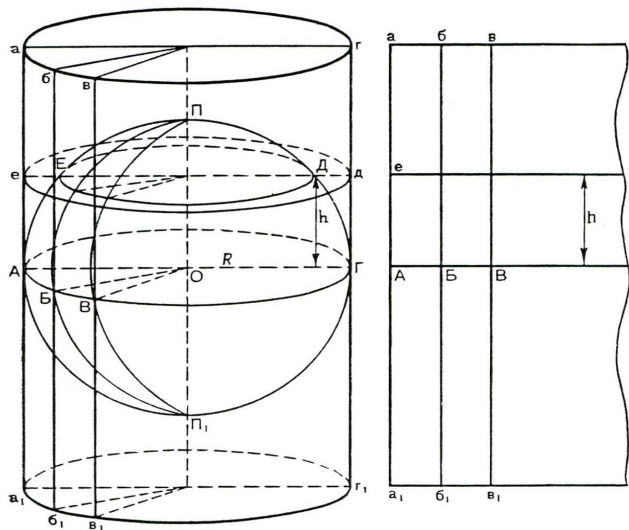


псевдоконическая

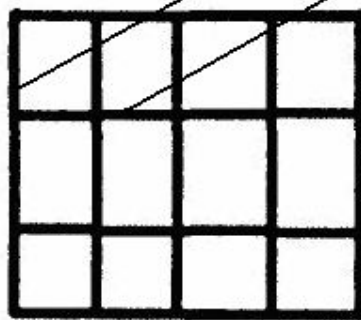


# Цилиндрические проекции

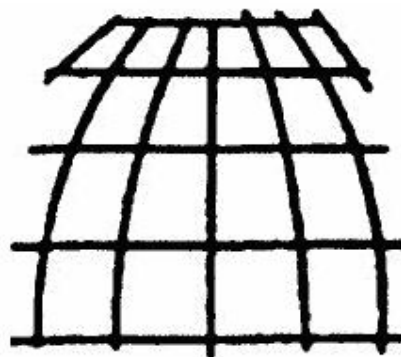
вспомогательной поверхностью служит боковая поверхность цилиндра, касательного к эллипсоиду или секущего эллипсоид



меридианы параллели



цилиндрическая

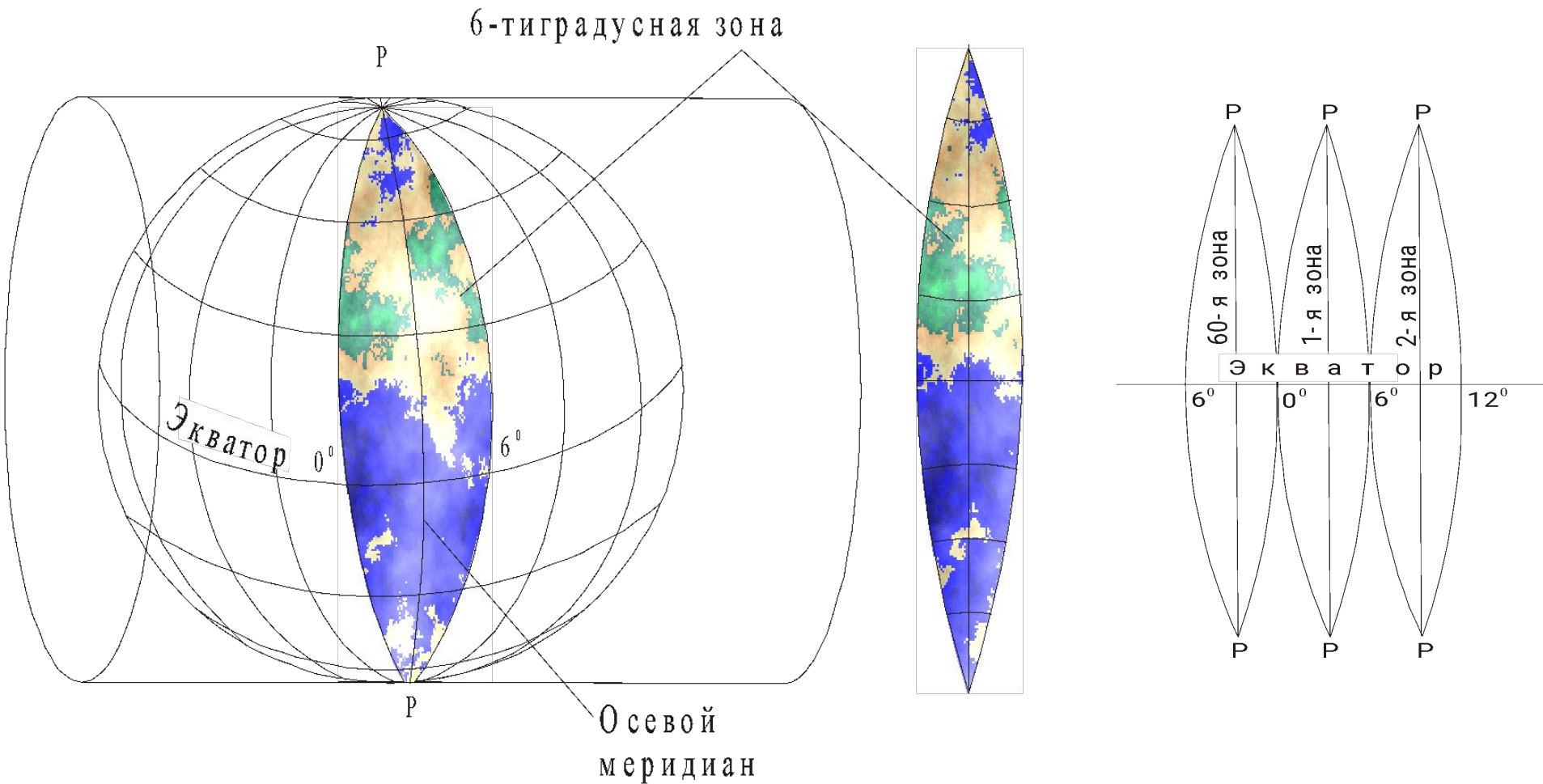


псевдоцилиндрическая

проекция  
Меркатора

картографическая  
сетка

# Картографическая проекция Гаусса



# План и карта

**План** – это уменьшенное, подобное изображение на горизонтальной плоскости небольшого плоского участка местности

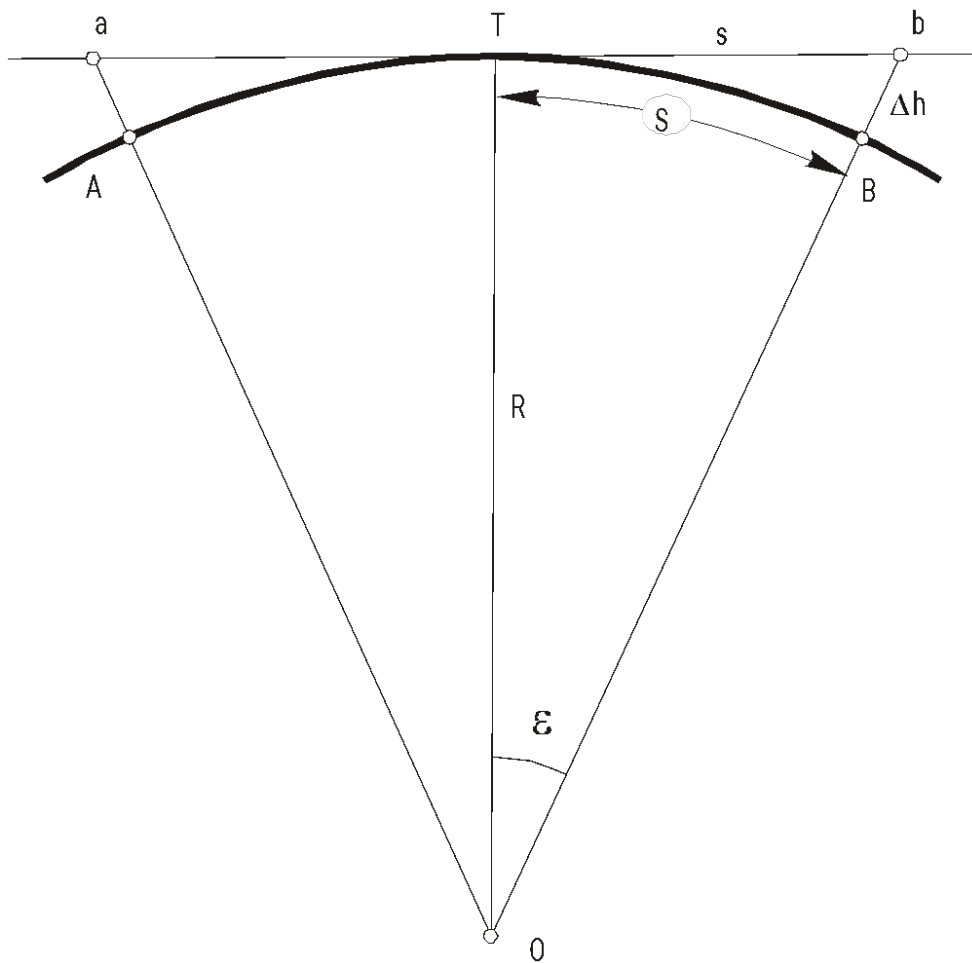
(признаки плана: уменьшенное, подобное, плоское)

**Карта** – это уменьшенное, обобщенное изображение на горизонтальной плоскости сферической поверхности Земли, выполненное в определенной картографической проекции

(признаки карты: уменьшенное, обобщенное, с учетом сферичности Земли)

**Масштаб** – это степень уменьшения изображения участка местности на плане или карте (1: 10000, в 1 см – 100 м)

# Размеры участков земной поверхности, принимаемые за плоские. Топографический план



$$\Delta S = \frac{S^3}{3R^2} \quad \Delta h = \frac{S^2}{2R}$$

S, км	Δ S, м	Δ h, м
1	0	0,08
5	0	1,96
10	0,01	7,85
20	0,07	31,39
50	1,02	196,2
100	8,21	784,81

---

# Основные свойства картографического изображения земной поверхности – наглядность и измеримость

**Наглядность и измеримость** карты обуславливаются:

- 1) наличием математически определенной связи между многомерными объектами окружающего нас мира и их плоским картографическим изображением; она осуществляется с помощью картографических проекций;
  - 2) известной степенью уменьшения линейных размеров изображенных объектов, которая зависит от масштаба;
  - 3) выделением типических черт местности, определяющих ее отличительные особенности, путем картографической генерализации;
  - 4) применением для изображения земной поверхности особой знаковой системы - картографических условных знаков
-

---

*Элементами карты, ее составными частями, являются:*

*математическая основа*, включающая масштаб, геодезическую основу и картографическую проекцию;

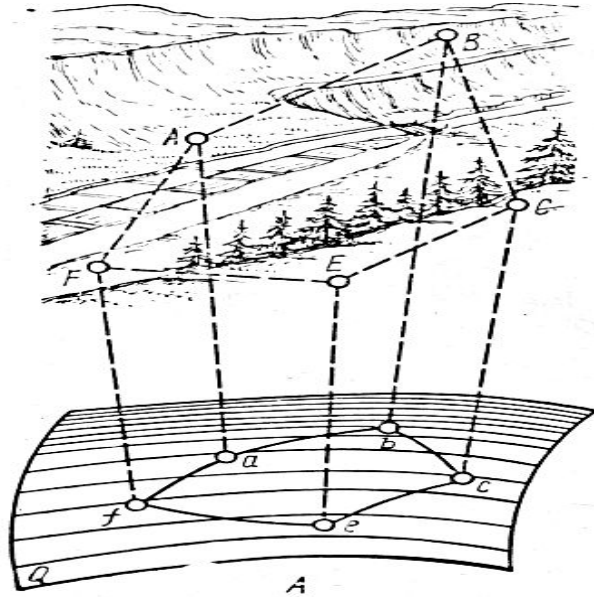
*содержание*, под которым понимается совокупность показанных объектов и сообщаемых сведений;

*вспомогательное оснащение* (название, легенда — свод условных знаков и пояснений, раскрывающих их содержание, различные графики, справочные данные и др.

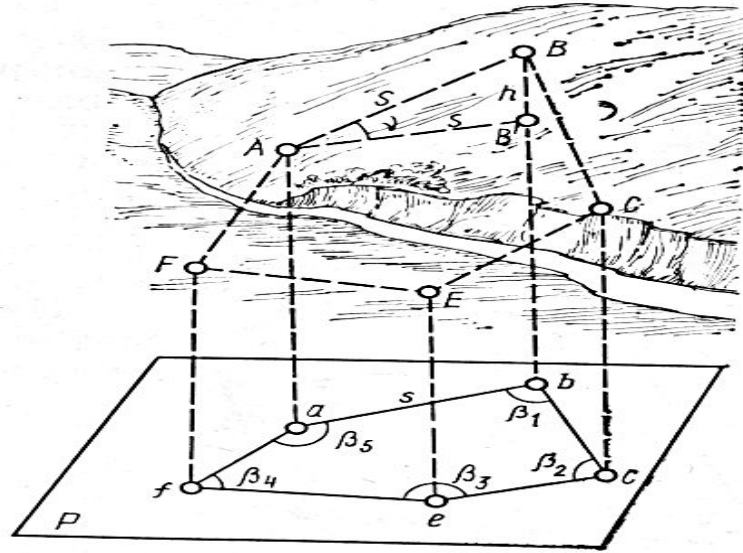
---



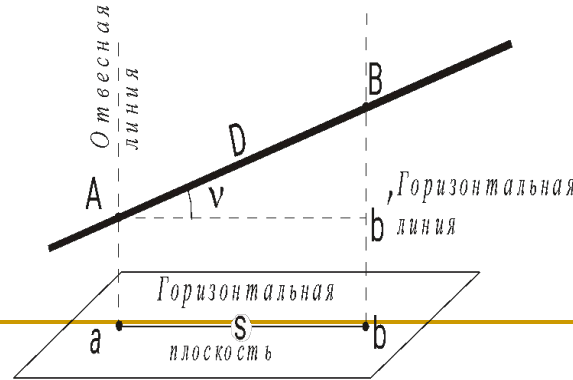
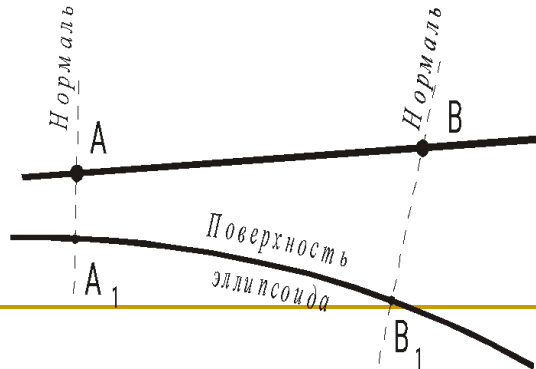
# Методы проектирования и проекции земной поверхности на плоскость



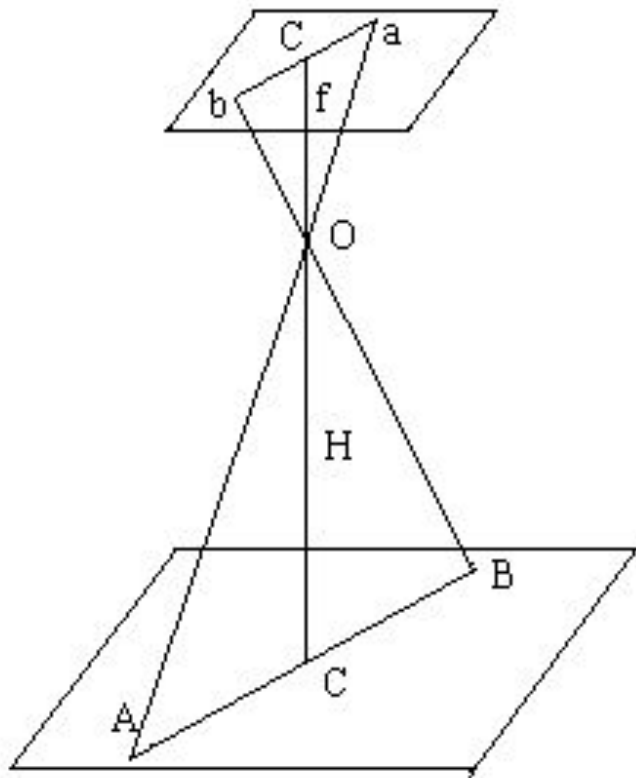
а



б



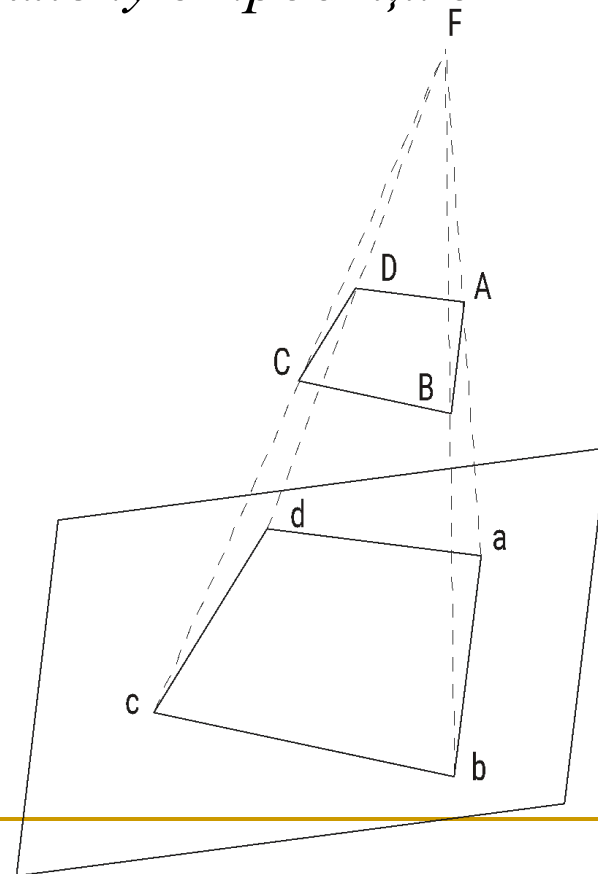
$$s = D \cos v$$



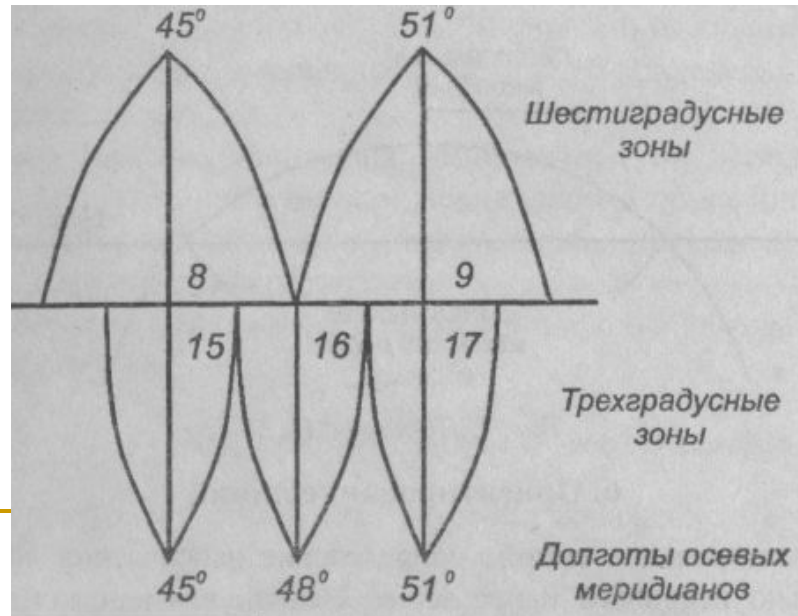
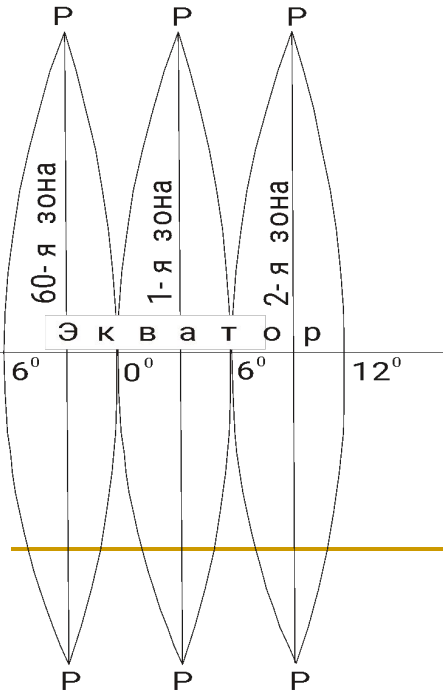
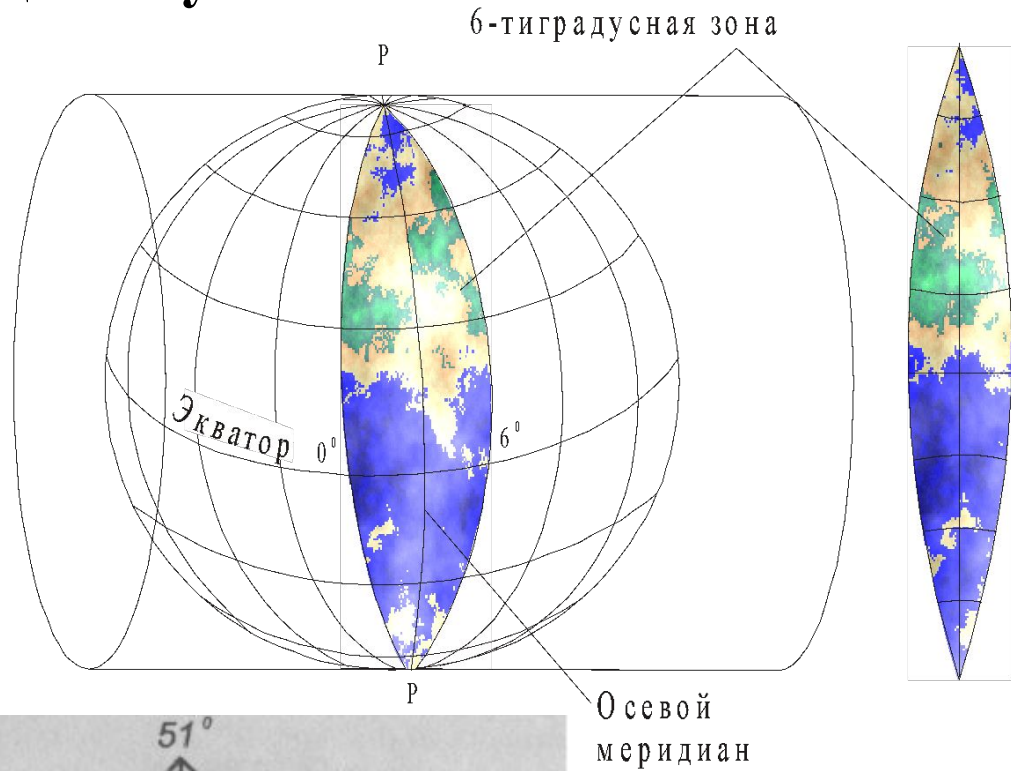
*Аэроснимок - это  
фотографическое изображение  
участка земной поверхности,  
представляющее его  
центральную проекцию*

