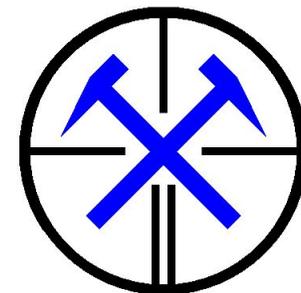


Программа повышения квалификации «Маркшейдерское дело»



[Модуль I «Топография и топографическая карта»](#)

[Модуль II «Общая маркшейдерия»](#)

[Модуль III «Специальная маркшейдерия»](#)

[Модуль IV «Автоматизация маркшейдерских работ»](#)

Модуль I «Топография и топографическая карта»

Инженерная геодезия. Картография. Топография

Предмет и задачи геодезии

Геодезия - наука, занимающаяся изучением фигуры и размеров Земли, а также способами их отображения на плоскости

Геодезия использует результаты измерений, полученных при гравиметрической съёмке, пользуется исследованиями космической геодезии, астрономии, небесной механики. Расчётный аппарат геодезии базируется на знании высшей математики и математической статистики. Большая связь геодезии с геодезическим приборостроением, в основном и определяющем, чаще всего, точность измерений.

Единицы измерения, применяемые в геодезии

Измеряемые при геодезических работах величины выражаются в метрической и угловой системах счета.

Единицей линейных расстояний является метр и производные от него (километр, сантиметр, миллиметр): $1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$; $1 \text{ м} = 100 \text{ см} = 1000 \text{ мм}$.

Для определения площадей основной единицей измерения является квадратный метр и производная от него единица - квадратный километр:

$1 \text{ км}^2 = 1000000 \text{ м}^2$, а также гектар: $1 \text{ га} = 10000 \text{ м}^2 = 0,01 \text{ км}^2$.

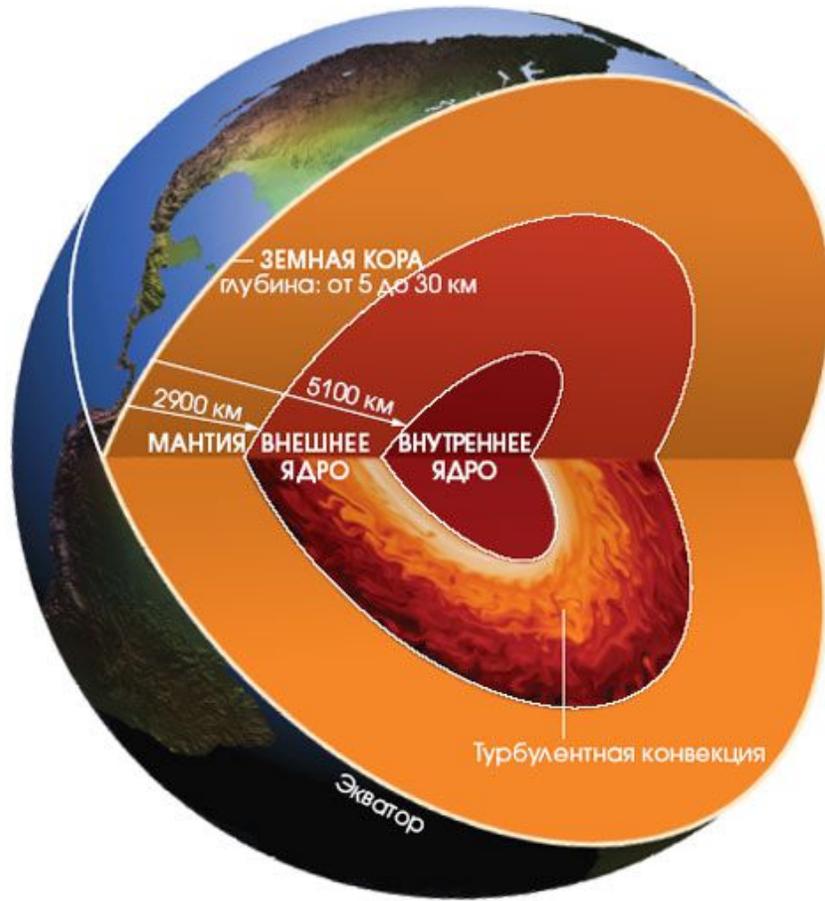
Единицей измерения углов, направлений является градус, дробными частями которого являются минуты и секунды: $1^\circ = 60' = 3600'' = 216.000''' = 12.960.000''''$. Часто в качестве угловой меры используют радиан, равный $(180/\pi)$ градусам, т.е. $1 \text{ рад} = 57,29577951^\circ = 3437,746770' = 206264,8062''$, а $1^\circ = 0,017453293 \text{ рад}$.

Во многих приборах используется единица десятичной меры углов, которая равна $1/100$ прямого угла - град. Град делится на 100 градовых минут, а каждая градовая минута - на 100 градовых секунд. Таким образом, $1 \text{ град} = 0,9^\circ = 54' = 3240''$.

Фигура и размеры Земли



Строение Земли



Слои в порядке удаления от поверхности:

1. Земная кора
2. Мантия (верхняя и нижняя)
3. Внешнее ядро
4. Внутреннее ядро

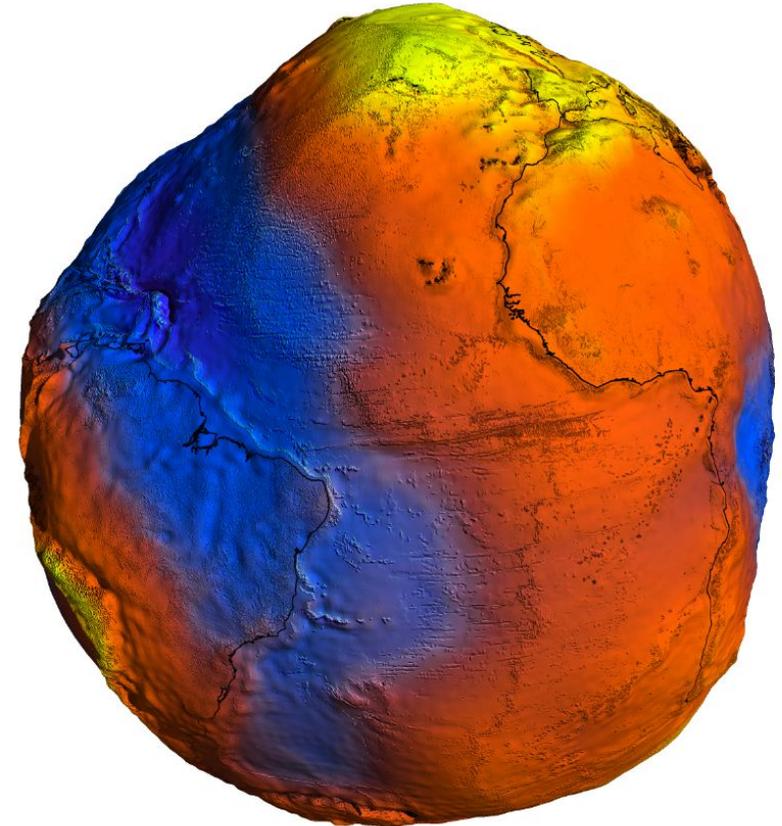
Геоид и квазигеоид

Геоид - в переводе с греческого «землеподобный»
Замкнутая, всюду выпуклая фигура, в каждой точке которой линия действия силы тяжести совпадает с нормалью к поверхности.

Геоид не имеет рёбер и складок

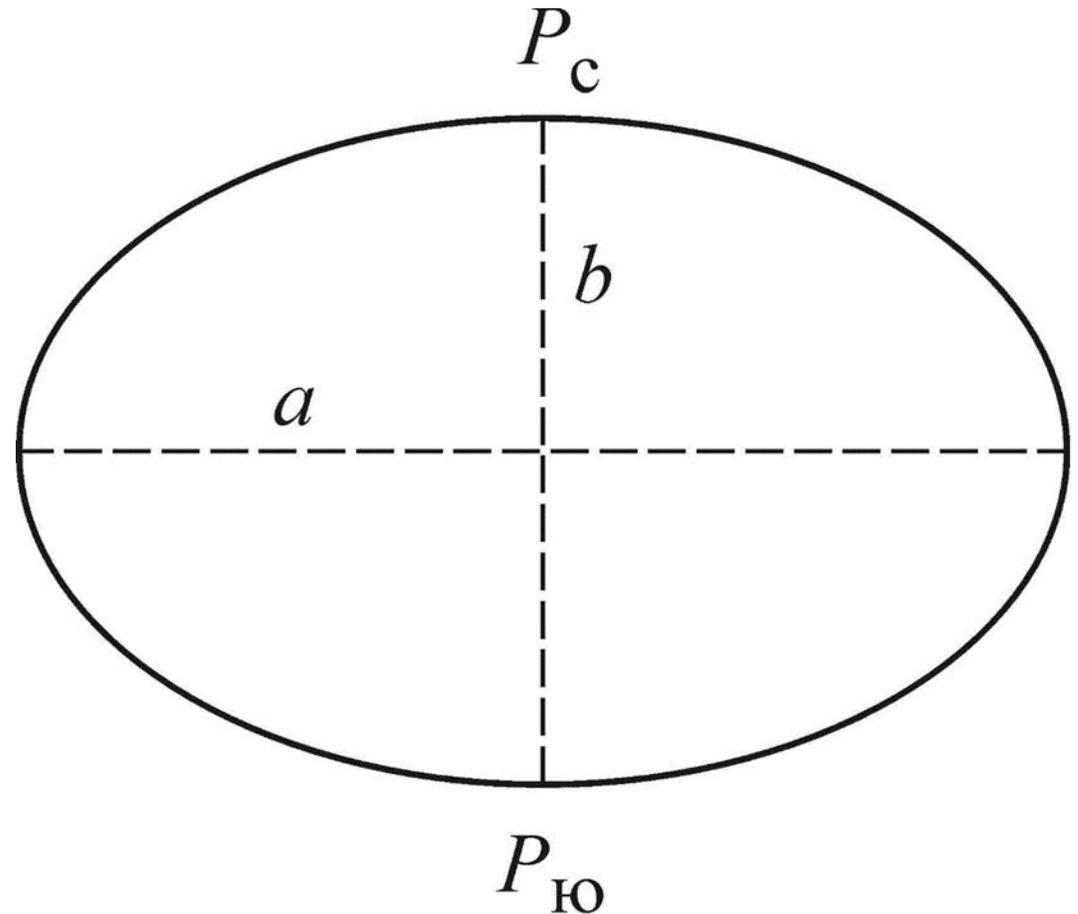
Геоид описывается моделью, состоящей из, порядка, 60000 слагаемых.