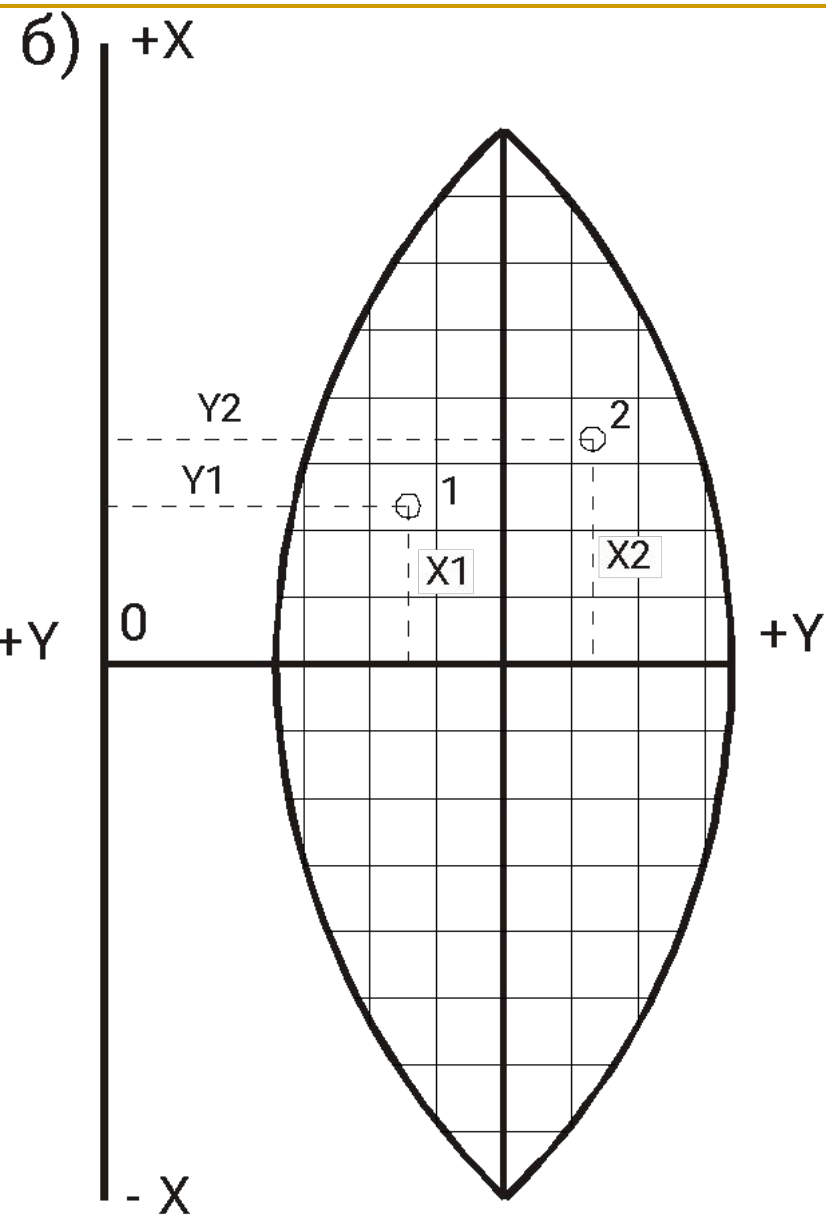
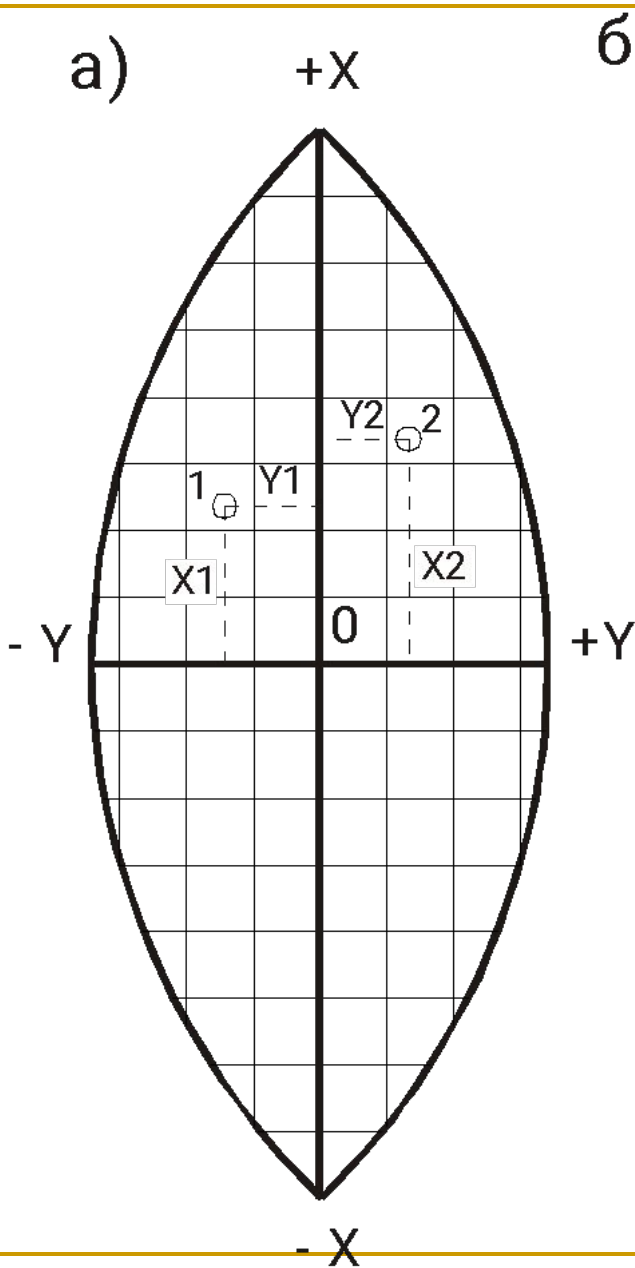
*Масштабом аэроснимка называется  
отношение длины отрезка на аэроснимке к  
длине соответствующего отрезка на  
местности*

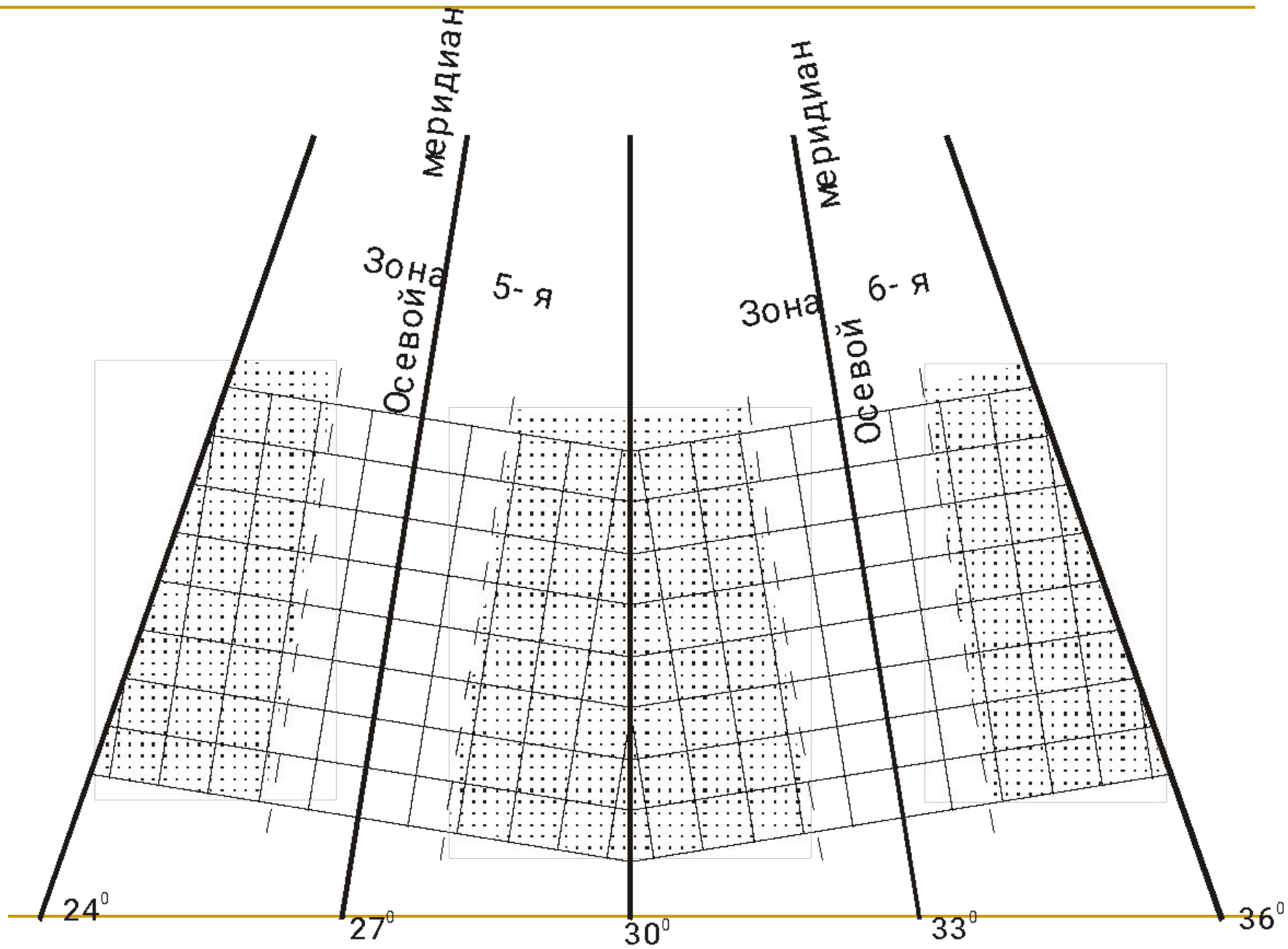
$$\frac{1}{M} = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H}$$



# Картографическая проекция Гаусса

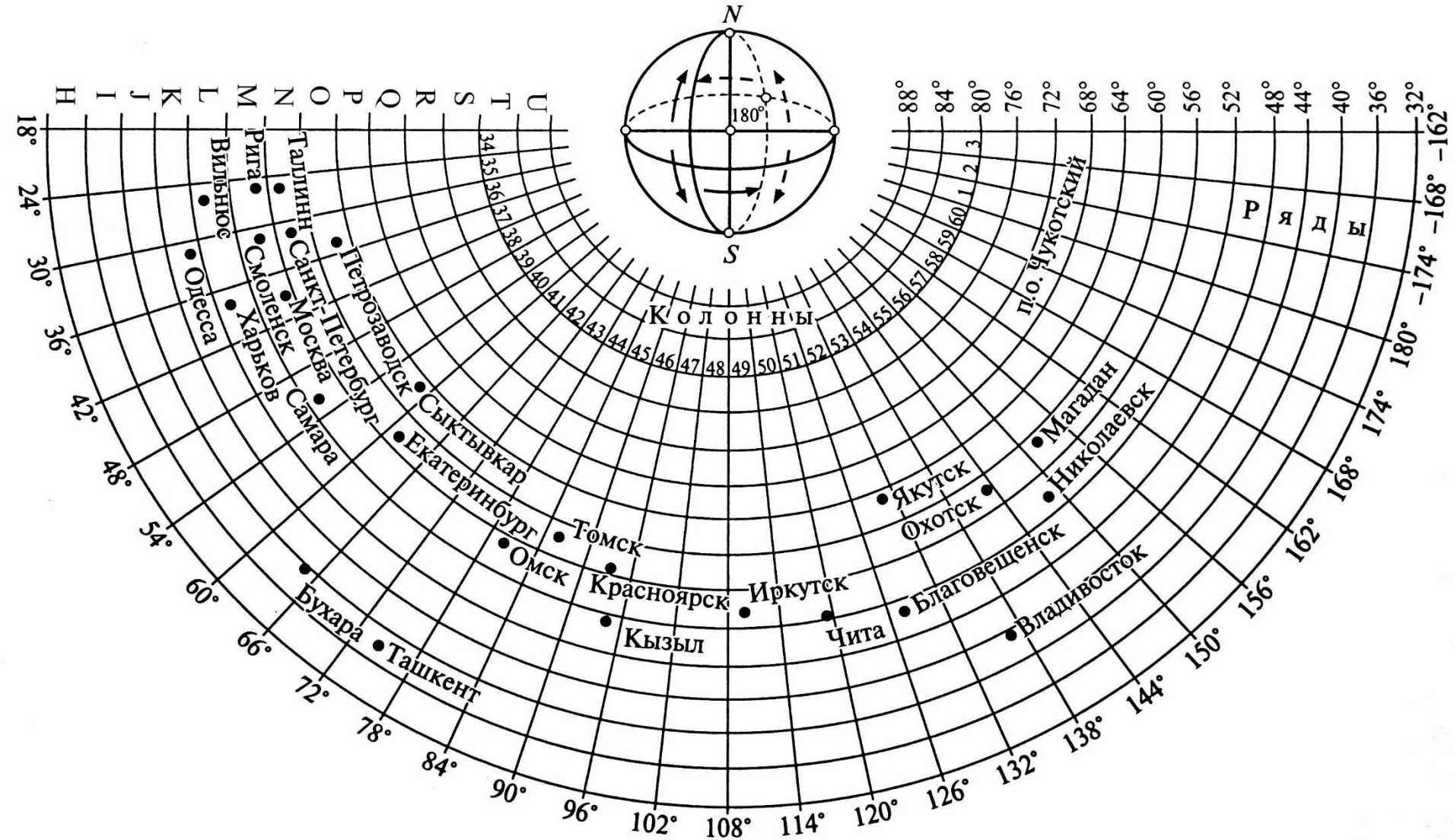


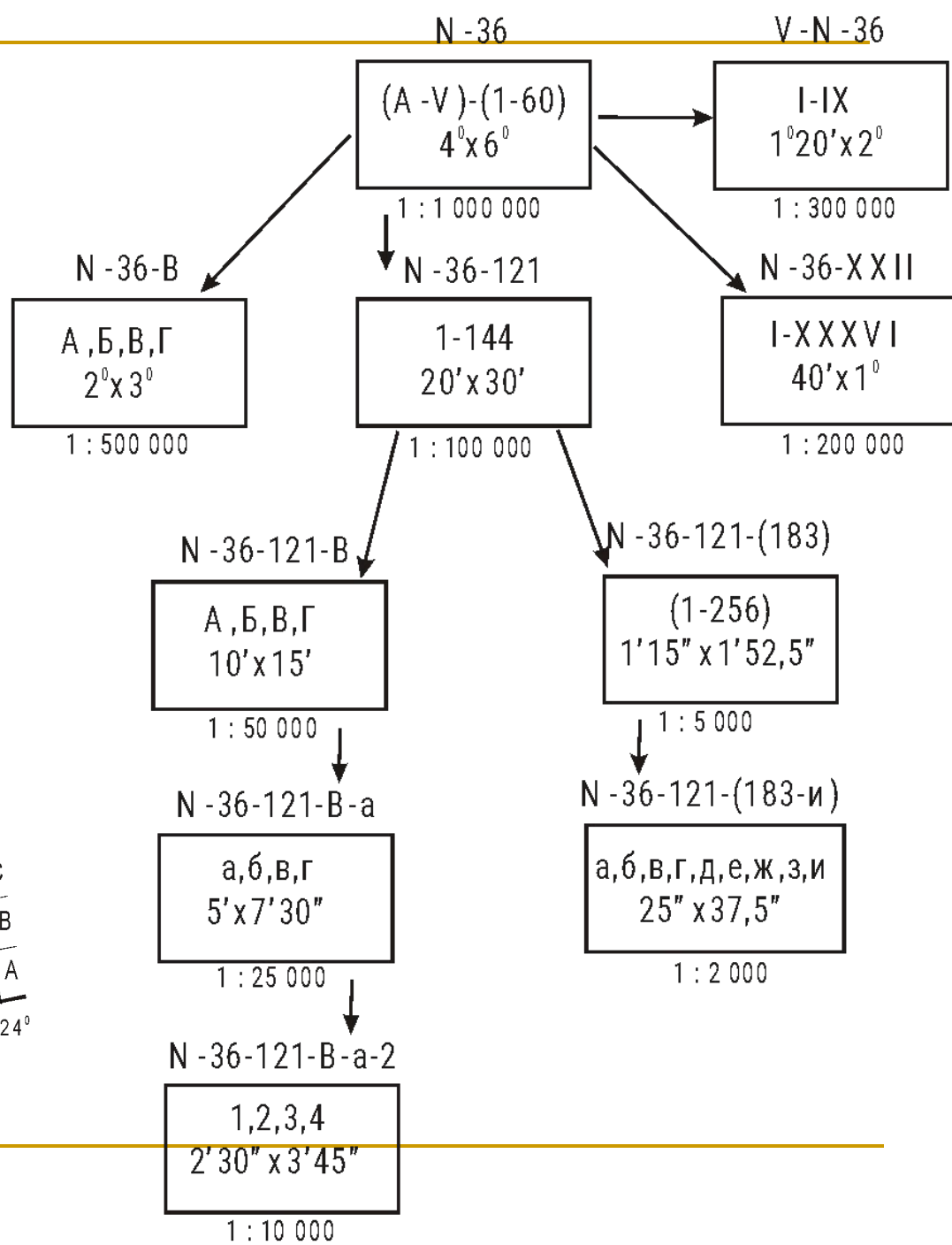
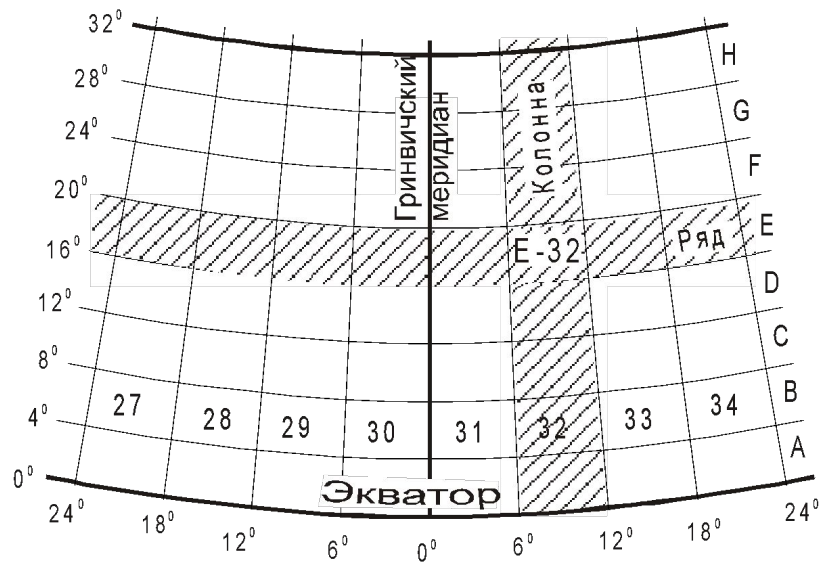




# Разграфка и номенклатура

*Разграфкой* называется разделение многолистной карты на отдельные листы. Обозначение отдельных листов такой карты по определенной системе называется *номенклатурой*





1:300 000

I-N -36

N -36

1:100 000

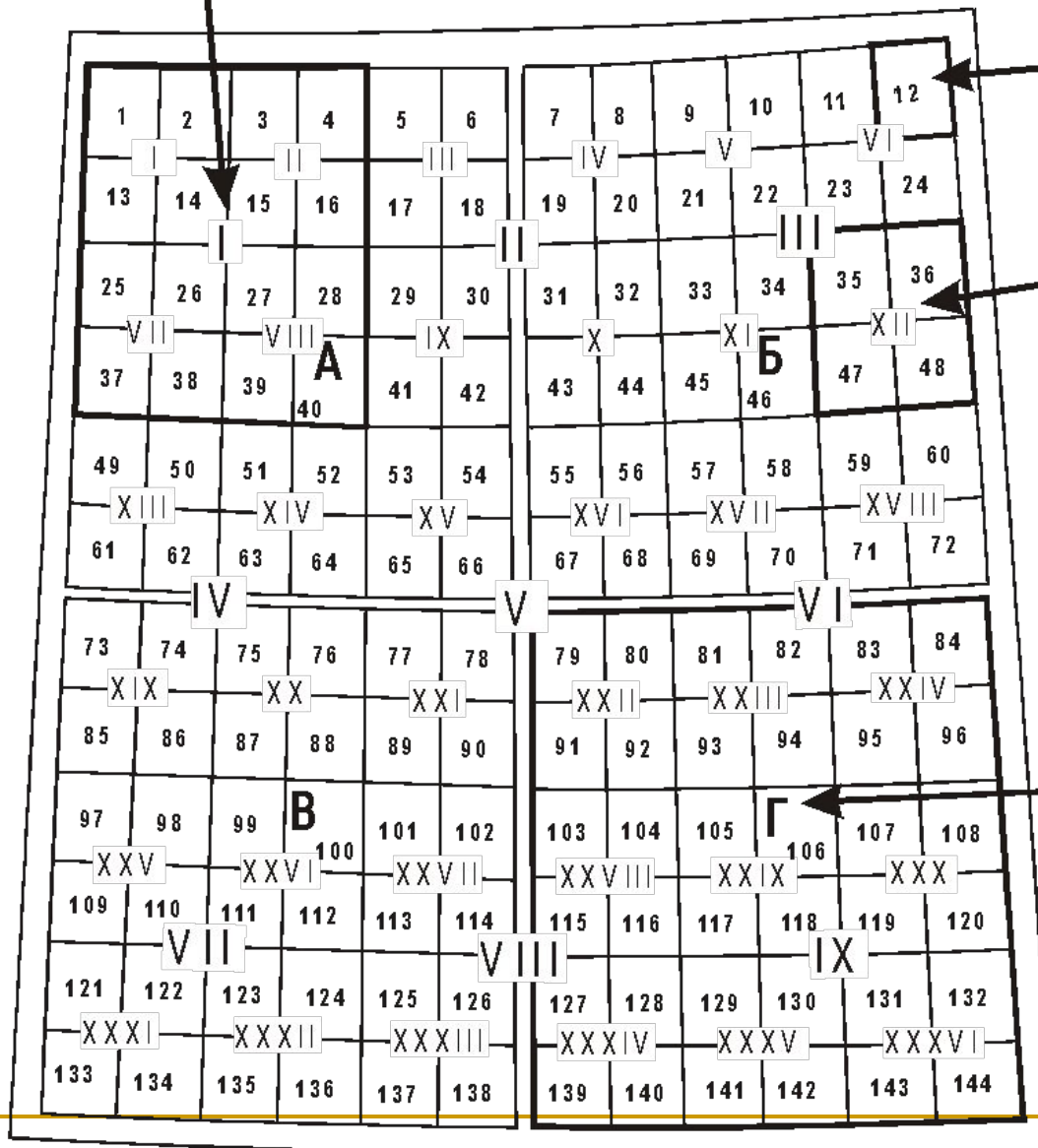
N -36-12

1:200 000

N -36-XII

1:500 000

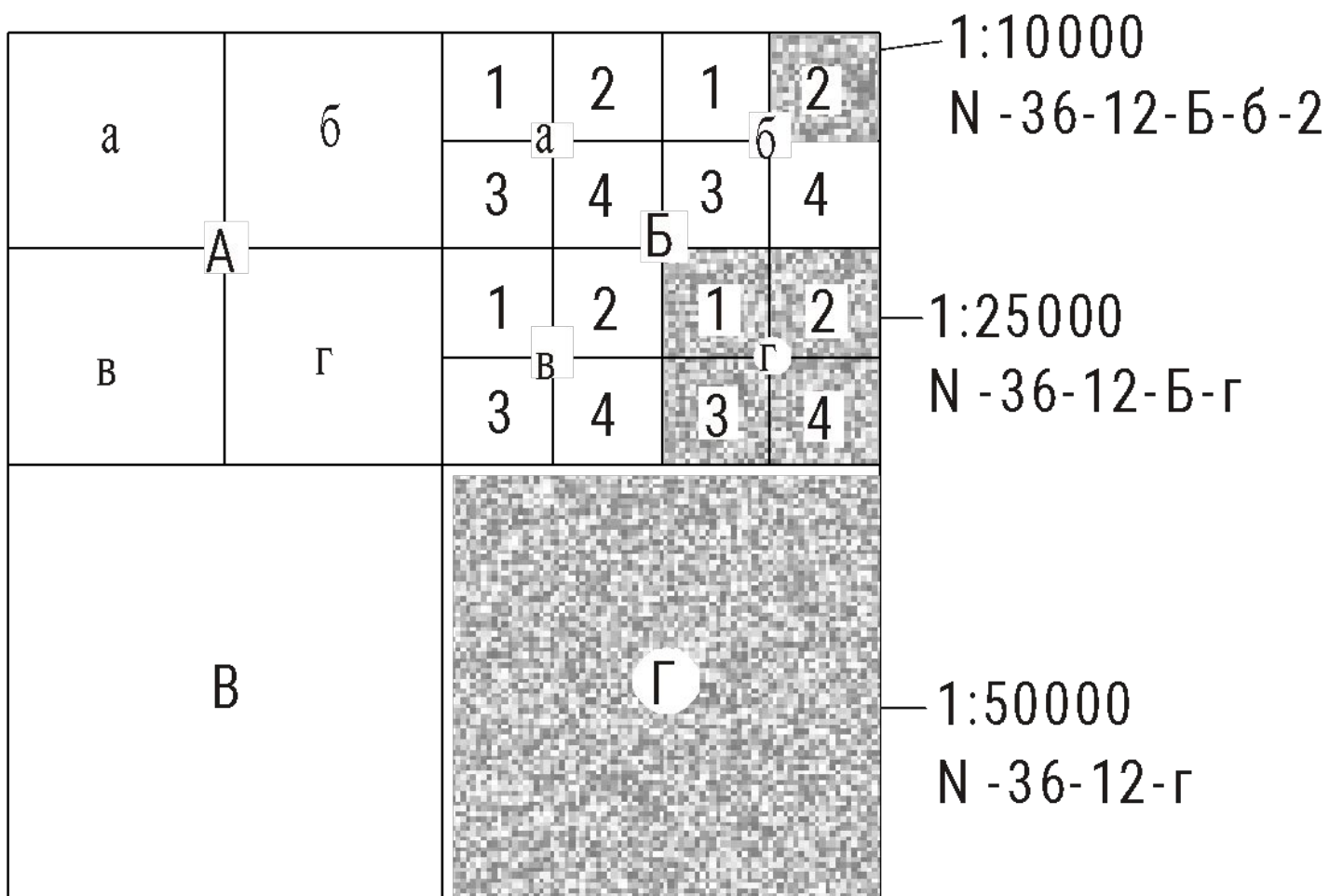
N -36-Г



1:1 000 000



N -36-12



1:100000

# N -36-12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17															32
33															48
49															64
65															80
81															96
97															112
113															128
129															144
145															160
161															176
177															192
193															208
209															224
225															240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256

1:5000  
N -36-12-(16)

1:100000

N -36-12-(16)

a	b	<b>в</b>
г	д	e
ж	з	и

1:2000

N -36-12-(16-в)

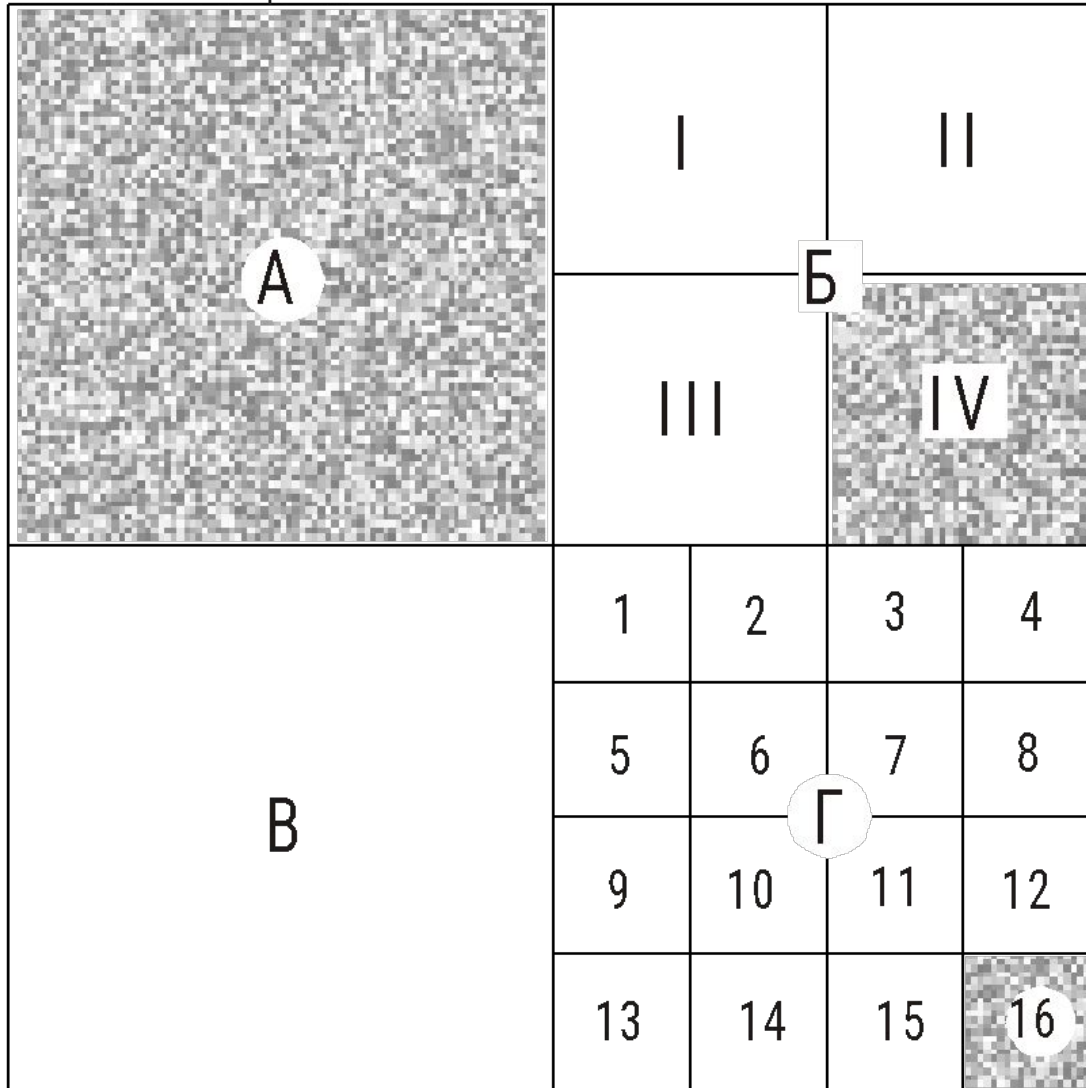
1:5000

Масштаб	Размер листа, град		Количество листов		Примерная площадь листа на широте 54°, км <sup>2</sup>
	по долготе	по широте	в листе карты исходного масштаба	в листе миллионной карты	
1:1 000 000	6°	4°	1	1	175000
1:500000	3°	2°	4	4	44 000
1:200000	1°	0°40'	36	36	5000
1:100000	0°30'	0°20'	144	144	1200
1:50000	0°15'	0°10'	4	576	300
1:25000	0°07'30"	0°05'	4	2304	75
1:10 000	0°03'45"	0°02' 30"	4	9216	19
1:5 000	0°01'52.5"	0°01'15"	256	36864	4*
1:2 000	0°00'37,5"	0°00'25"	9	331 776	1*

5

1:2000

5-A



1:1000

5-B-IV

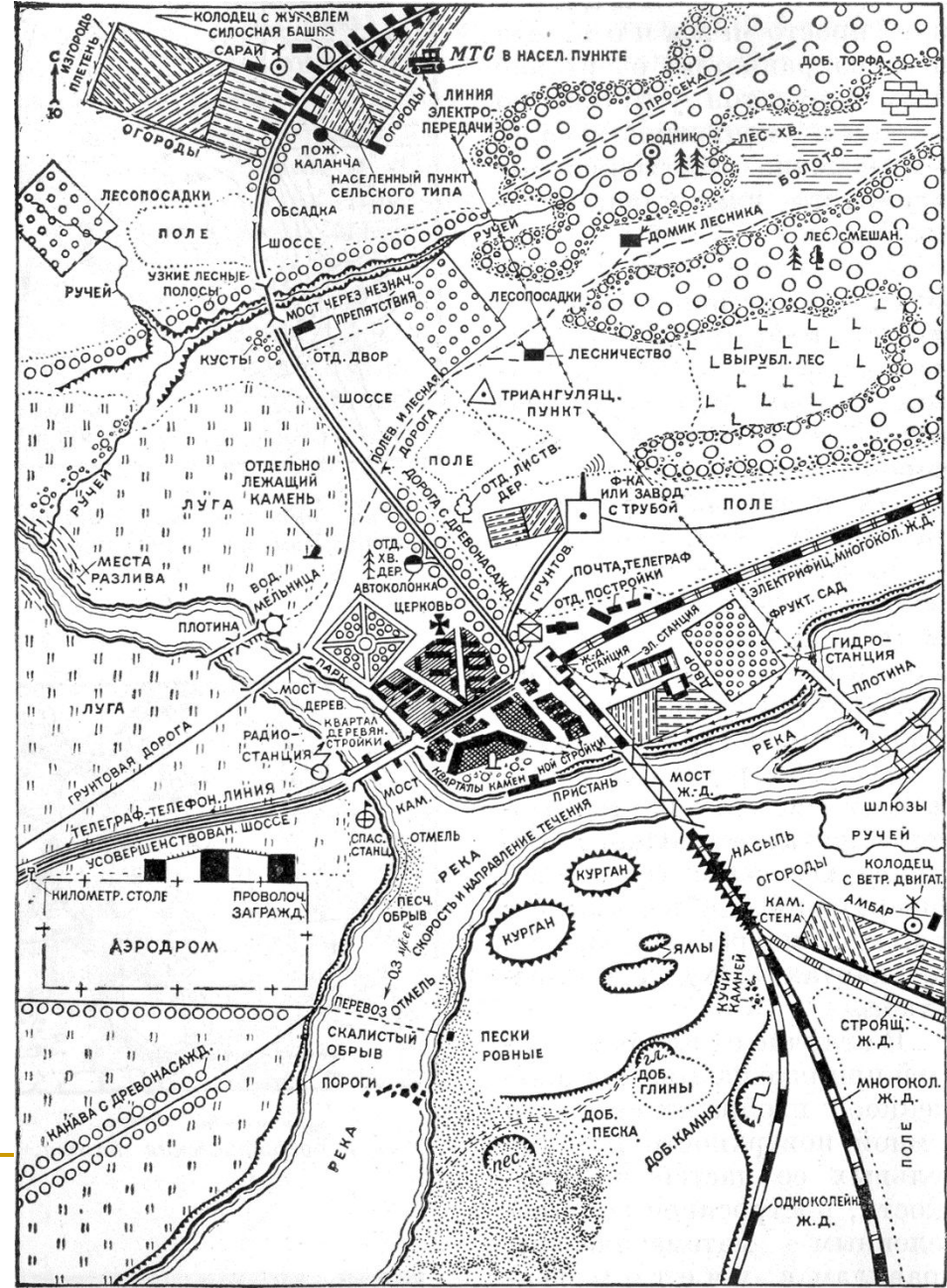
1:500

5-Γ-16

1:5000

Масштаб	Обозначение листов	Размер рамок листа, см	Площадь листа	
			га	км <sup>2</sup>
1:5000	<i>1, 2, 3...</i>	40X40	400	4
1:2000	<i>A, B, B, Г</i>	50X50	100	1
1:1000	<i>I, II, III, IV</i>	50X50	25	0,25
1:500	<i>1, 2, 3...</i>	50X50	6,25	0,0625

# Карта



---

**Картографические условные знаки** – это применяемые на картах обозначения различных объектов и их качественных и количественных характеристик.

Условные знаки – это система графических, цветовых и буквенно-цифровых обозначений.

Площадные

Линейные

Внемасштабные (точечные)

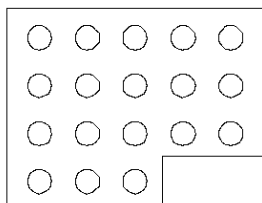
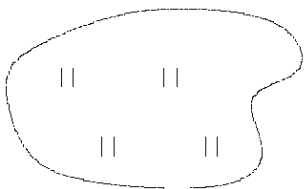
---



# Внемасштабные (точечные)

## Площадные

а)



б)



в)



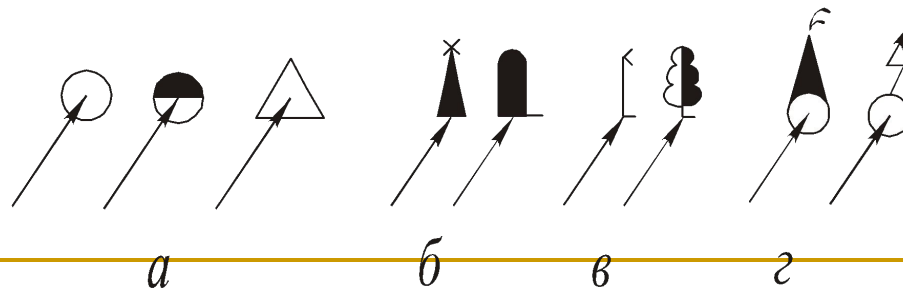
г)

*Железные дороги:*

 *однопутные*

 *двухпутные*

 *электрофицированные*



а

б

в

г

---

# Картографическая генерализация

- это процесс отбора и обобщения, выделения главного и снятия второстепенного в зависимости от назначения карты при картографировании поверхности Земли.