Маркируются подобные модели аббревиатурой EGM и годом создания



Общеземной эллипсоид (ОЗЭ)

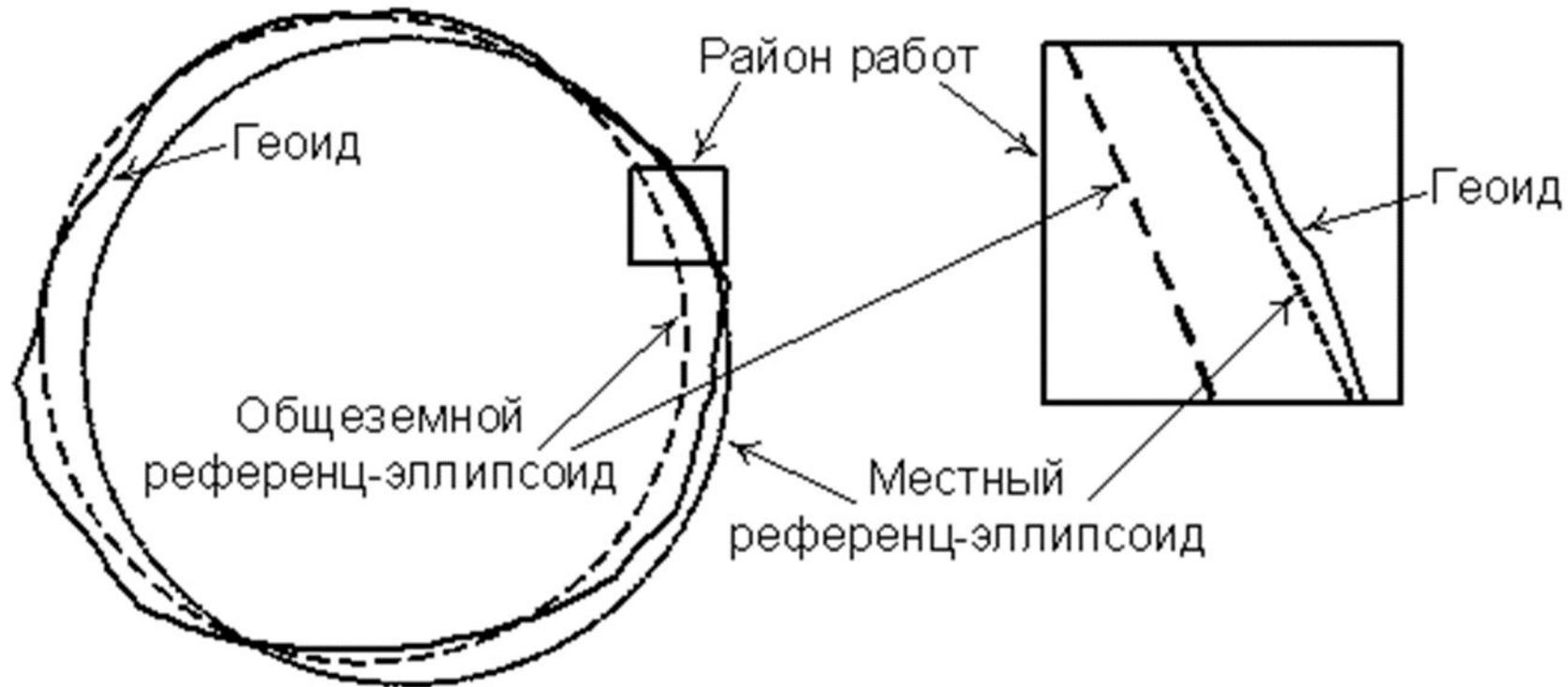
Земной эллипсоид — эллипсоид вращения, размеры которого подбираются при условии наилучшего соответствия фигуре квазигеоида для Земли в целом (общеземной эллипсоид)



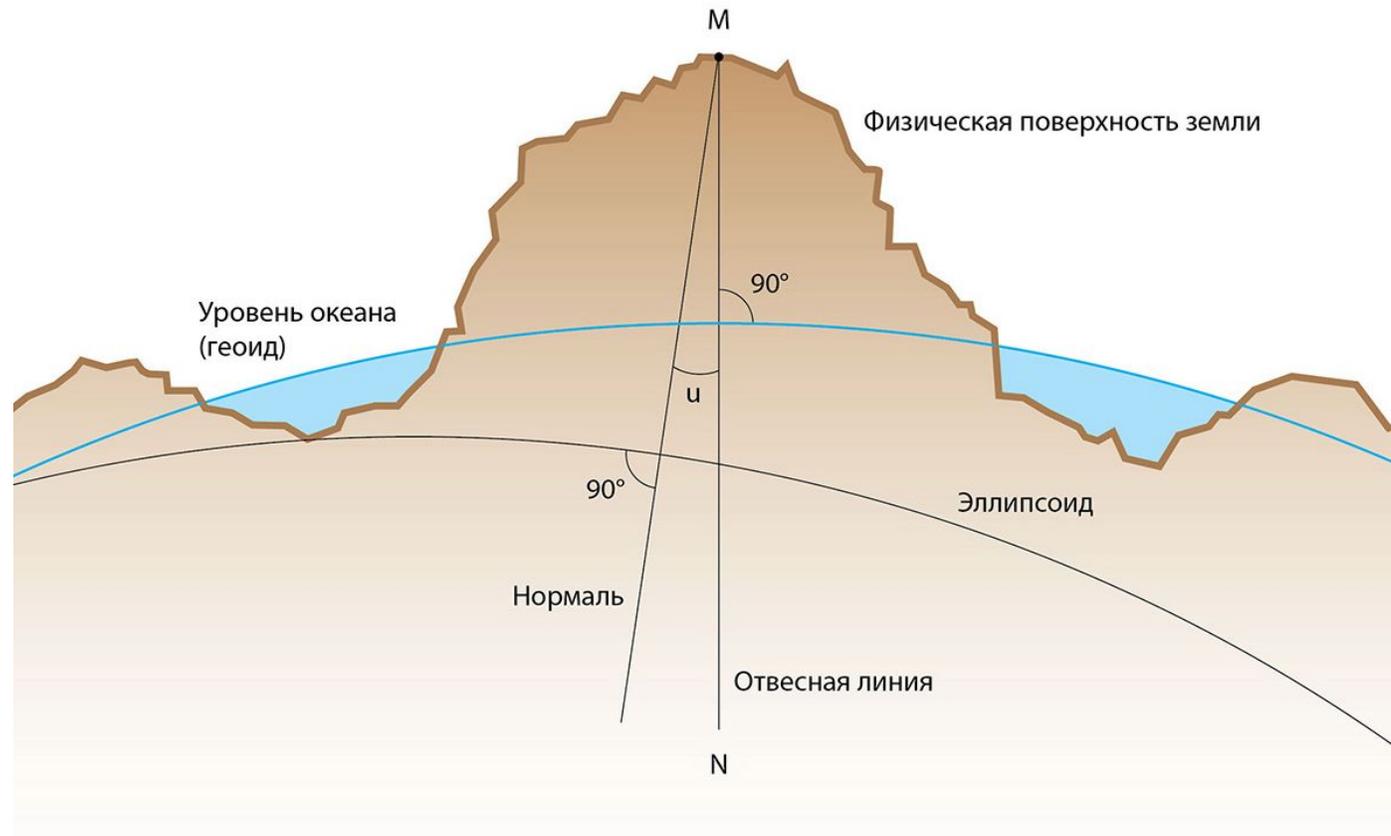
Референц-эллипсоид

Для практических целей физическую поверхность Земли проектируют на вспомогательную поверхность, имеющую простую форму. Эта поверхность называется поверхностью относимости. Поверхность относимости должна незначительно отличаться от поверхности квазигеоида в пределах какой-либо территории, например, Европы, Азии, либо отдельного государства. В масштабах всей Земли удобно использовать общий земной эллипсоид, а в масштабах ограниченной территории за поверхность относимости удобно принимать другой эллипсоид (референц-эллипсоид), ориентировка которого в теле Земли может отличаться от ориентировки ОЗЭ, при этом малая ось референц-эллипсоида может и не совпадать с осью вращения Земли, а быть ей параллельной.

Общее расположение референц-эллипсоида, геоида и ОЗЭ



Взаимное расположение геоида, референц-эллипсоида и физической поверхности Земли



Параметры референц-эллипсоидов

Государство (ученый)	Год	Большая полуось, м	Полярное сжатие
Франция (Деламбер)	1800	6 375 653	1 : 334,0
Германия (Бессель)	1841	6 377 397	1 : 299,2
Великобритания (Кларк)	1866	6 378 206	1 : 295,0
Россия (Слудский)	1892	6 377 494	1 : 297,1
Россия (Жданов)	1893	6 377 717	1 : 299,0
С Ш А (Хейфорд)	1910	6 378 388	1 : 297,0
Россия (Красовский)	1936	6 378 210	1 : 298,6
Россия (Красовский)	1940	6 378 245	1 : 298,3
Спутниковые данные	Совр.	6 378 137	1 : 298,257

Референц-эллипсоид Красовского



Ф. Н. Красовский
1878—1948

Советский астроном-геодезист, член-корреспондент АН СССР по Отделению математических и естественных наук (геодезия) с 29 января 1939 года. Под его руководством в 1940 году были определены размеры земного референц-эллипсоида (эллипсоид Красовского).