## Факторы генерализации:

- масштаб карты;
  - назначение карты;
  - тематика карты;
  - особенности и изученность объектов;
  - способы графического оформления карты.
-

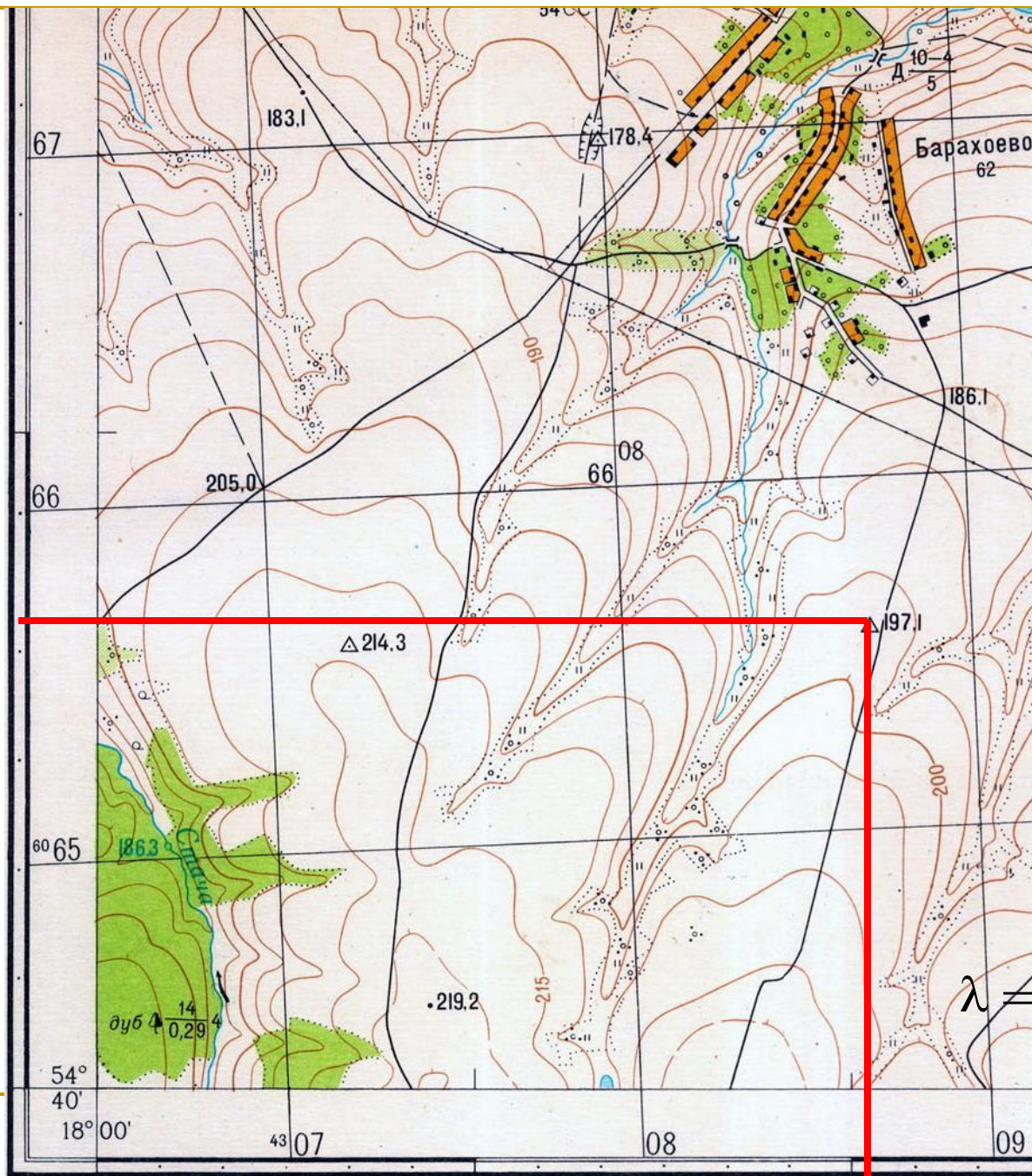
---

# Виды и формы генерализации

1. Обобщение качественных характеристик;
  2. Обобщение количественных характеристик;
  3. Переход от простых понятий к сложным;
  4. Отбор (исключение) объектов (ценз и норма);
  5. Обобщение очертаний контуров;
  6. Объединение контуров;
  7. Смещение элементов отображения;
  8. Утрирование.
-

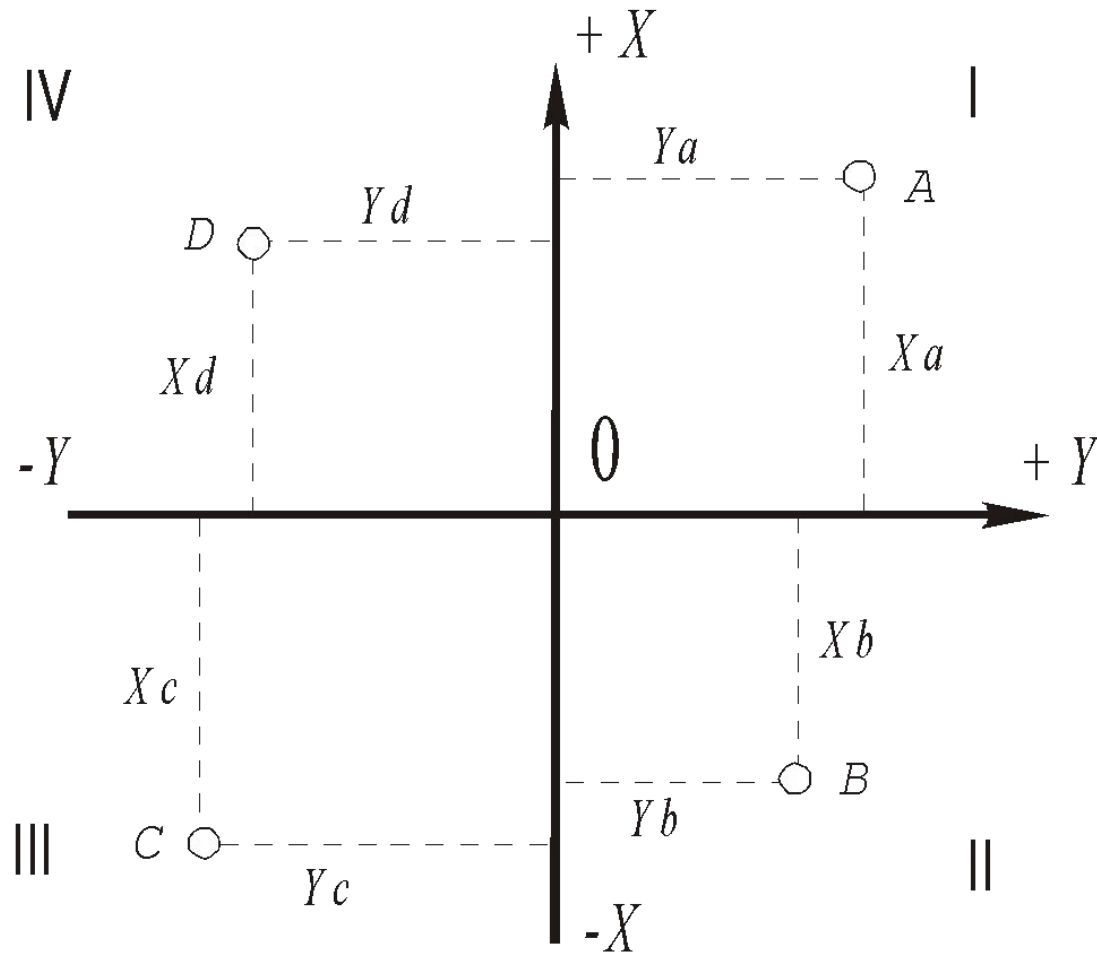


$$\varphi = 54^{\circ} 40' 42''$$

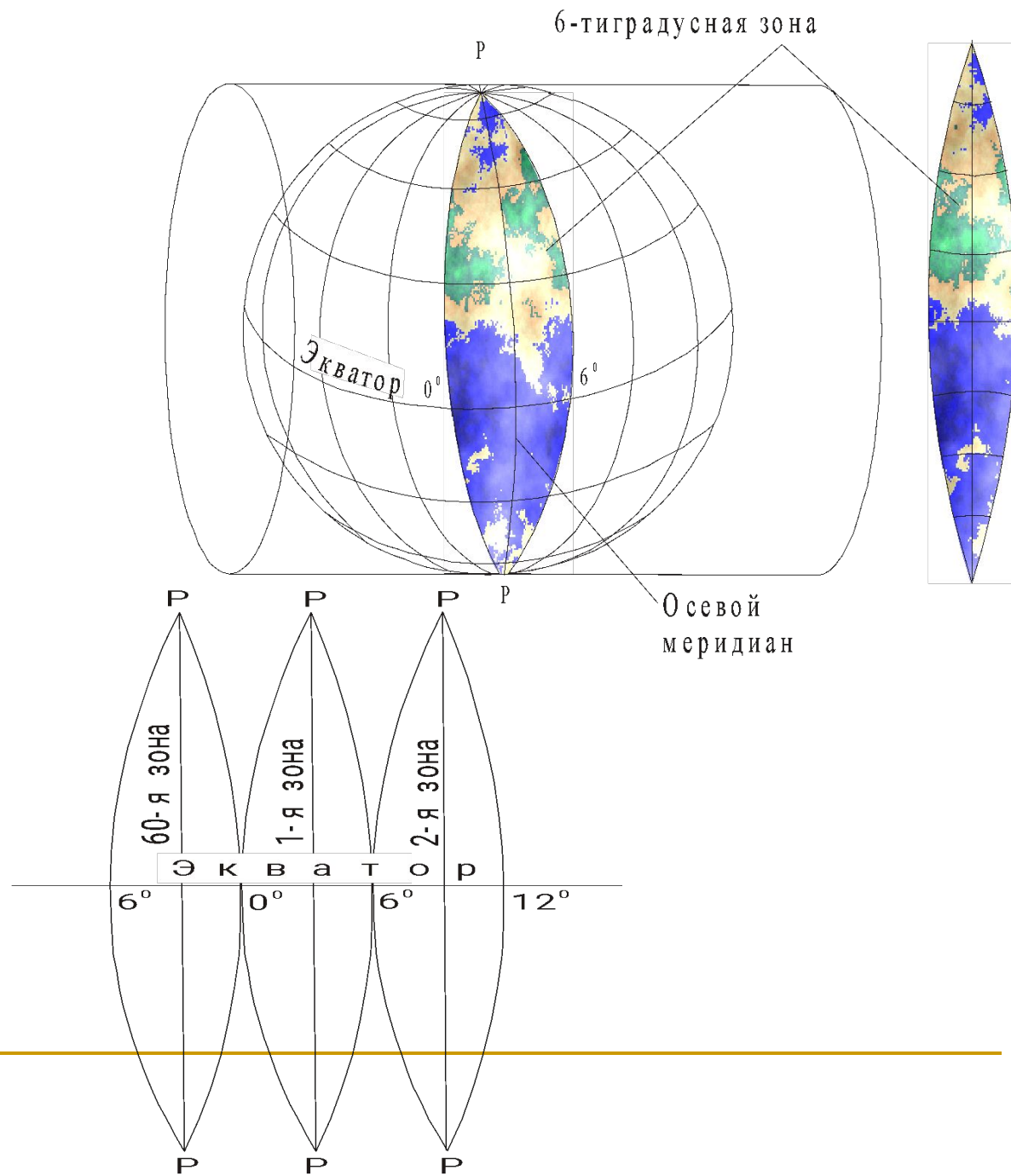
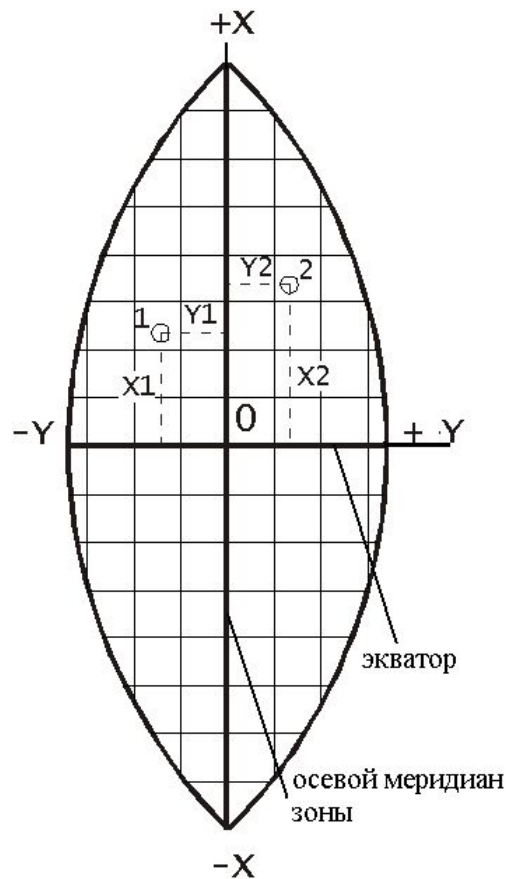


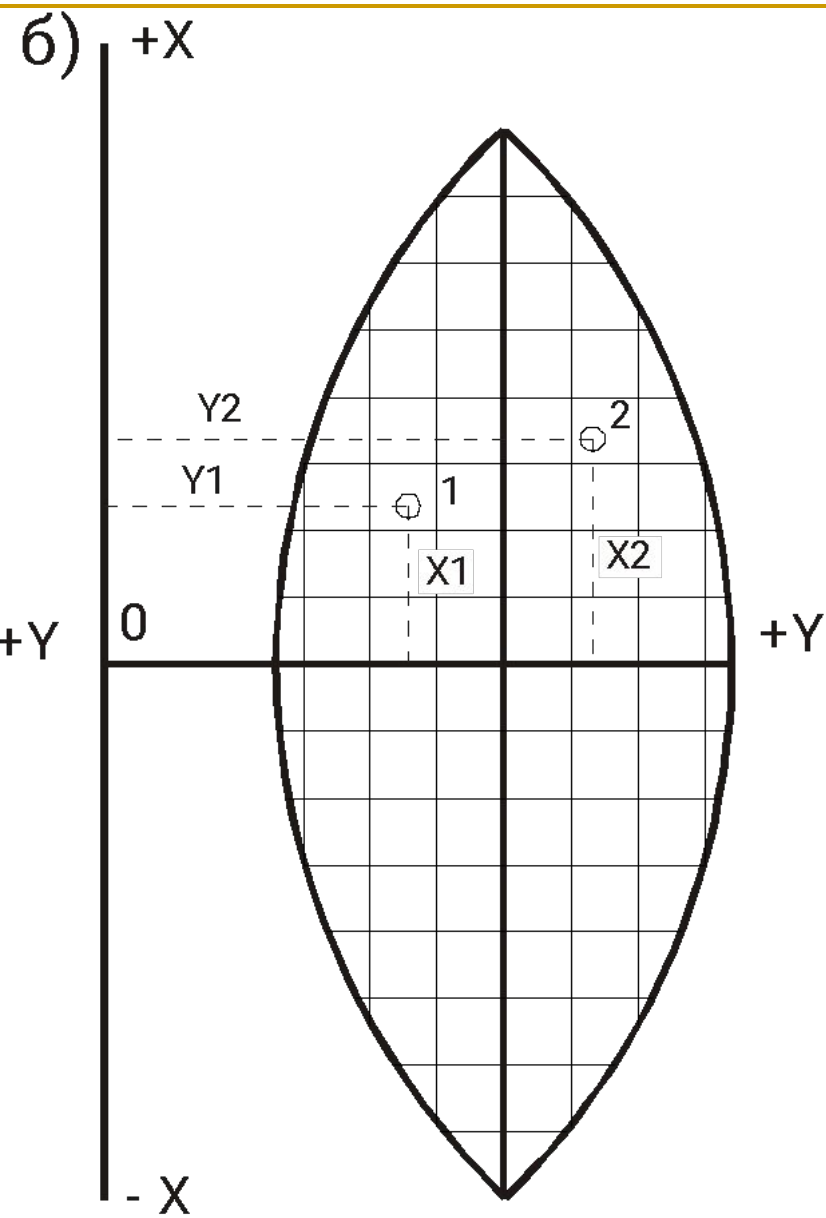
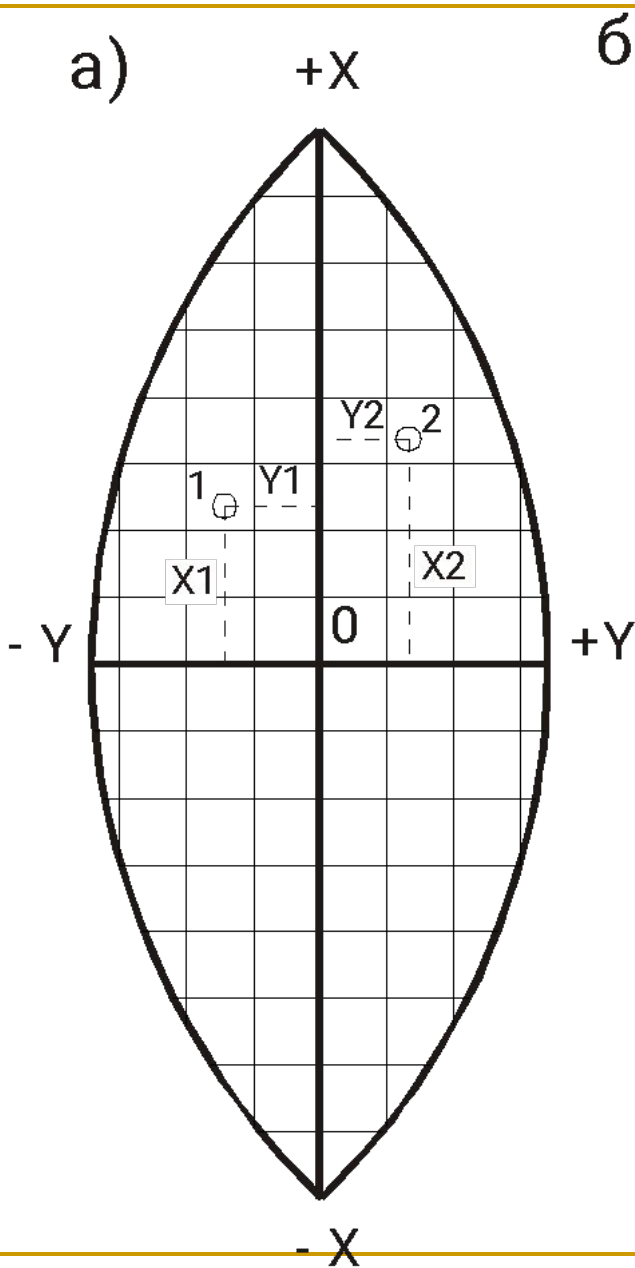
$$\lambda = 18^{\circ} 02' 03''$$

# Плоские прямоугольные координаты

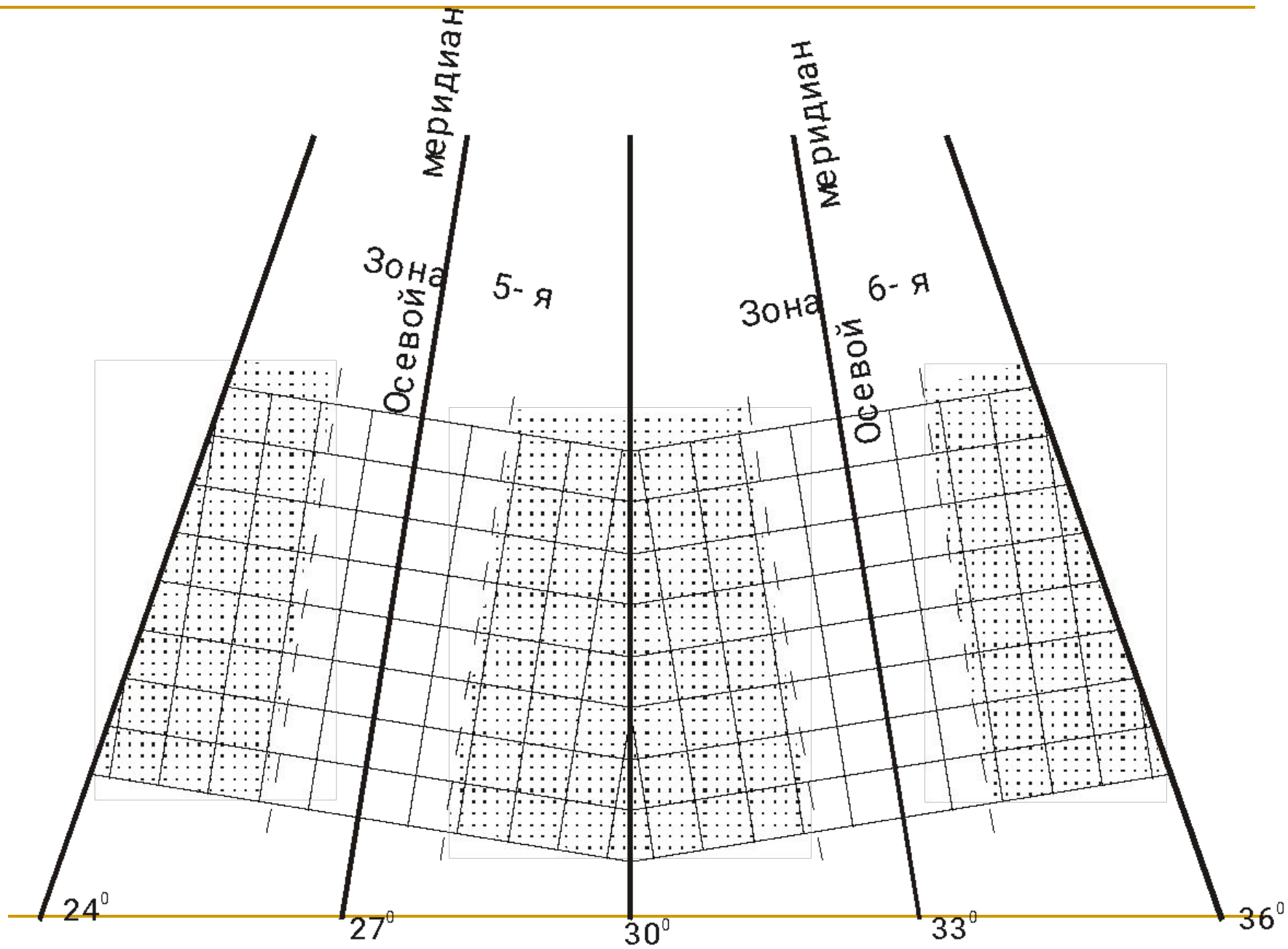


# Цилиндрическая равноугольная поперечная проекция Гаусса



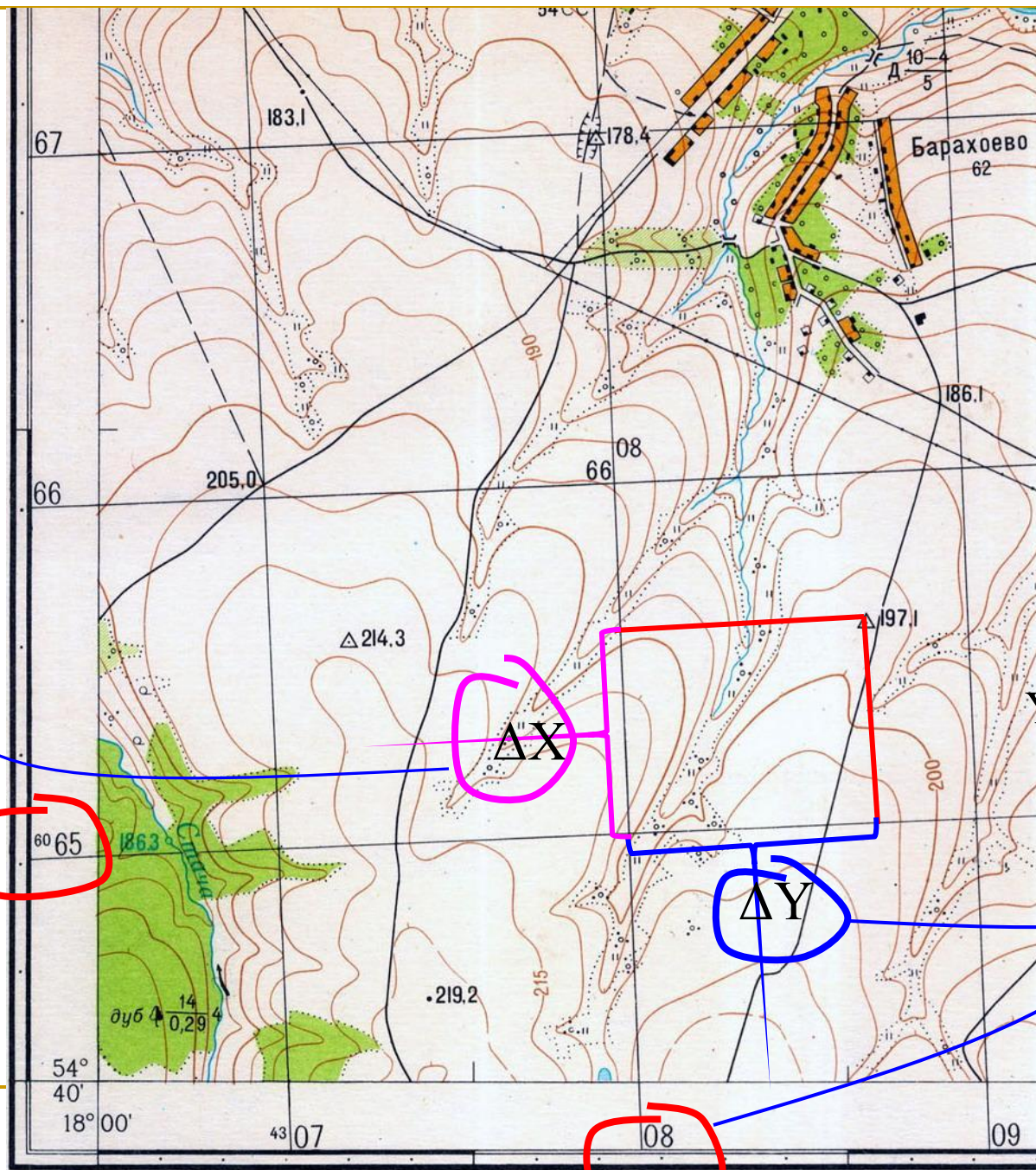






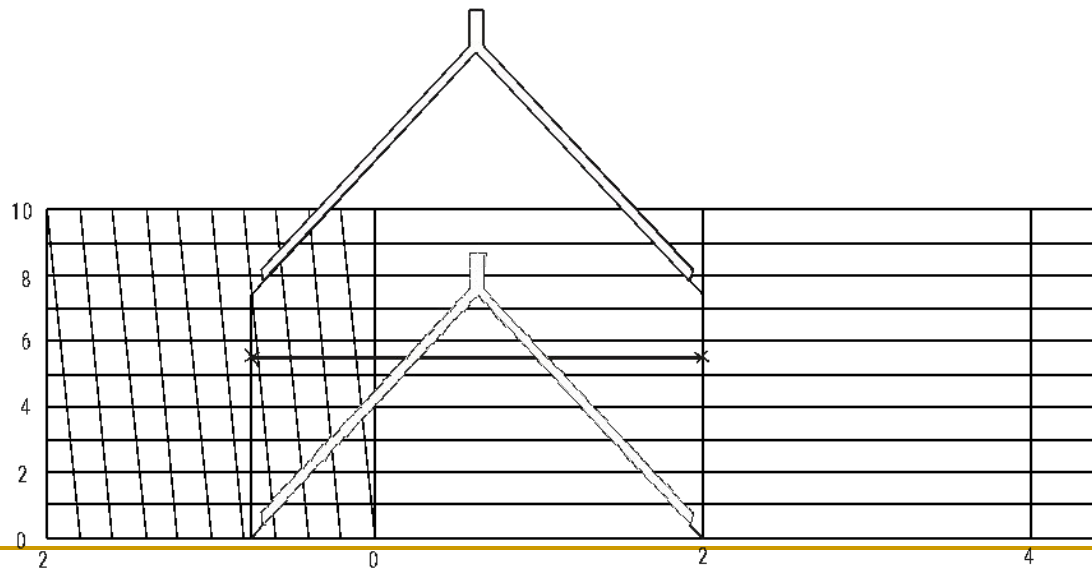
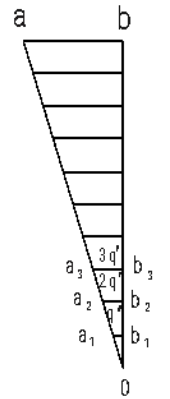
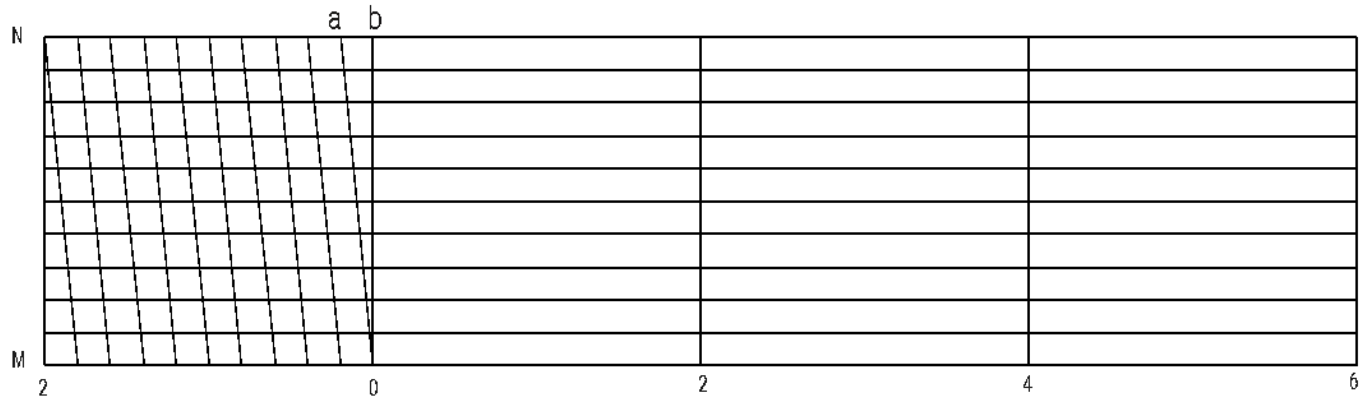
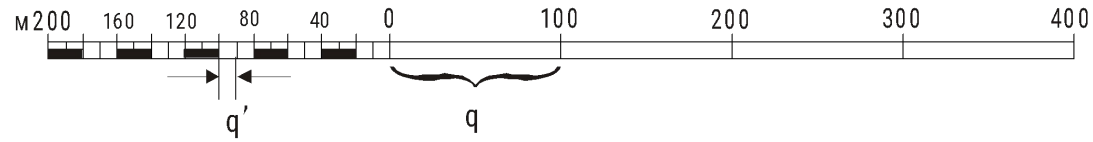
$X = 6065540 \text{ M}$

$Y = 4\,308\,620 \text{ M}$



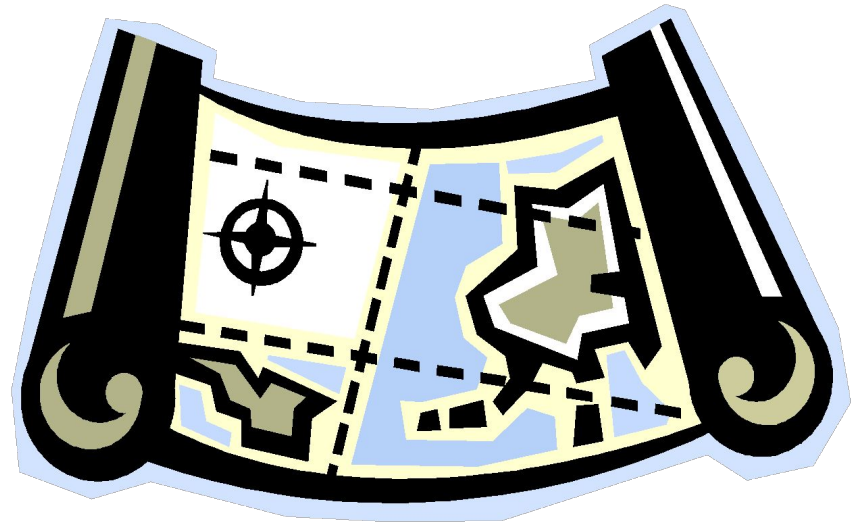
# 1:10000

в 1-м сантиметре 100 метров



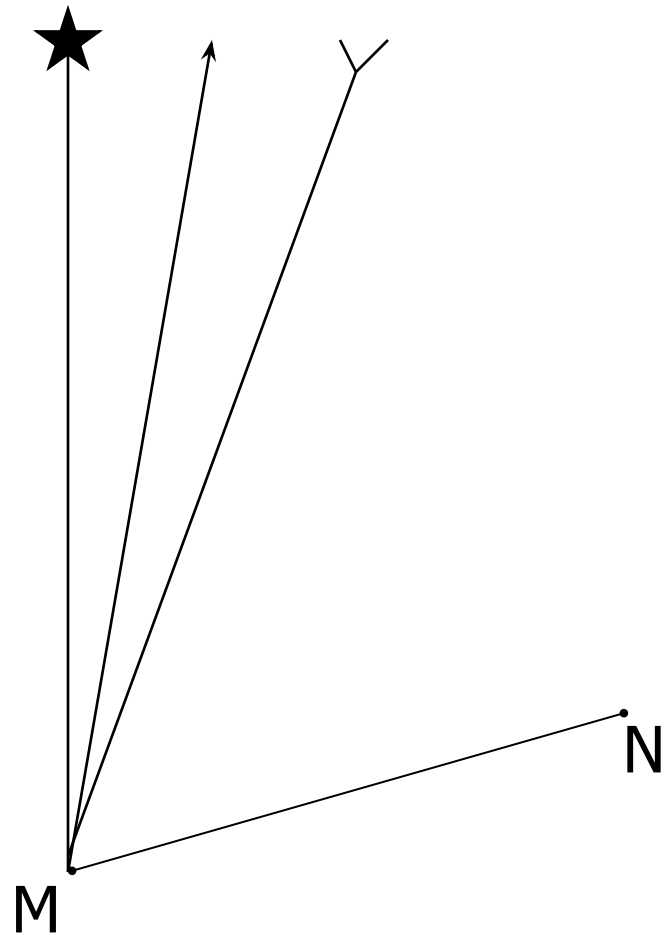
# Ориентирование линий

- Ориентировать линию - найти ее направление относительно какого-либо другого направления, принимаемого за исходное (известное) направление.
- Для этого необходимо определить значение горизонтального угла между исходным и определяемым направлениями.



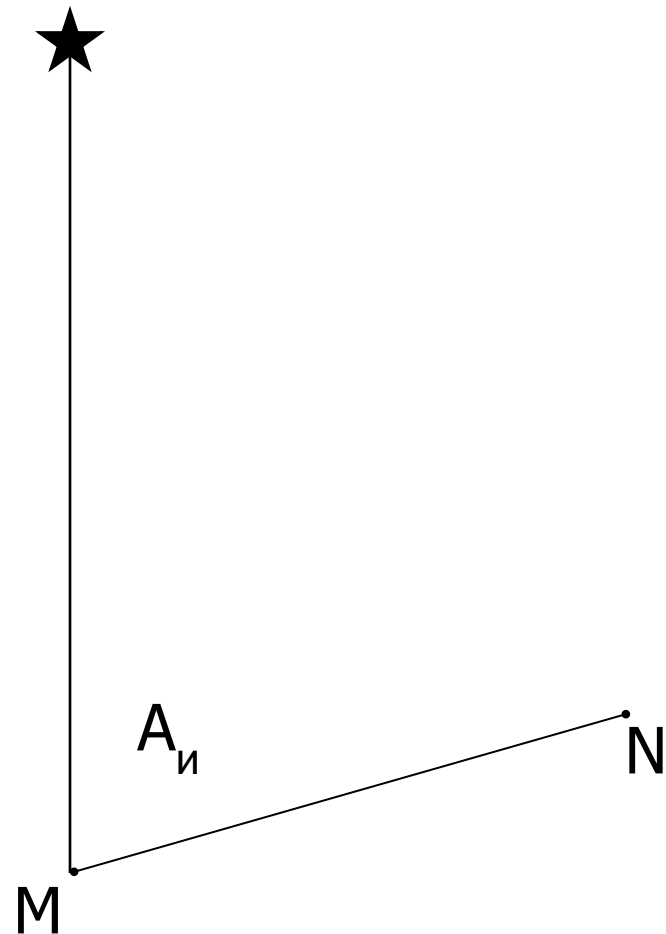
# Исходные направления

- В геодезии в качестве исходного принимают направления:
  - - истинного меридиана;
  - - магнитного меридиана;
  - - осевого меридиана зоны.



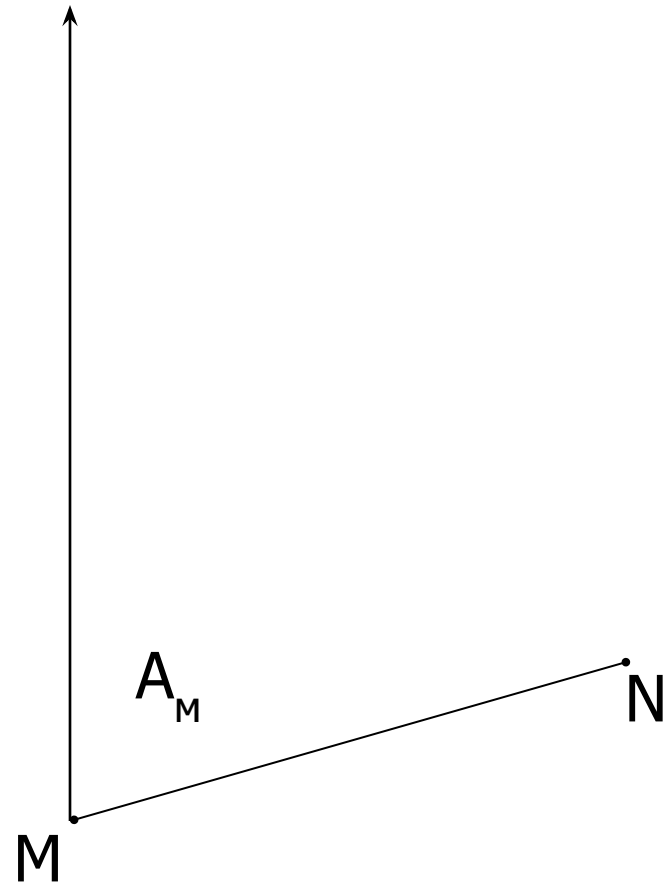
# Истинный азимут

- В качестве исходного направления принято направление истинного меридиана.
- Истинный азимут  $A_{и}$  - горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки между северным направлением истинного (географического) меридиана и заданным направлением.
  - $0^{\circ} < A_{и} < 360^{\circ}$



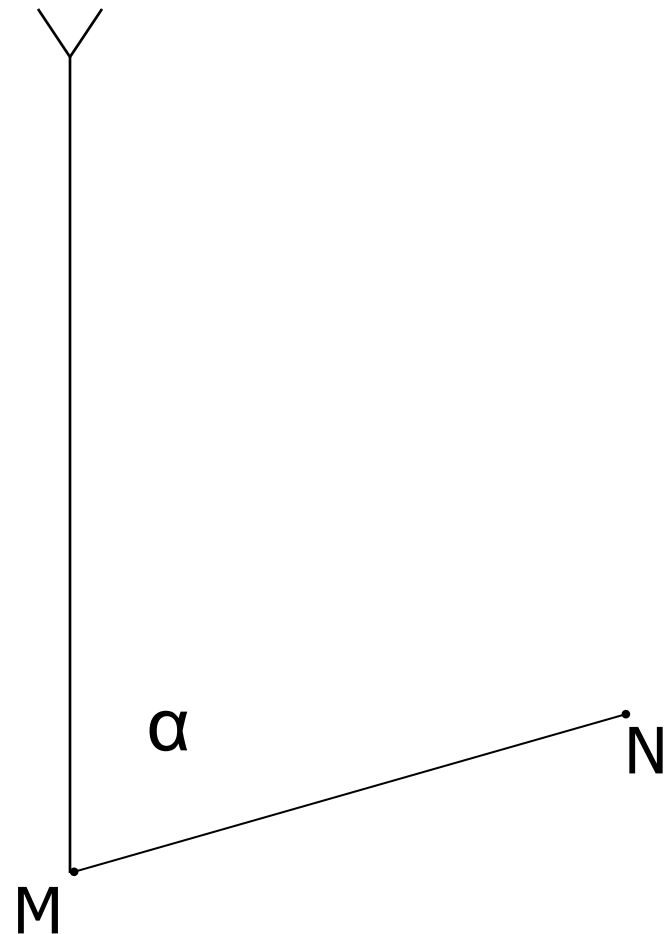
# Магнитный азимут

- В качестве исходного направления принято направление магнитного меридиана.
- Магнитный азимут  $A_M$  - горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки между северным направлением магнитного меридиана и заданным направлением.
  - $0^\circ < A_M < 360^\circ$