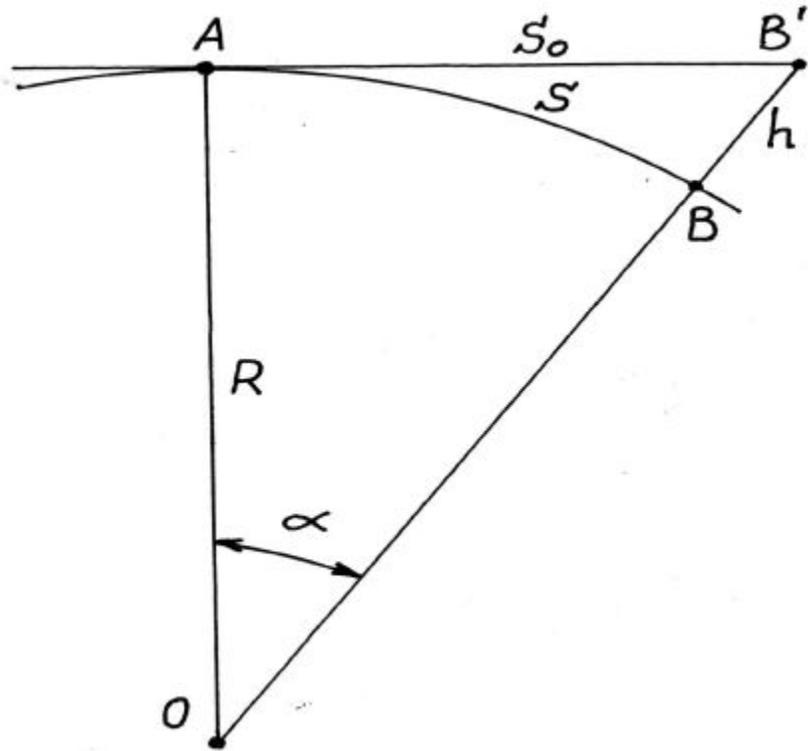
Параметры референц-эллипсоида Красовского

Малая полуось (полярный радиус)	6356863.019 м
Большая полуось (экваториальный радиус)	6378245.000 м
Средний радиус Земли, принимаемой за шар	6371100 м
Полярное сжатие (отношение разницы полуосей к большой полуоси)	1/298.3
Площадь поверхности Земли	510 083 058 км ²
Длина меридиана	40 008 550 м
Длина экватора	40 075 696 м
Длина дуги 1° по меридиану на широте 0°	110,6 км
Длина дуги 1° по меридиану на широте 45°	111,1 км
Длина дуги 1° по меридиану на широте 90°	111,7 км

Топографические карты и планы

При выполнении геодезических работ на сравнительно небольших территориях поверхность Земли можно принимать за плоскую, и измеренные расстояния на плоском изображении принимать равными соответствующим расстояниям на сферической поверхности. При измерениях значительных по величине расстояний необходимо учитывать влияние кривизны поверхности Земли.

Влияние кривизны Земли на измеренные расстояния



$$h = \frac{S^2}{2R}$$

Измеренное расстояние S , км	0,1	1	2	5	10	50	100	200
Абсолютная погрешность S , м	-	-	-	0,001	0,008	1,03	8,2	65,7
Относительная погрешность $\Delta S/S$	0	0	0	0	1/1250000	1/50000	1/25000	1/3000
Абсолютная погрешность h , м	0,001	0,078	0,314	1,96	7,8	196	785	3139

Картографические проекции

Картографическое изображение - это представление исходной информации об объектах, а также о явлениях действительности, в графической, цифровой или другой форме на заданной поверхности (носителе информации) с применением системы специальных картографических условных знаков.

Картографическая проекция - это установленный способ изображения поверхности земного эллипсоида (референц-эллипсоида) на плоскости.

Поверхность эллипсоида (шара, сфероида и т.п.) невозможно развернуть на плоскость без деформаций, в связи с чем при переходе на плоскость возникает сжатие или растяжение изображения, т.е. изменение его масштаба.

Масштабы и классификация проекций

Под масштабом карты понимается отношение длины отрезка на изображении к длине соответствующего отрезка на местности, выраженном в тех же единицах измерения. Масштаб карты указывают в численном виде (1: 5 000; 1: 200 000 и т.п.) или именованном виде (в 1 см 250 м, т.е. в 1 см 25 000 см, или масштаб 1: 25 000).

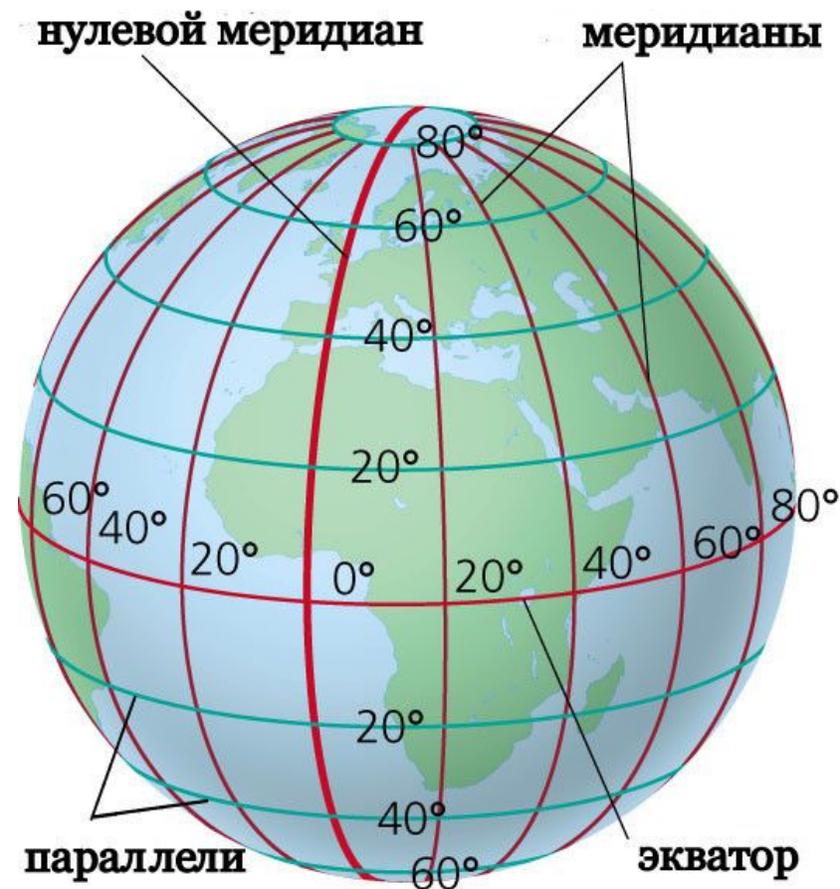
Картографические проекции классифицируют по двум признакам: по характеру искажений углов (равноугольные) и площадей (равновеликие) и по виду координатной сетки параллелей и меридианов (азимутальные, конические, цилиндрические и др.).

Характерные линии на поверхности Земли

Меридиан - это линия пересечения с поверхностью Земли плоскости, проходящей через ось её вращения

Параллель - это линия пересечения с поверхностью Земли плоскости, перпендикулярной к оси её вращения

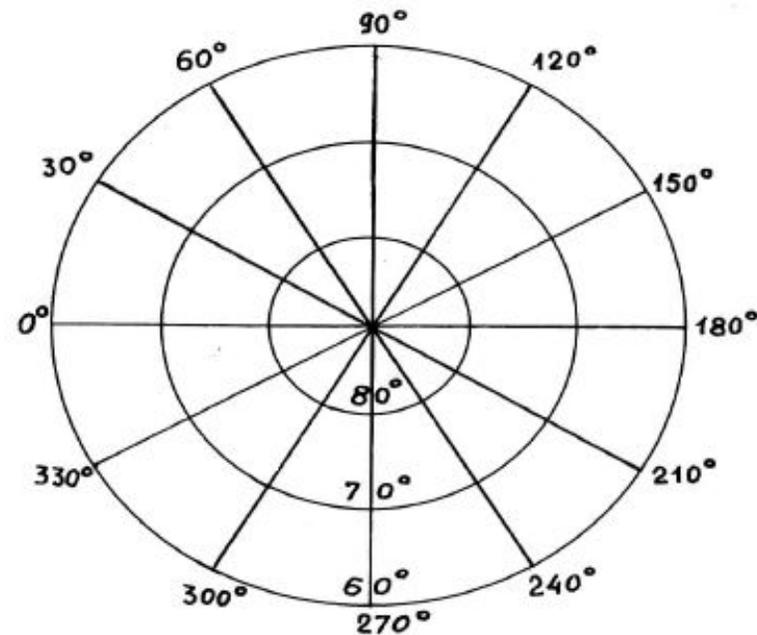
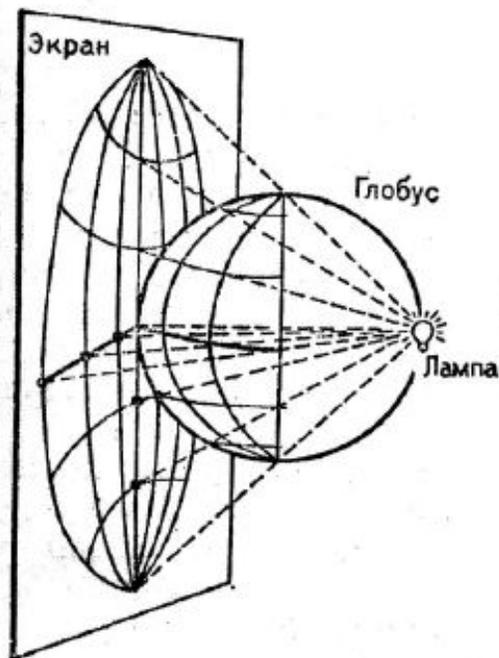
Экватор - параллель с наибольшим радиусом



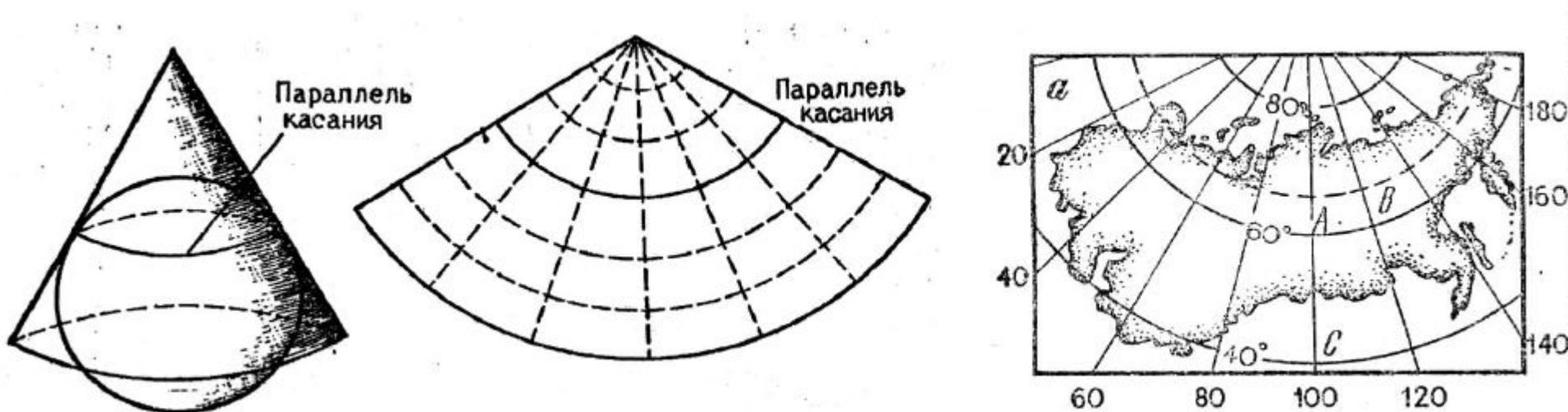
Здание Королевской обсерватории в Гринвиче и положение нулевого меридиана



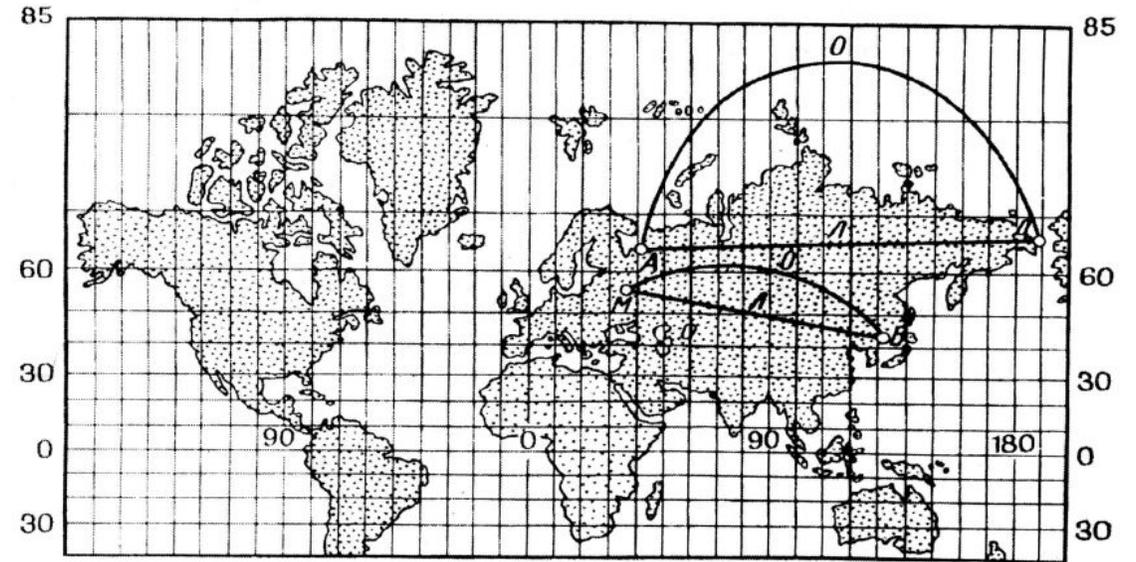
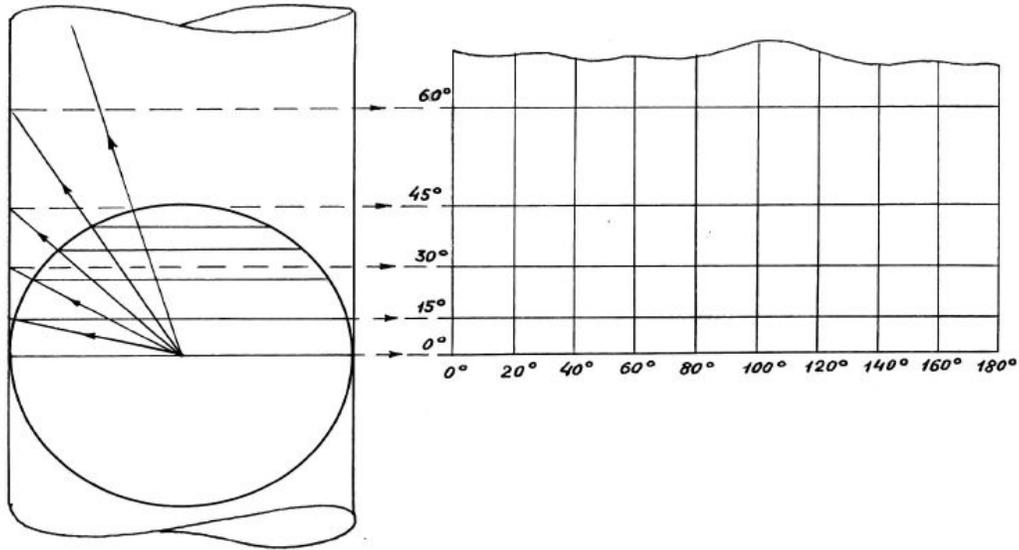
Примеры проекций (азимутальные)



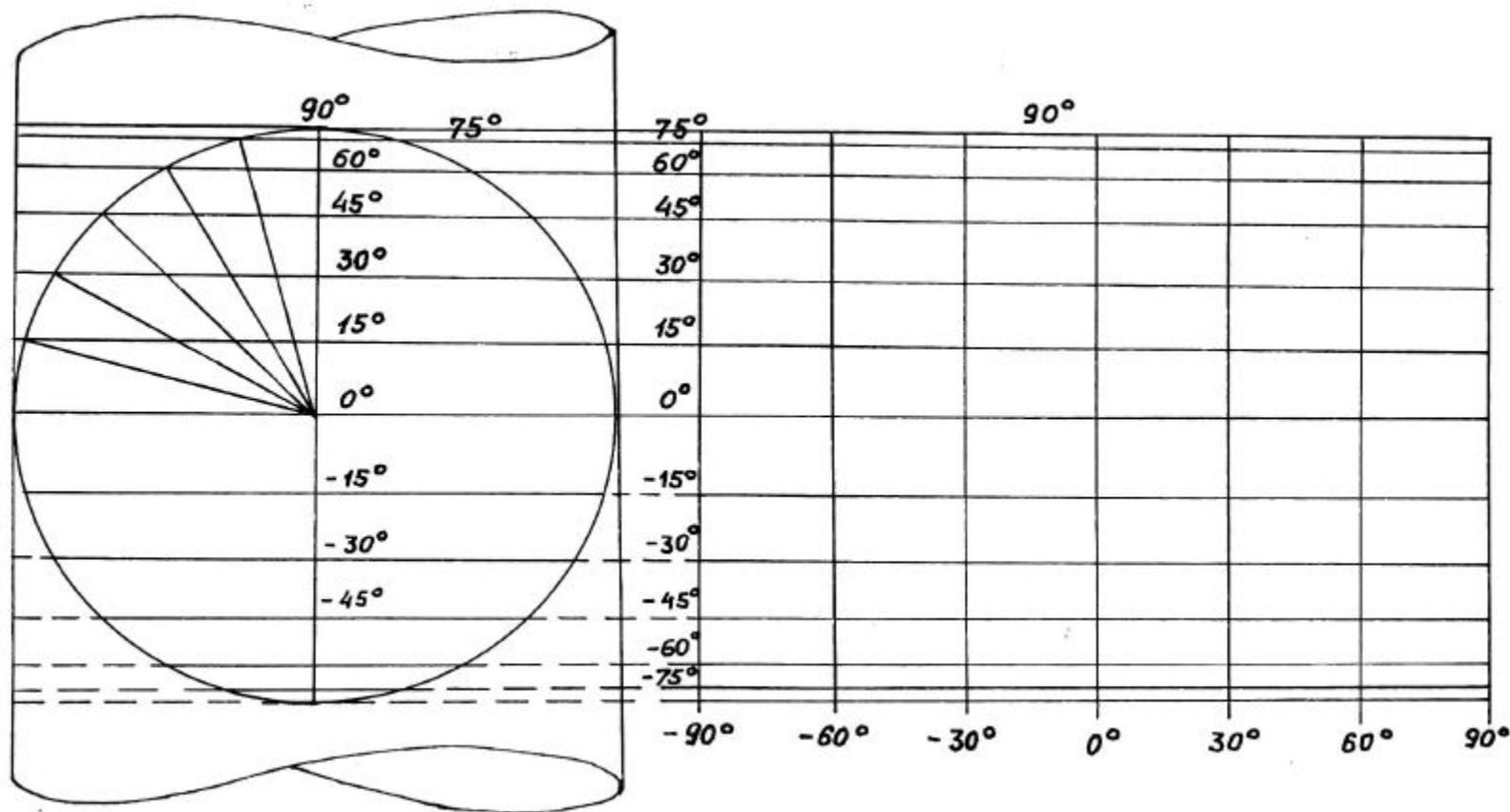
Примеры проекций (конические)