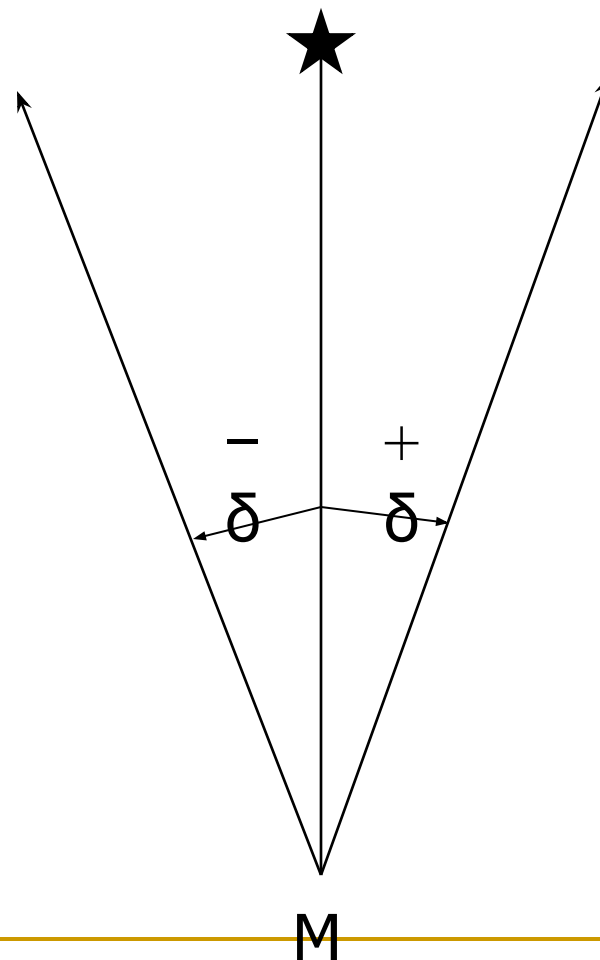
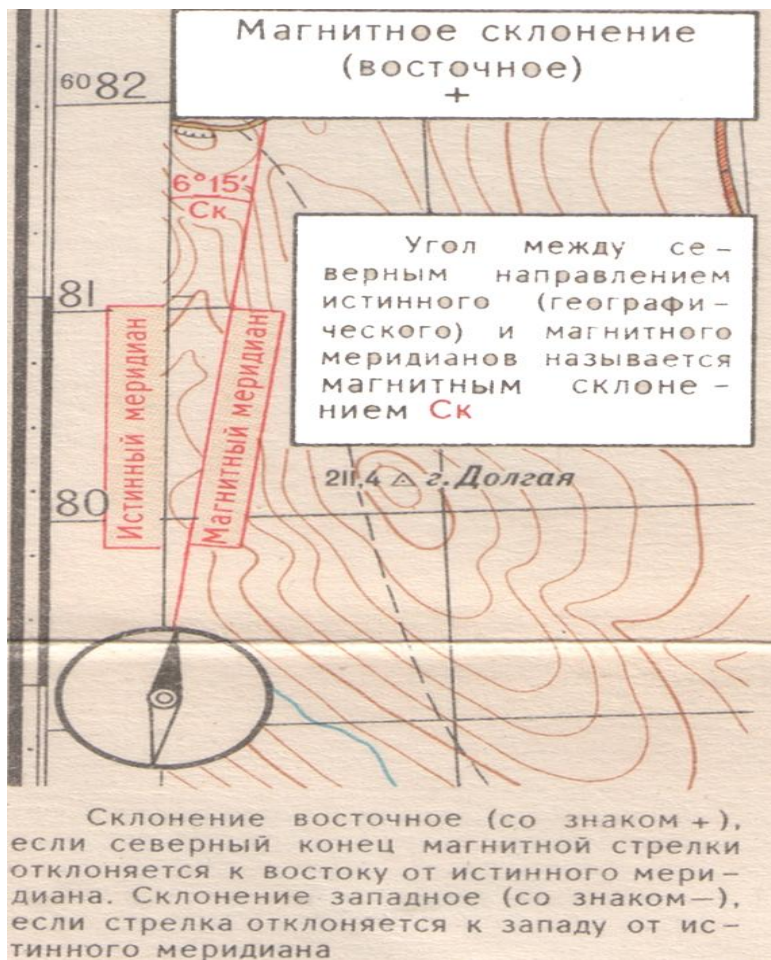
# Дирекционный угол

- В качестве исходного направления принято направление осевого меридиана зоны.
- Дирекционный угол  $\alpha$  - горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки между северным направлением осевого меридиана и заданным направлением.
  - $0^\circ < \alpha < 360^\circ$

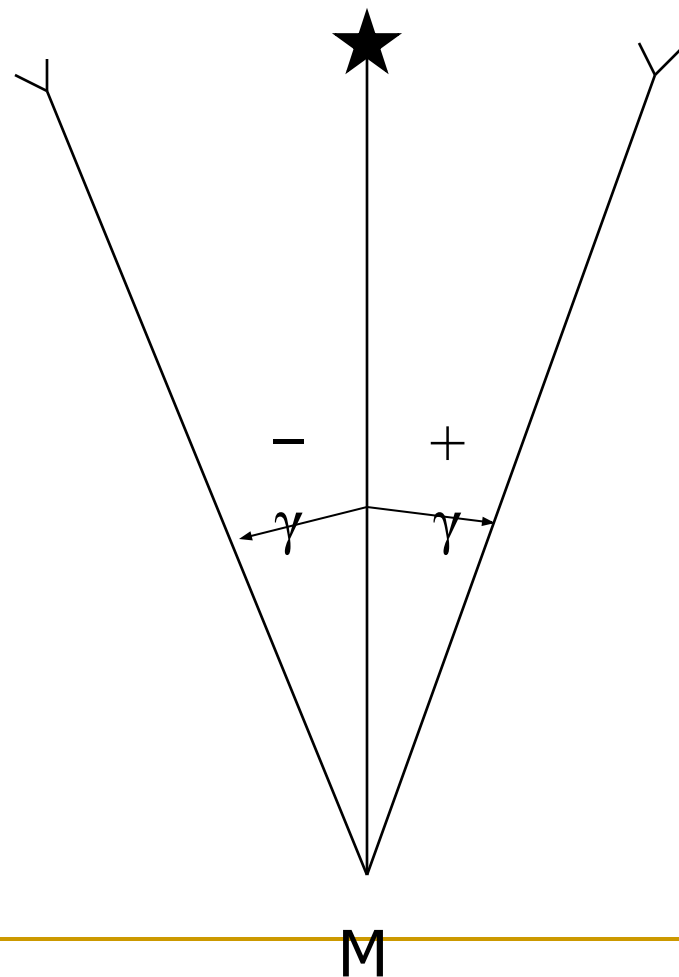
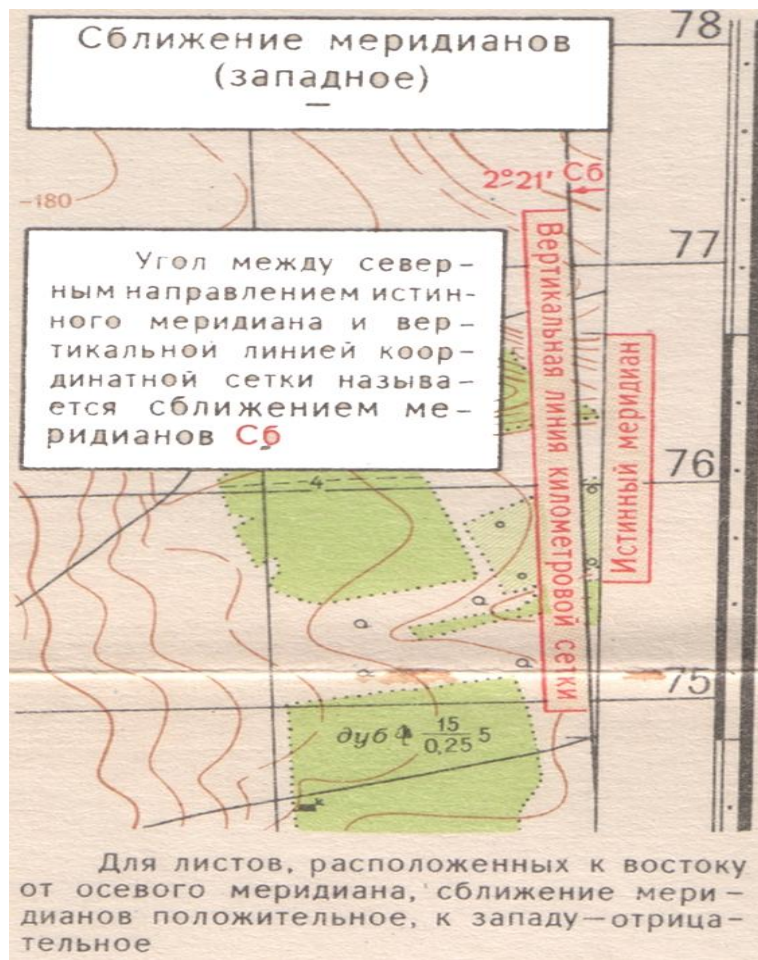




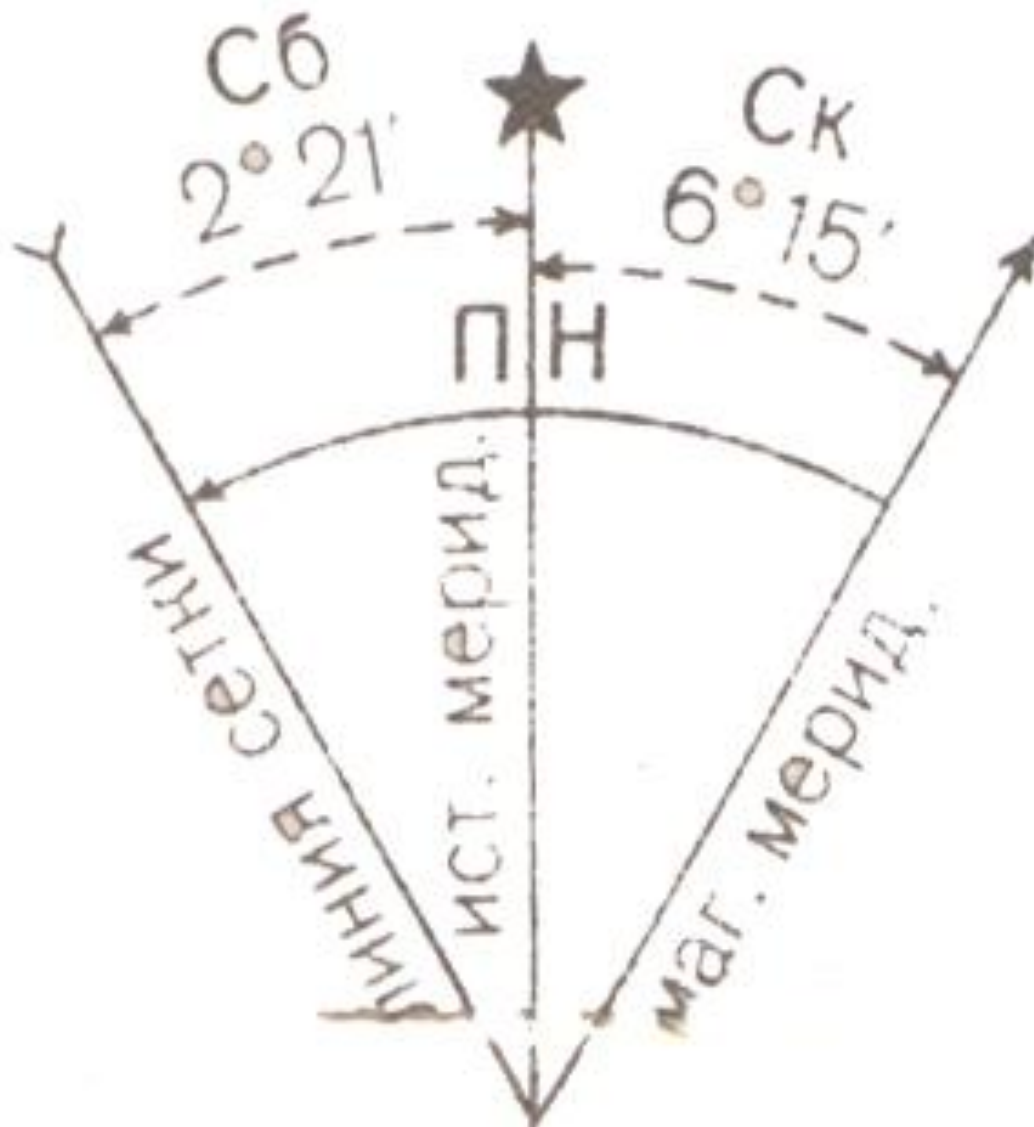
# Склонение магнитной стрелки



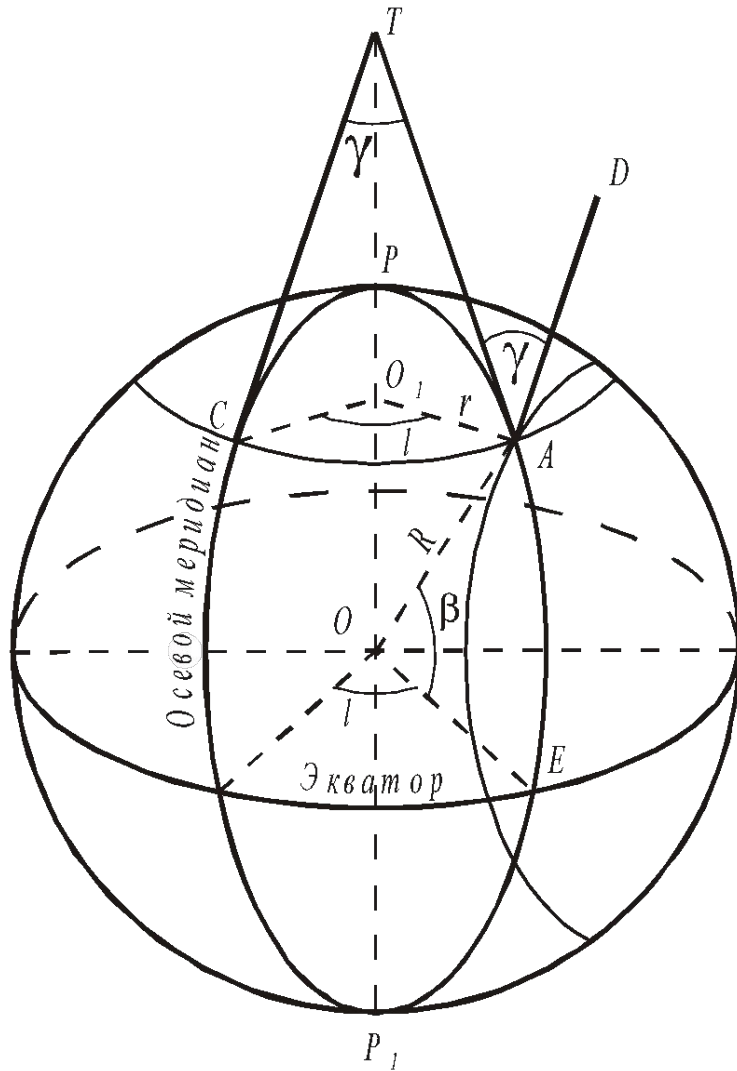
# Сближение меридианов



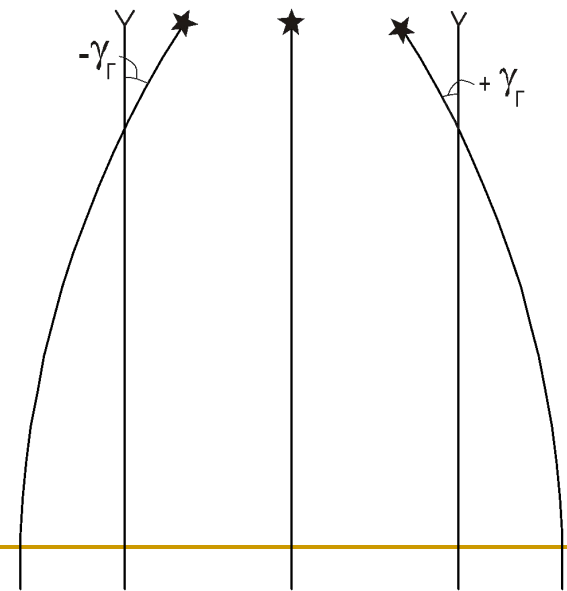
# Исходные направления на карте



# Сближение меридианов и его определение



$$\gamma = (L - L_0) \sin B$$

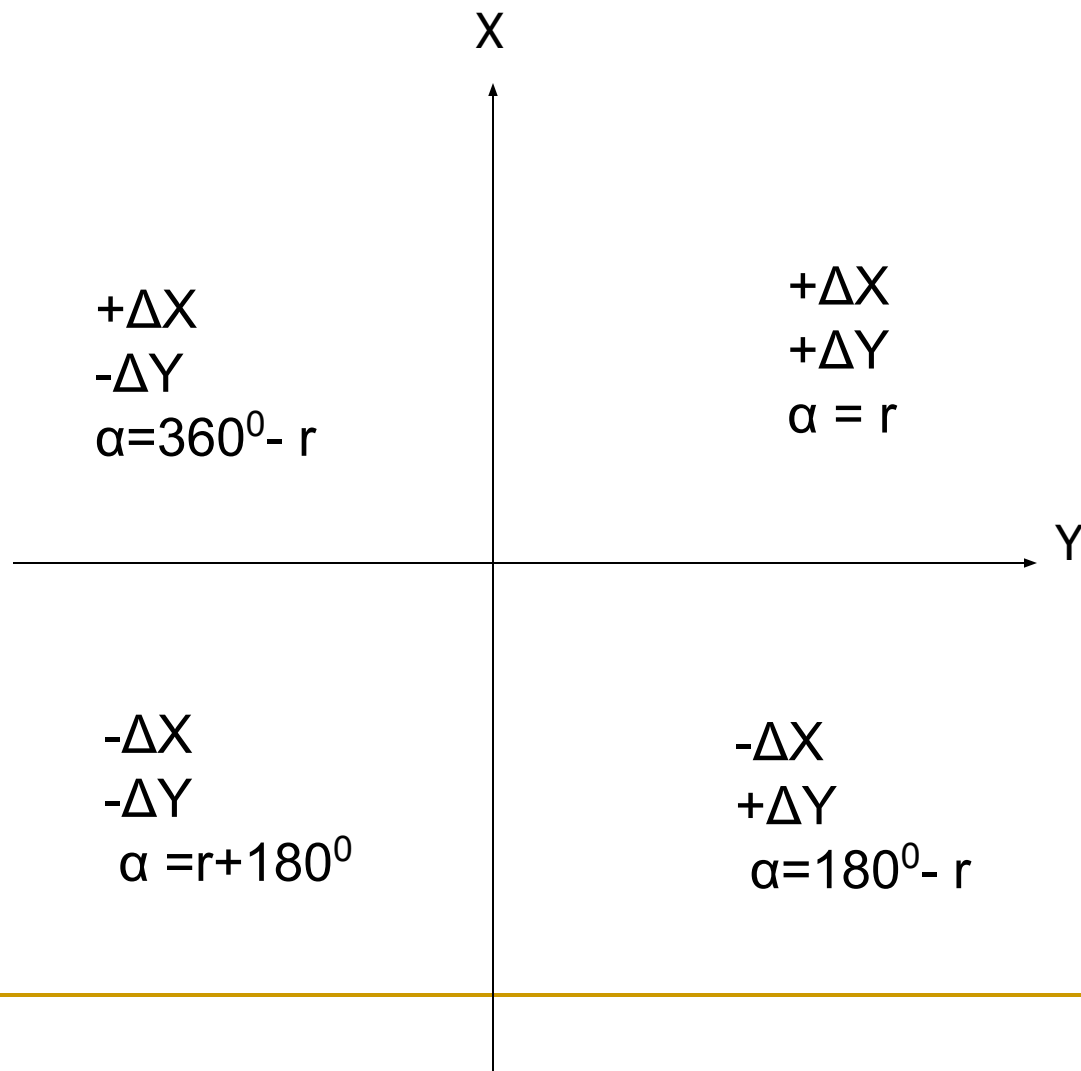


# Румбы и табличные углы

- Румбом называется острый угол, отсчитываемый от ближайшего направления осевого меридиана до заданного направления.
- Численные значения румбов без указания четвертей называются табличными углами.

Четверти и их наименования	Дирекционные углы	Формула связи	Знак $\Delta X$	Знак $\Delta Y$
I - СВ	$0 - 90^\circ$	$\alpha = r$	+	+
II - ЮВ	$90^\circ - 180^\circ$	$\alpha = 180^\circ - r$	-	+
III - ЮЗ	$180^\circ - 270^\circ$	$\alpha = 180^\circ + r$	-	-
IV - СЗ	$270^\circ - 360^\circ$	$\alpha = 360^\circ - r$	+	-

# Связь дирекционных углов с румбами (табличными углами)

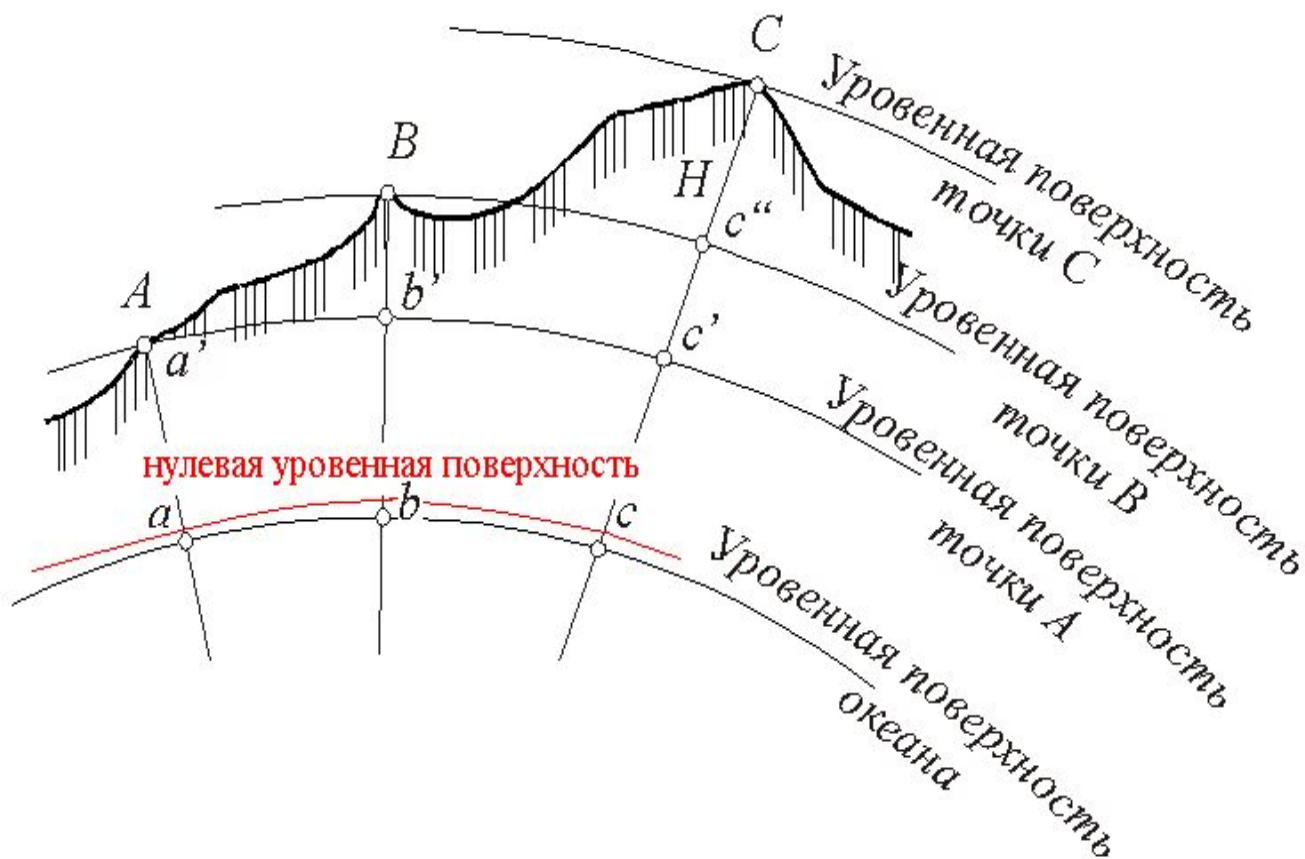


# Маршрут по карте



# Балтийская система высот

**Высота точки А** – это расстояние между нулевой уровенной поверхностью и уровенной поверхностью точка А, отсчитываемое по отвесной линии, проходящей через точку.



**Кронштадский футшток** задает нулевую уровенную поверхность для определения высот в России - Балтийскую систему высот.







ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ  
РОССИИ



В УСТЬЕ МОСТА НАХОДИТСЯ  
ИСХОДНЫЙ ПУНКТ  
НИВЕЛИРНОЙ СЕТИ  
РОССИИ

(Нуль Кронштадтского  
футштока)  
Установлен в 1860 г.  
Реставрирован в 1981 г.  
Охраняется государством

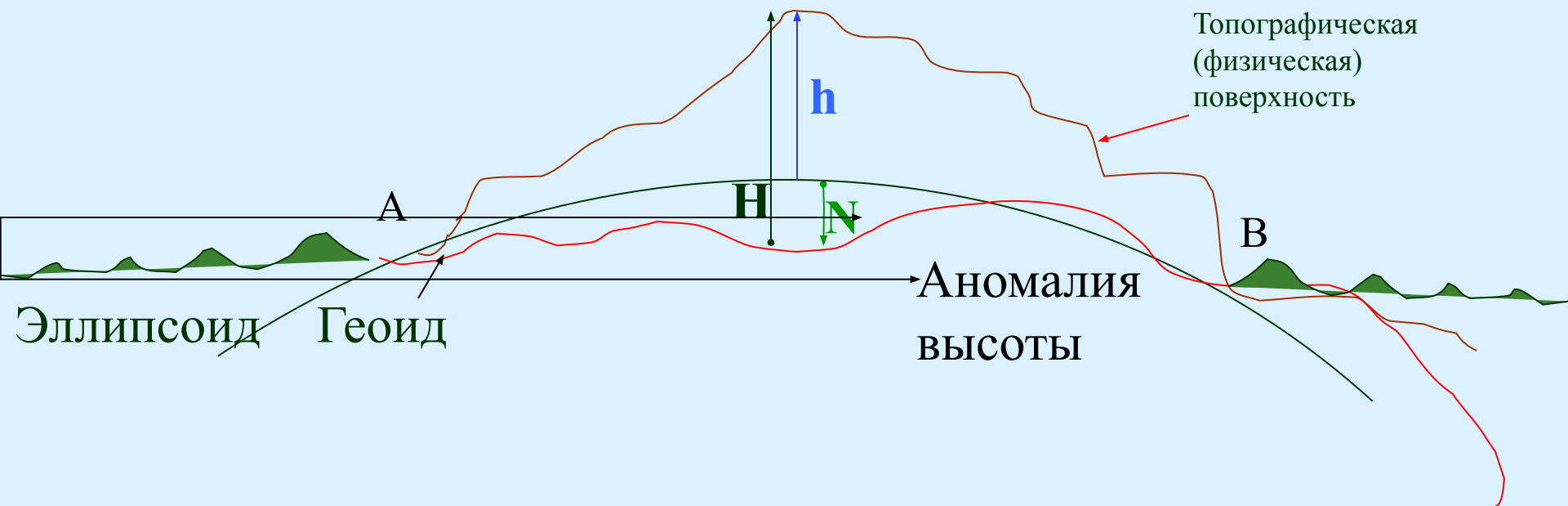
# Эллипсоид, геоид

**H** = ортометрическая высота

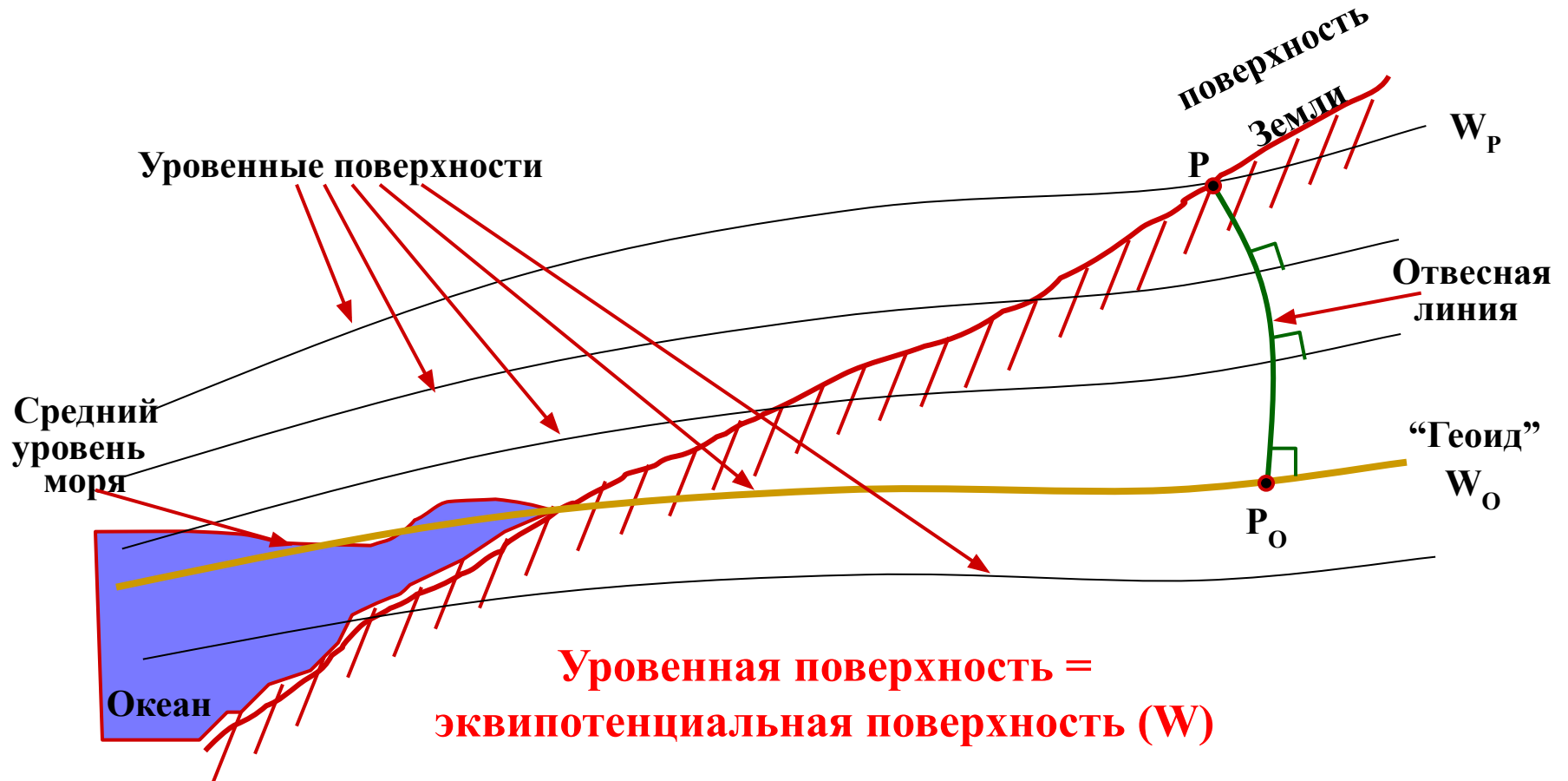
**h** = геодезическая (эллипсоидальная) высота

**N** = аномалия высоты

$$H = h - N$$

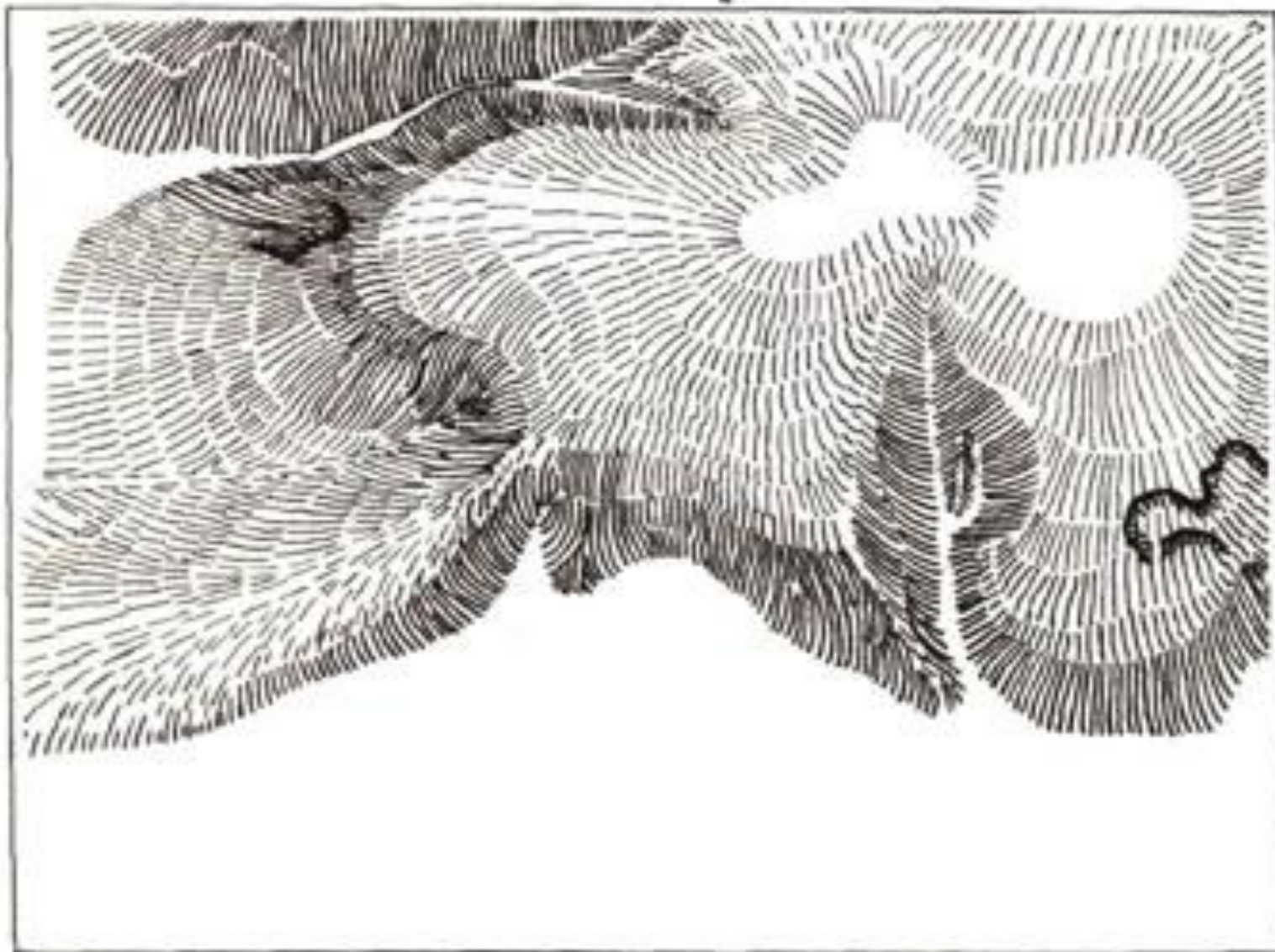


# Уровенные поверхности и ортометрические высоты

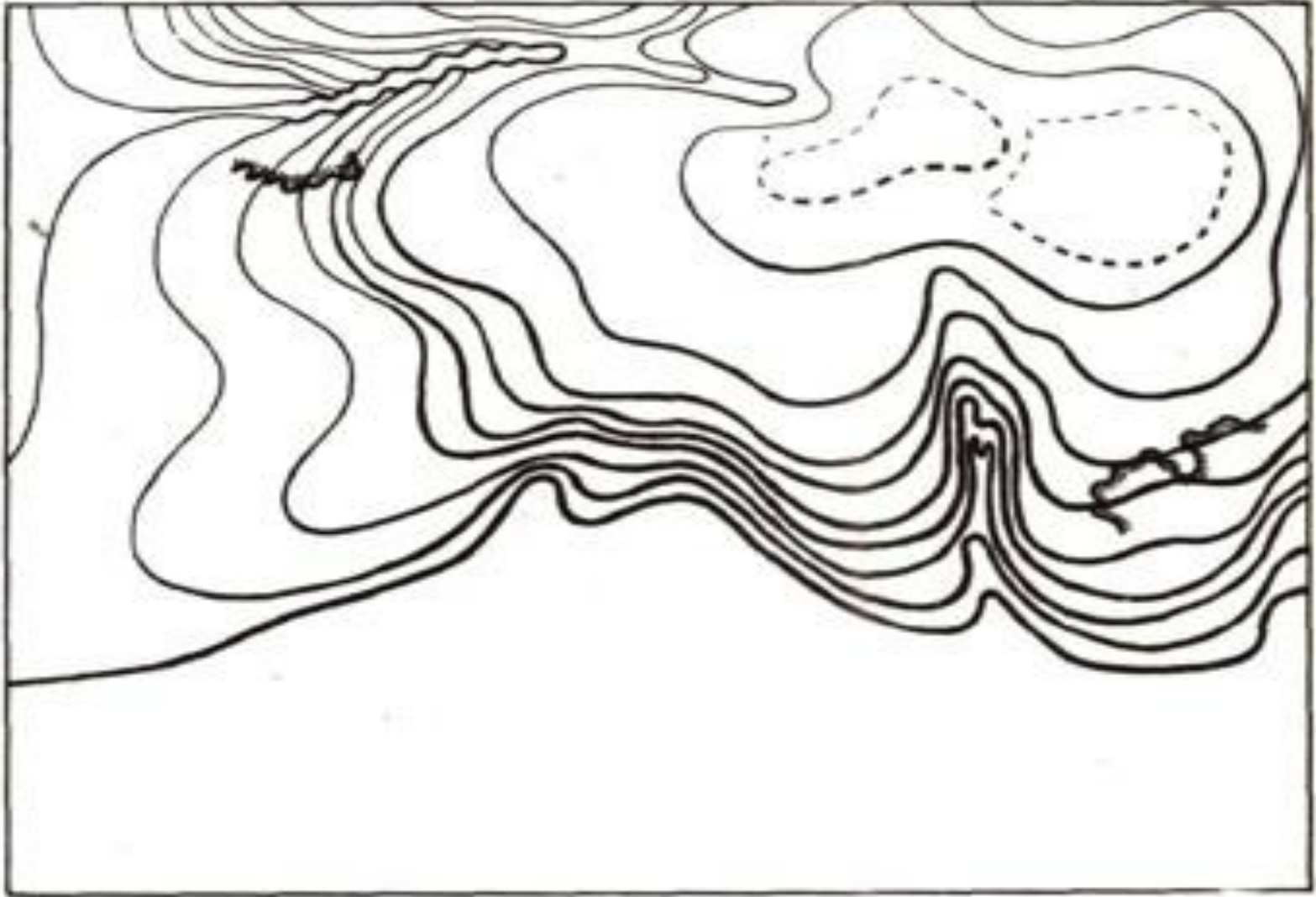


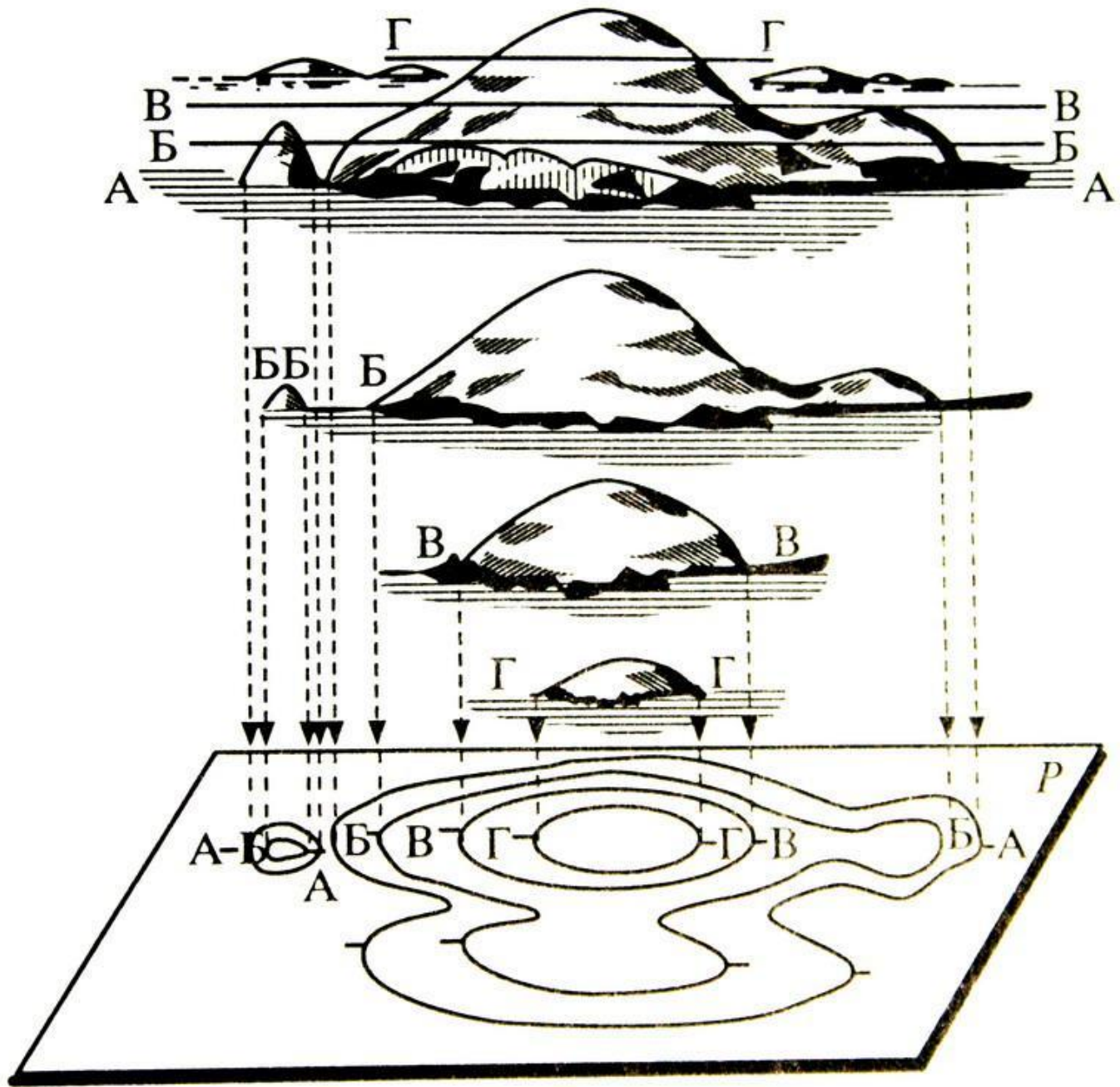
**H (ортометрическая высота) = расстояние по отвесной линии (P<sub>0</sub>P)**