Примеры проекций (цилиндрическая Меркатора)



Примеры проекций (цилиндрическая Ламберта)

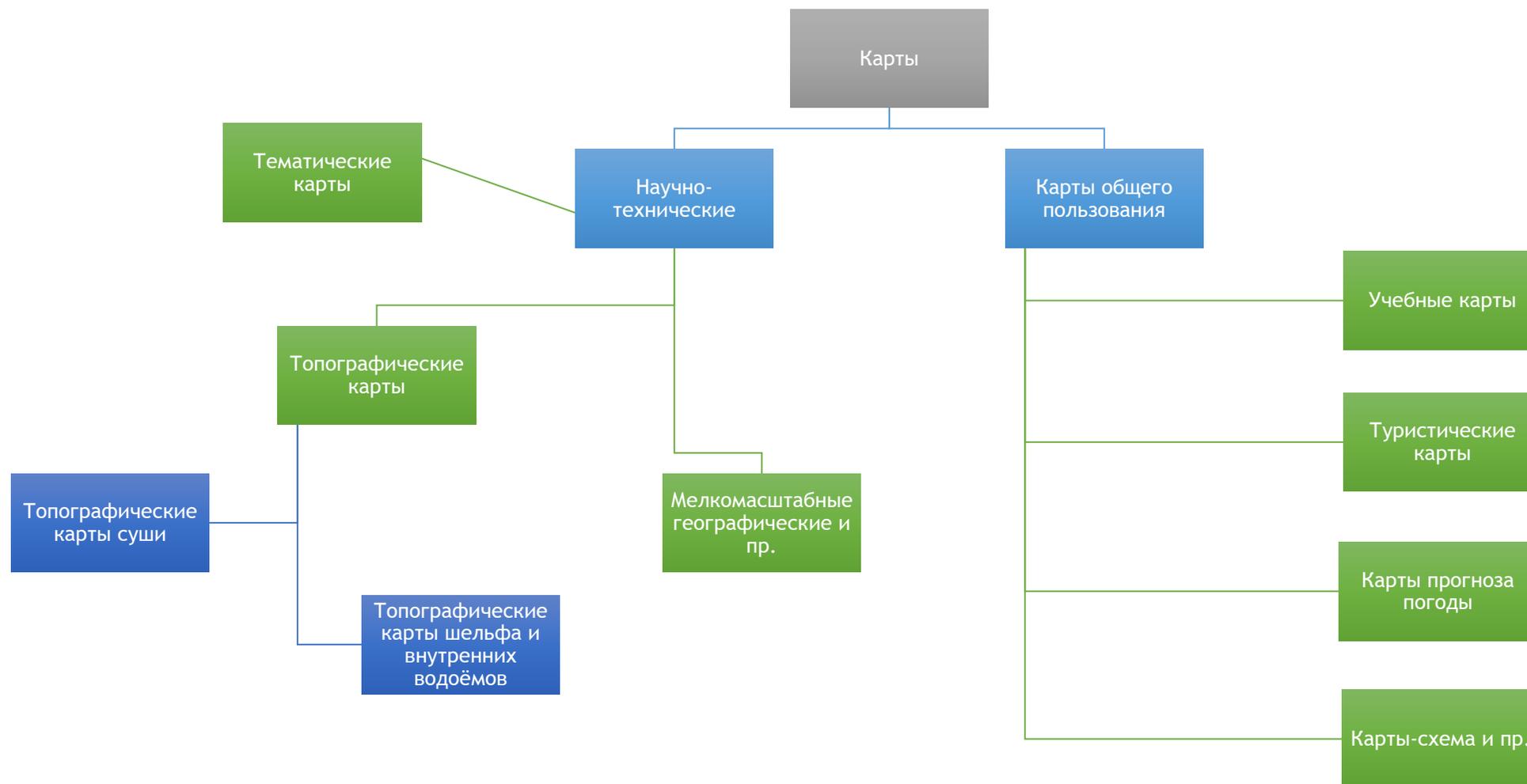


Топографическая карта и план

Карта - уменьшенное изображение на плоскости значительных по площади участков земной поверхности, построенное по определенным математическим законам с учетом кривизны Земли.

План - уменьшенное подобное изображение небольших участков поверхности Земли, построенное в ортогональной (прямоугольной) проекции без учёта кривизны Земли.

Классификация карт



Единый ряд масштабов карт и планов

Карты 1:1000000

1:500000

1:300000

1:200000

1:100000

1:50000

1:25000

1:10000

Карты и планы 1:5000

1:2000

планы 1:1000

1:500

1:200

1:100



Графическая точность масштабов

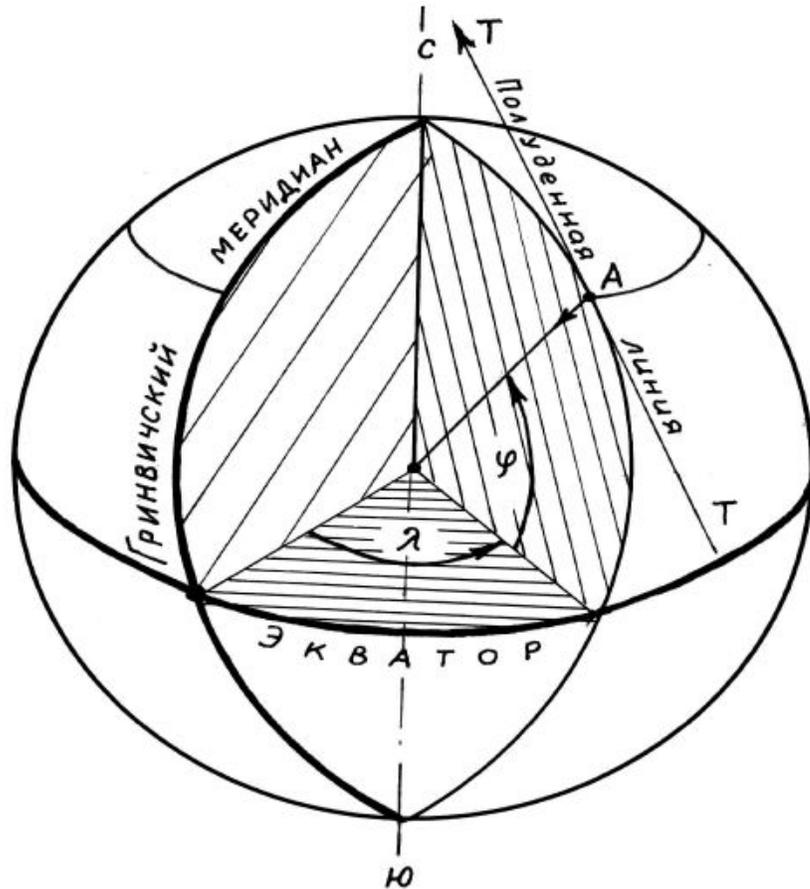
Масштаб	Разрешение масштаба
1:1000 000	100 м
1:500 000	50 м
1:300 000	30 м
1:200 000	20 м
1:100 000	10 м
1:50 000	5 м
1:25 000	2.5 м
1:10 000	1 м
1:5 000	0.5 м
1:2 000	0.2 м
1:500	0.05 м
1:200	0.02 м
1:100	0.01 м

Графическая точность масштаба определяется разрешающей способностью зрения и составляет **0.1 мм**

Применение топографических карт в зависимости от их масштабов

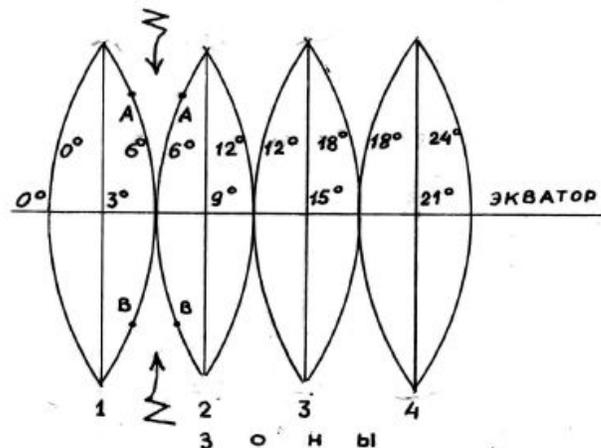
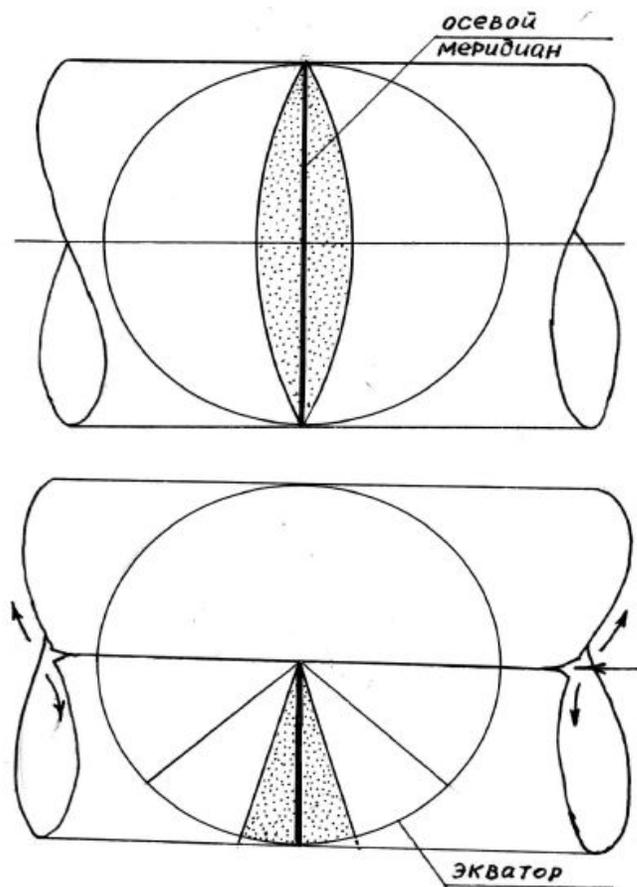
- **Крупномасштабные топографические карты** используются при детальном планировании и проектировании инженерных сооружений, производстве точных картометрических работ, при детальном изучении местности
- **Среднемасштабные топографические карты** используются для предварительного проектирования средних инженерных сооружений, при различных изысканиях в строительстве линейных сооружений и др. Указанные карты являются основой для создания карт обзорного вида
- **Мелкомасштабные топографические карты** значительно уступают в подробности изображения картам средних и крупных масштабов. Они используются для общего изучения местности, при производстве предварительного проектирования крупных инженерных сооружений, при анализе состояния больших площадей на территории государства, а также для составления обзорных тематических карт более мелкого масштаба.

Система географических координат



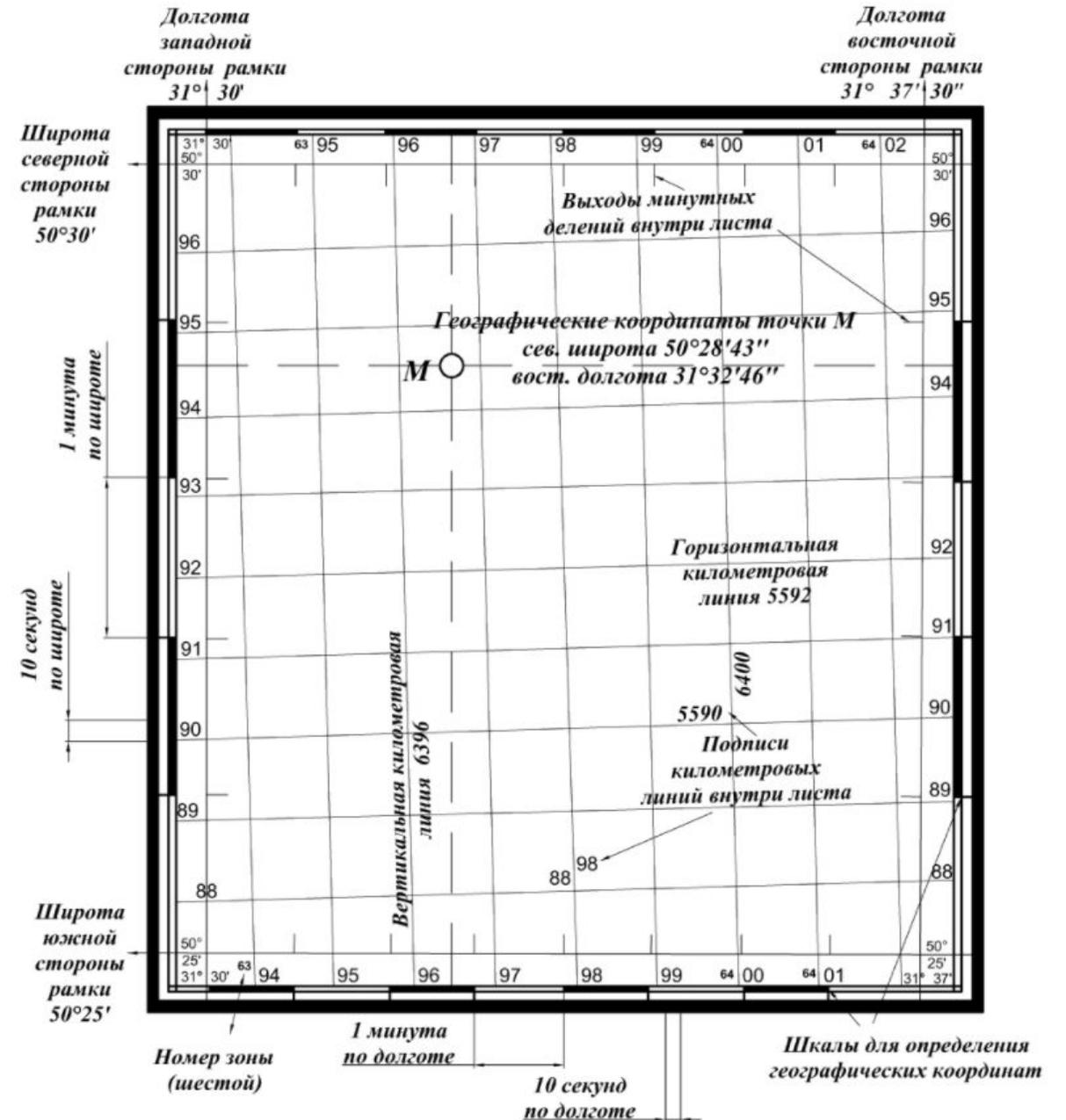
- Долгота λ - это двугранный угол в плоскости экватора между плоскостью нулевого меридиана и плоскостью меридиана проходящего через определяемую точку. Отсчитывается к западу и востоку от нулевого меридиана, изменяется от 0° до 180° .
- Широта φ - угол между плоскостью экватора и нормалью к эллипсоиду (отвесной линией) отсчитывается к северу и югу от экватора и изменяется от 0° до 90° .

Равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера



Поперечно-цилиндрическая проекция для изображения поверхности земного эллипсоида на плоскости была разработана немецким геодезистом Зольднером и французским геодезистом Кассини. Впоследствии К. Гаусс применил к этой проекции принцип равноугольности, причём масштабы изображения в новой проекции в каждой ее точке в любом направлении были одинаковыми. Информация о новой проекции была опубликована К. Гауссом в 1825 году, а спустя почти 90 лет, в 1912 году, ученый Л.И. Крюгер (1857 - 1923) опубликовал рабочие формулы этой проекции. Сейчас указанная проекция названа именами Гаусса и Крюгера.

Рамка карты в проекции Гаусса

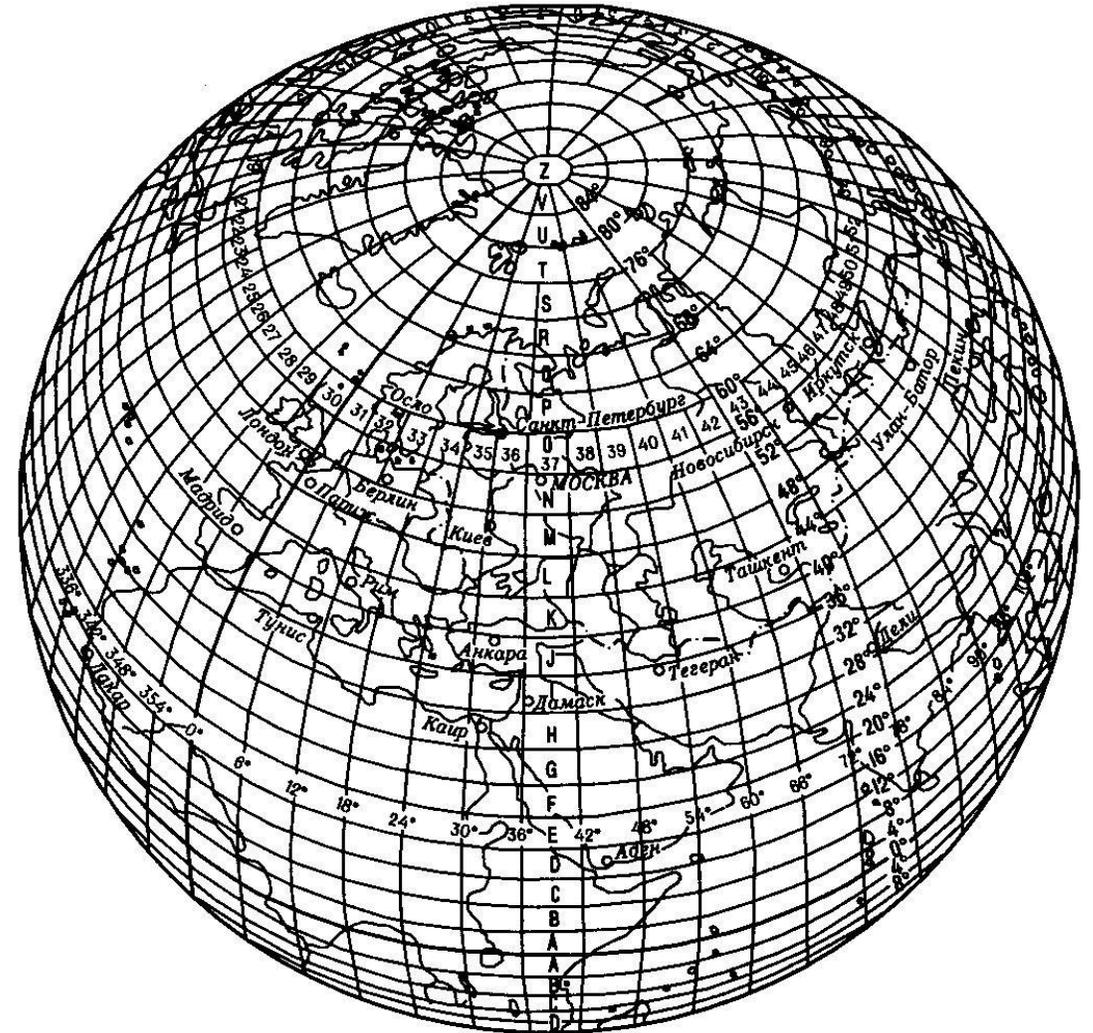


Разграфка и номенклатура топографических карт и планов

Номенклатура - система обозначения карт и планов разных масштабов

Разграфка - система деления карт на листы с помощью линий картографической сетки (линий меридианов и параллелей) или прямоугольной координатной сетки (координатных линий)