# Изображение рельефа способом штриховки

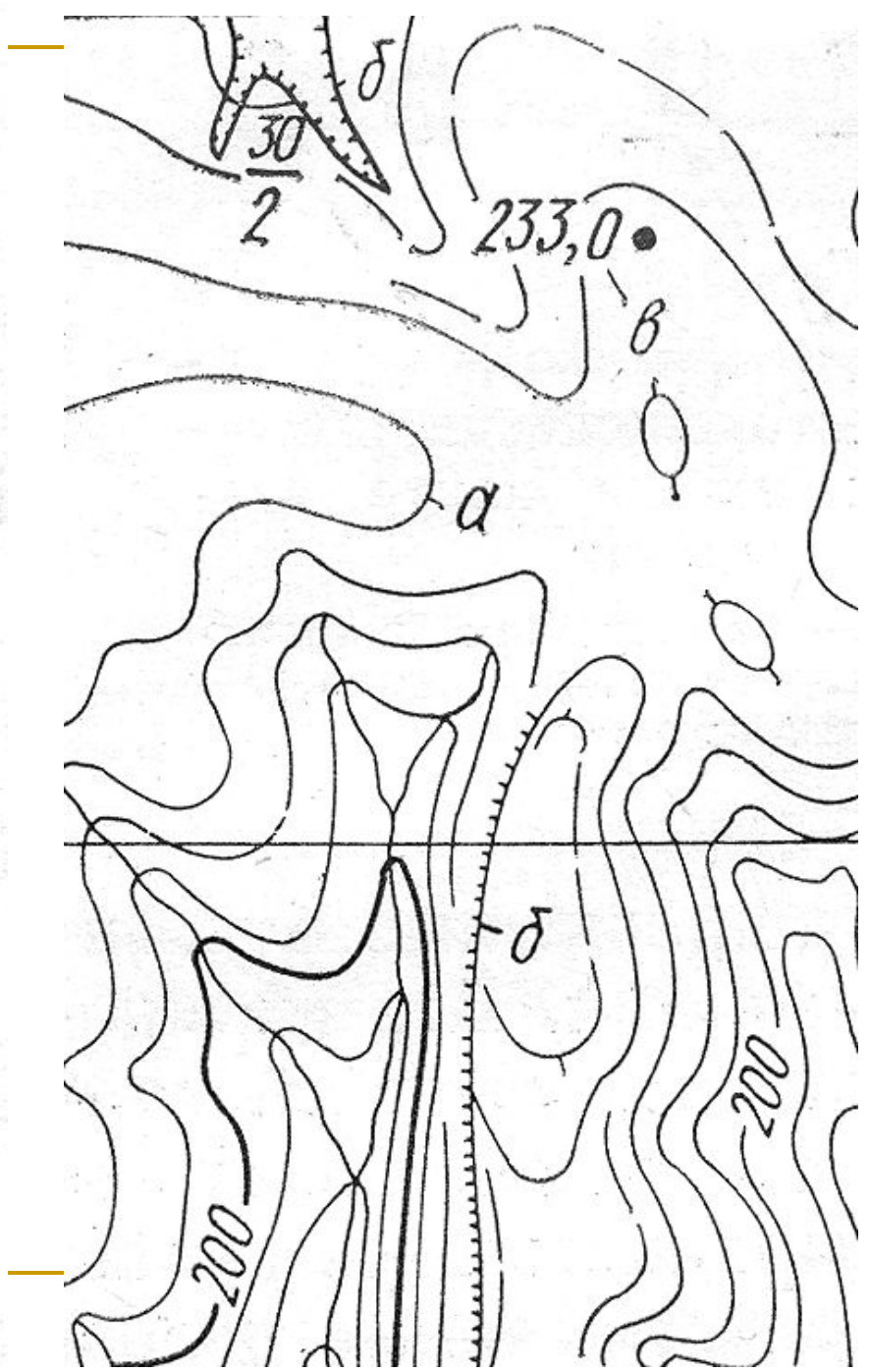
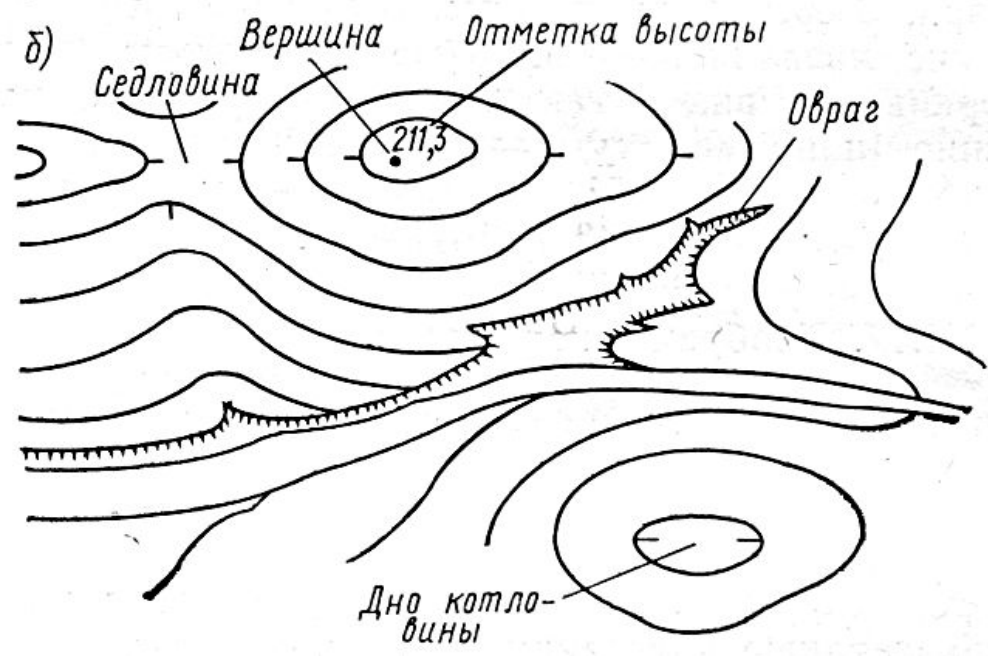
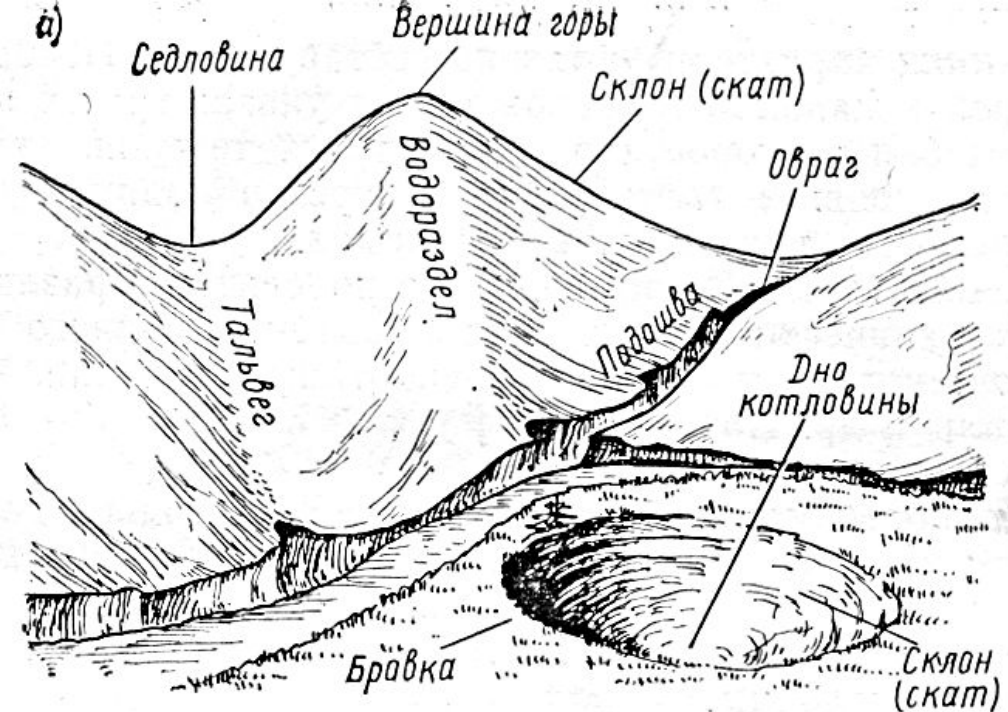


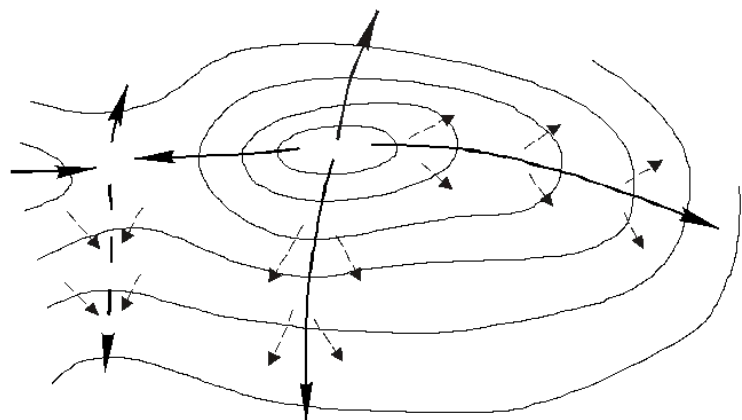
# Изображение рельефа способом горизонталей



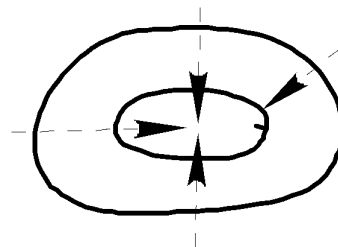
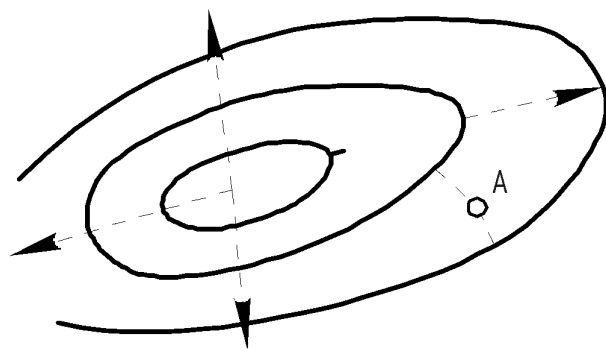
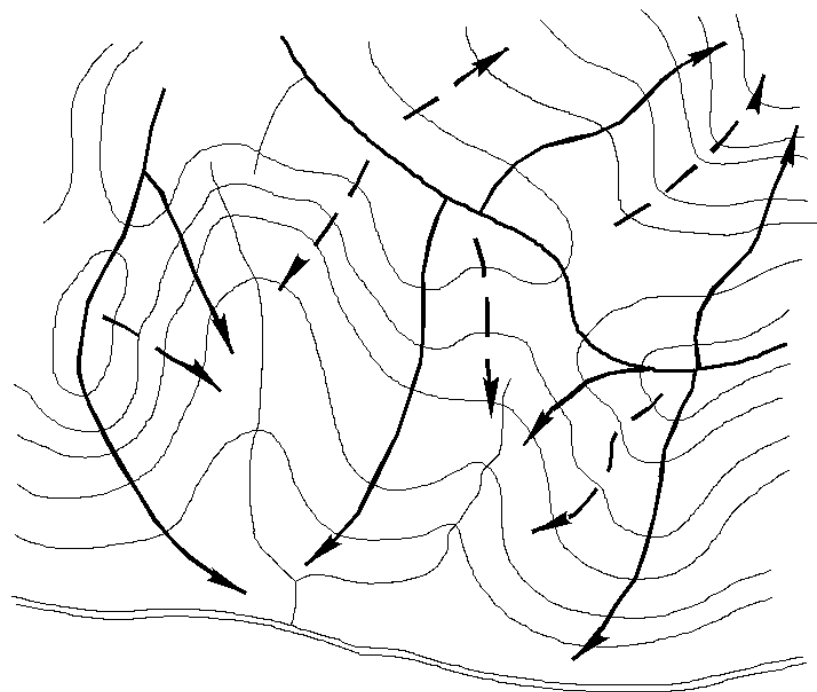


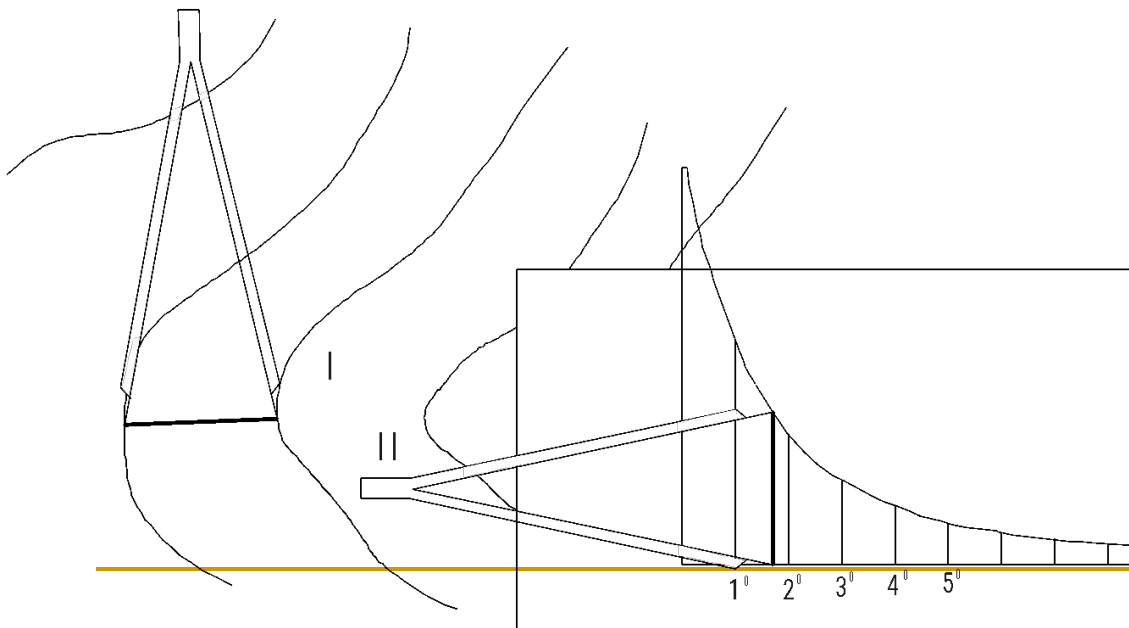
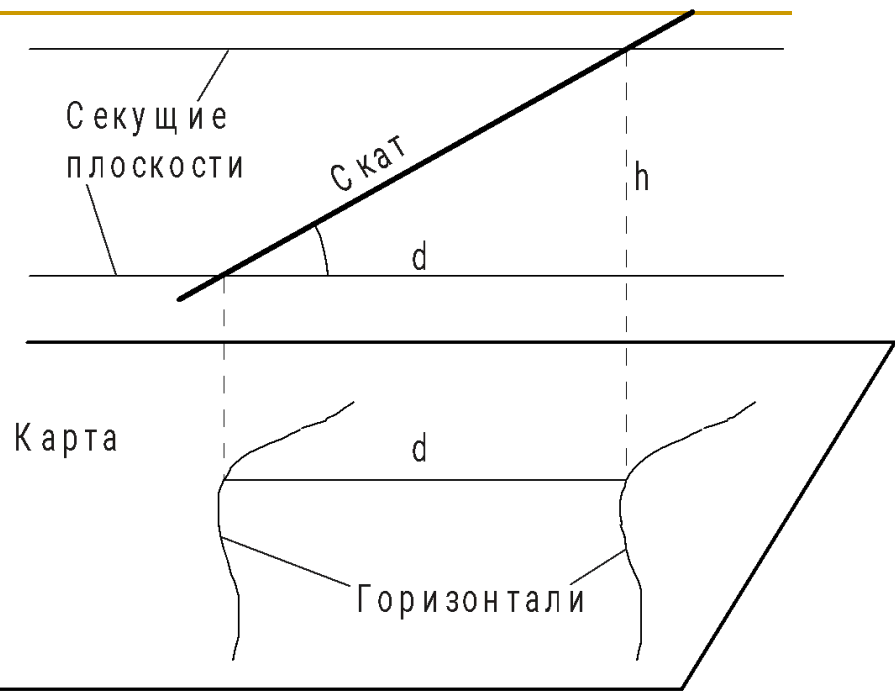
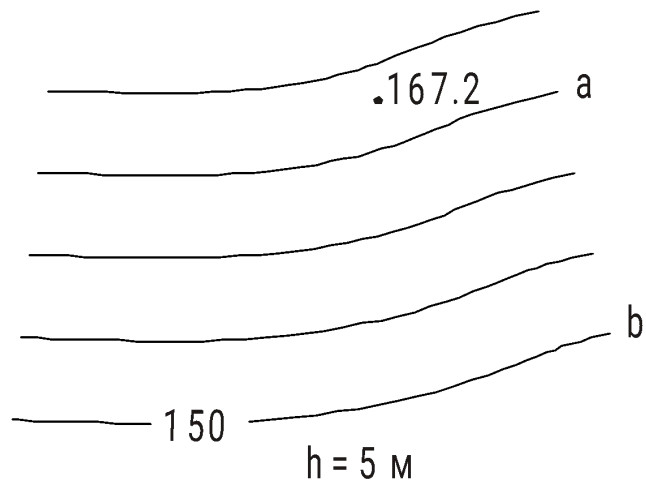


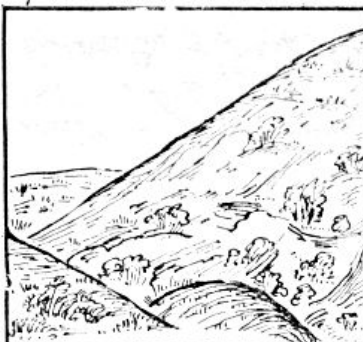




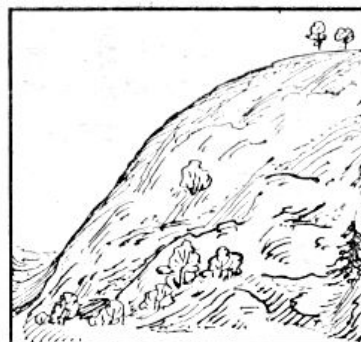
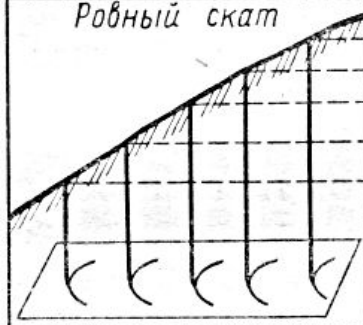
←———— водораздел  
←----- тальвег



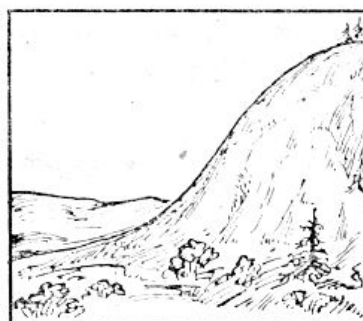
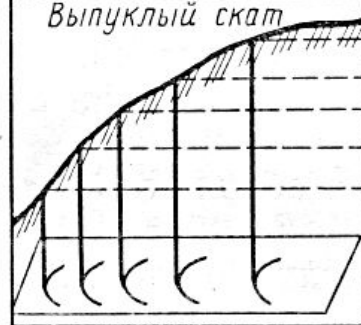




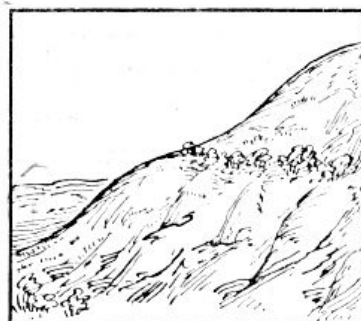
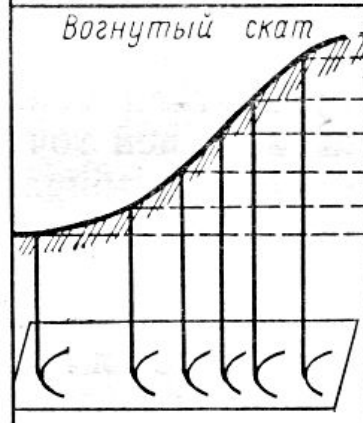
Ровный скат



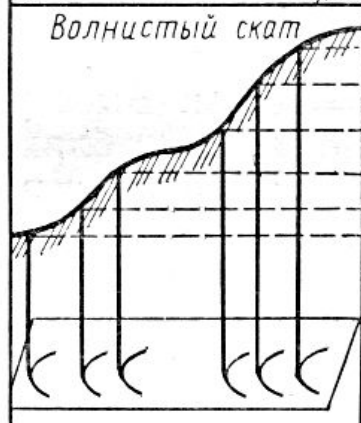
Выпуклый скат



Вогнутый скат



Волнистый скат



В профиле



На карте



В профиле



На карте



В профиле



На карте