Схема разграфки масштаба 1:1000000



Система разграфки и номенклатуры листов карт

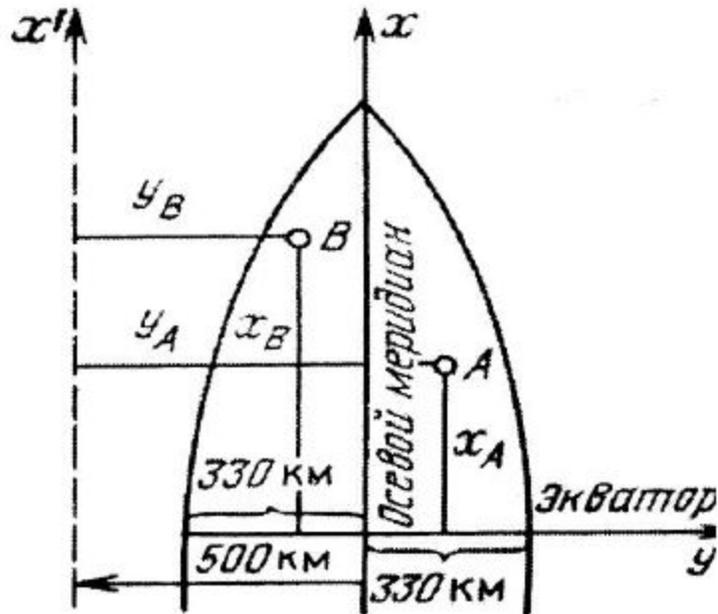
Масштаб карты	Число листов в исходном листе	Пример обозначения номенклатуры	Размер листа	
			По долготе	По широте
1:1000 000	-	H-47	6 ⁰	4 ⁰
1:500 000	4	H-47-A	3 ⁰	2 ⁰
1: 300 000	9	IX-H-47	2 ⁰	1 ⁰ 20'
1: 200 000	36	H-47-XXI	1 ⁰	40'
1: 100 000	144	H-47-100	30'	20'
1: 50 000	4	H-47-100-A	15'	10'
1: 25 000	4	H-47-100-A-6	7'30"	5'
1: 10 000	4	H-47-100-A-6-3	3'45"	2'30"
1: 5 000	256	H-47-100-(200)	1'52,5"	1'15"
1: 2 000	9	H-47-100-(200-k)	37,5"	25"

Система разграфки листов планов

Масштаб плана	Число листов в исходном листе	Пример обозначения номенклатуры	Размер листа	
			X	Y
1:5000	-	36	40 см	40 см
1:2000	4	36-Г	50 см	50 см
1:1000	4	36-Б-IV	50 см	50 см
1:500	16	36-В-16	50 см	50 см

Основой для номенклатуры планов является лист масштаба 1:5000, обозначение которого берётся по его номеру топографической карты, например, 36.

Зональная система плоских прямоугольных координат Гаусса



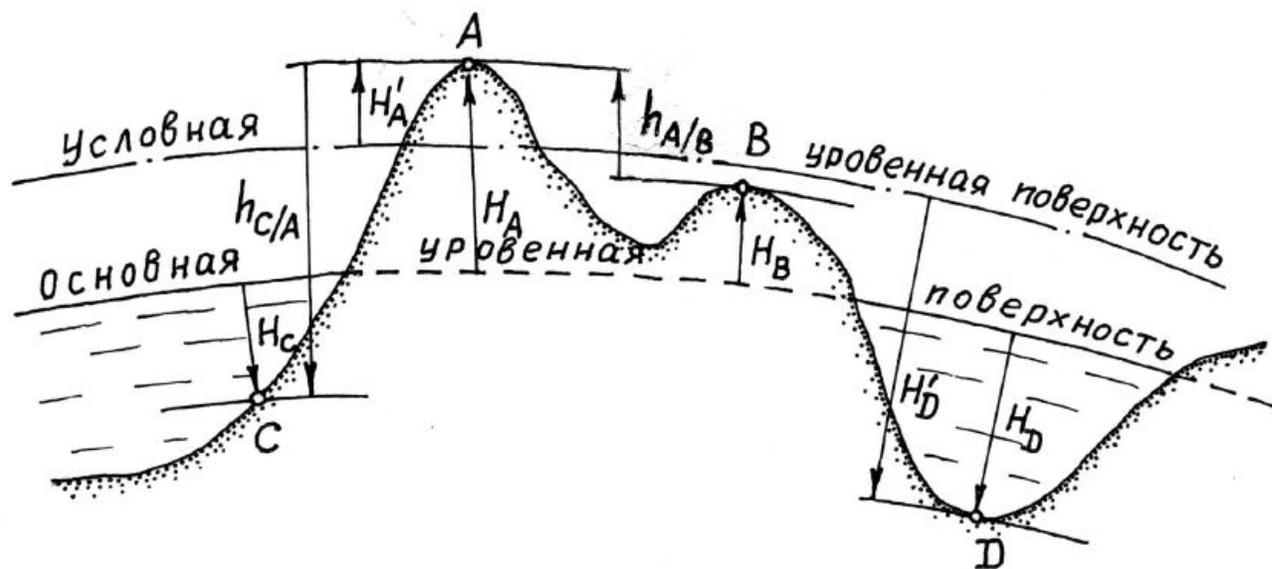
Для территории России абсциссы x всех точек положительные, а ординаты y могут быть положительными и отрицательными. Для удобства в работе ось x вынесли за пределы зоны на запад на 500 км, т.е. сделали ординаты всех точек зоны положительными.

Таким образом, положение любой точки в зоне определяется координатой X (расстоянием до точки от экватора) и координатой Y , определяемой расстоянием от вынесенного на запад осевого меридиана (оси x) до точки при перемещении на восток.

Координата y взаимосвязана с расстоянием $y(L)$ от точки до осевого меридиана зоны следующим соотношением:

$$y = 500 \text{ км} + y(L)$$

Система высот



Разность абсолютных высот двух точек называется относительной высотой или превышением, обозначаемым буквой h :

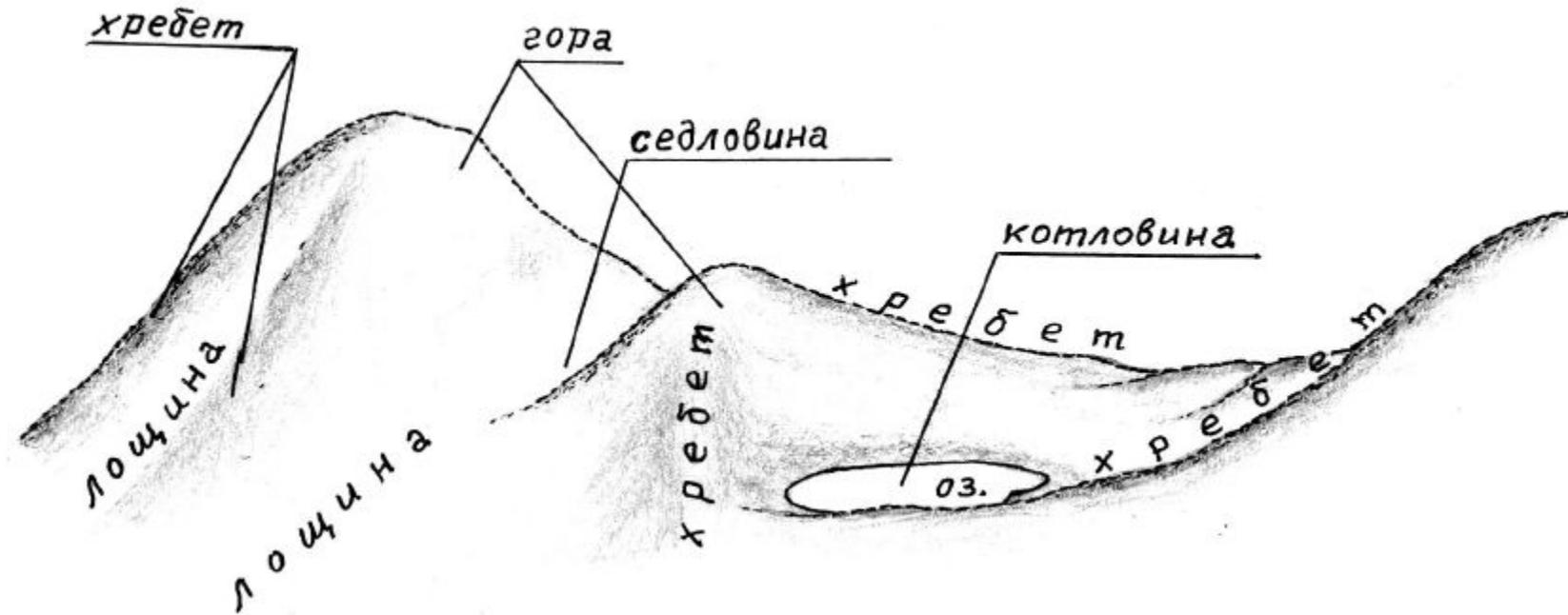
$$h = H_A - H_B$$

За начало отсчёта высот принимается средний уровень Балтийского моря, являющегося основной уровенной поверхностью, совпадающей с поверхностью геоида. Положение среднего уровня Балтийского моря определено в результате многолетних наблюдений и отмечено на футштоке на водомерном посту в г. Кронштадте.

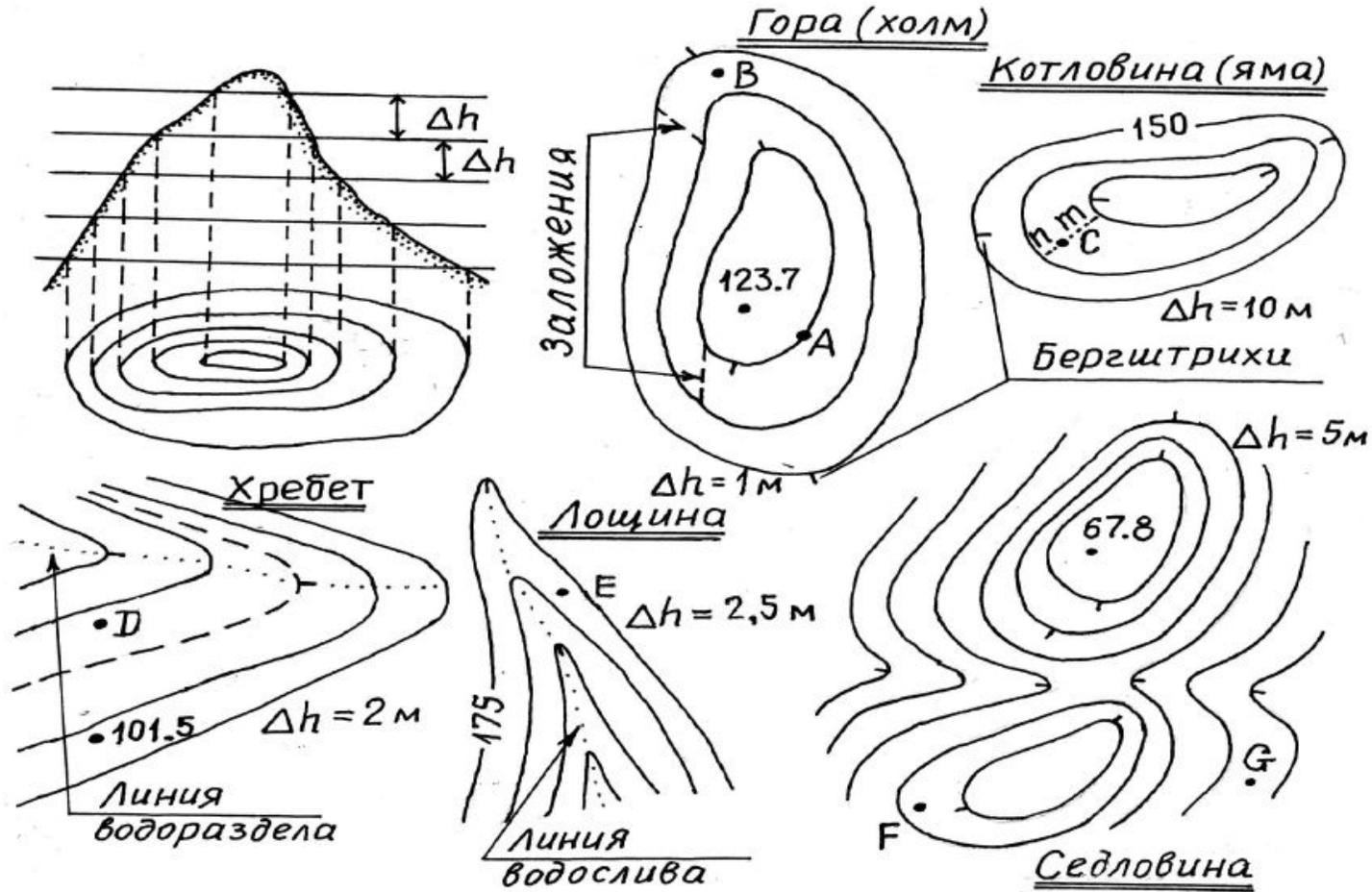
Абсолютные высоты H могут быть положительными (для точек, находящихся в нашем представлении выше уровня Балтийского моря), и отрицательными - для точек, находящихся ниже уровня Балтийского моря. Например, абсолютные высоты точек A и B - положительные, а абсолютная высота точки C - отрицательная.

Изображение рельефа на топографических картах и планах

Рельеф - совокупность неровностей местности



Основные формы рельефа



Зависимость высоты сечения рельефа от масштаба

Масштаб карты	Высота сечения рельефа, м
1 : 2000	0,5 1 2
1 : 5000	0,5 1 2 5
1 : 10000	1 2,5 5 10
1 : 25000	2,5 5 10
1 : 50000	5 10 20
1 : 100000	20
1 : 200000	40
1 : 500000	100
1 : 1 000000	200

На одном листе карты применяется **только одна** высота сечения рельефа. Исключение представляет только карта масштаба 1:1000000, поскольку на этих картах изображаются значительные по размерам площади, которые одновременно могут содержать информацию как о горных местностях, так и о местностях со сравнительно спокойным рельефом. В связи с этим на картах масштаба 1:1000000 в зонах от 0 до 400 м применяется высота сечения рельефа 50 м, от 400 до 1000 м - 100 м, выше 1000 м - 200 м.

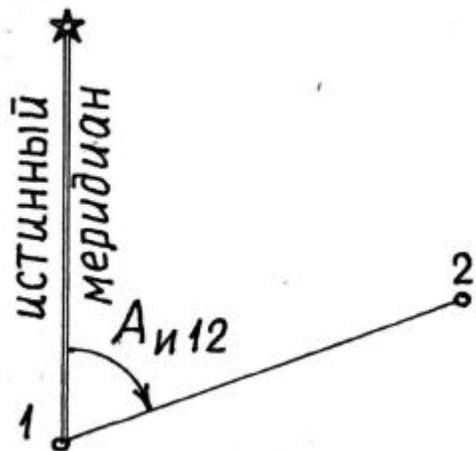
Ориентирование линий

Ориентирование линии на местности, или топографической карте заключается в определении её положения относительно известного, или исходного направления

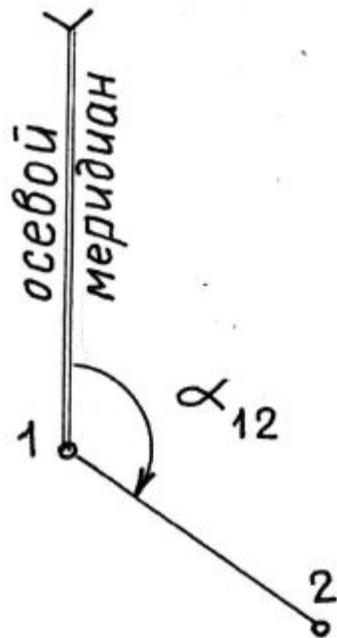


Ориентирующим углом в общем случае является горизонтальный угол (угол между направлениями в горизонтальной плоскости), который отсчитывают по часовой стрелке от северного направления меридиана до направления линии в данной точке.

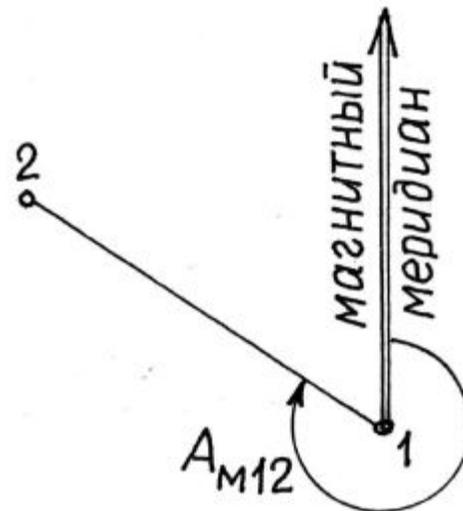
Ориентирующие углы



Географический (истинный) азимут

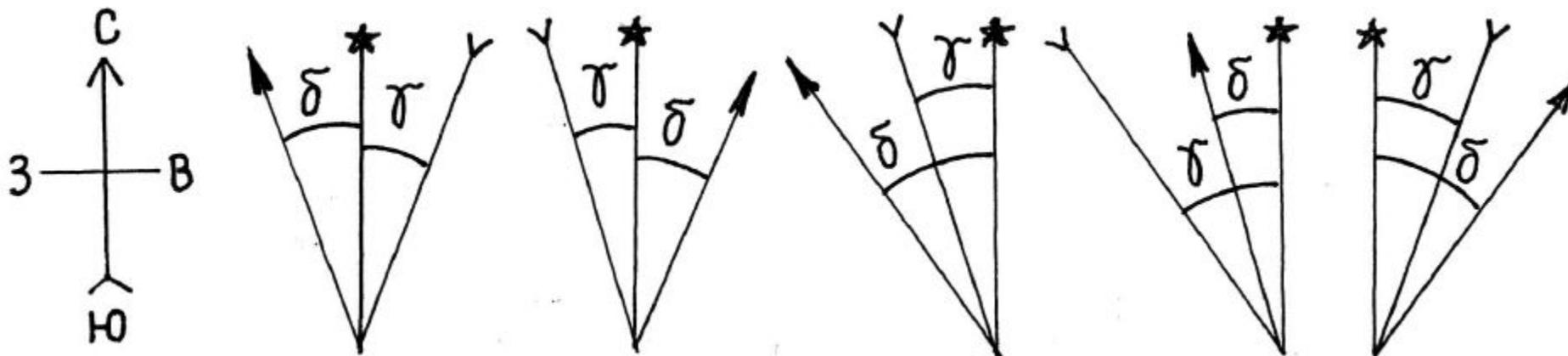


Дирекционный угол



Магнитный азимут

Взаимосвязь ориентирующих углов

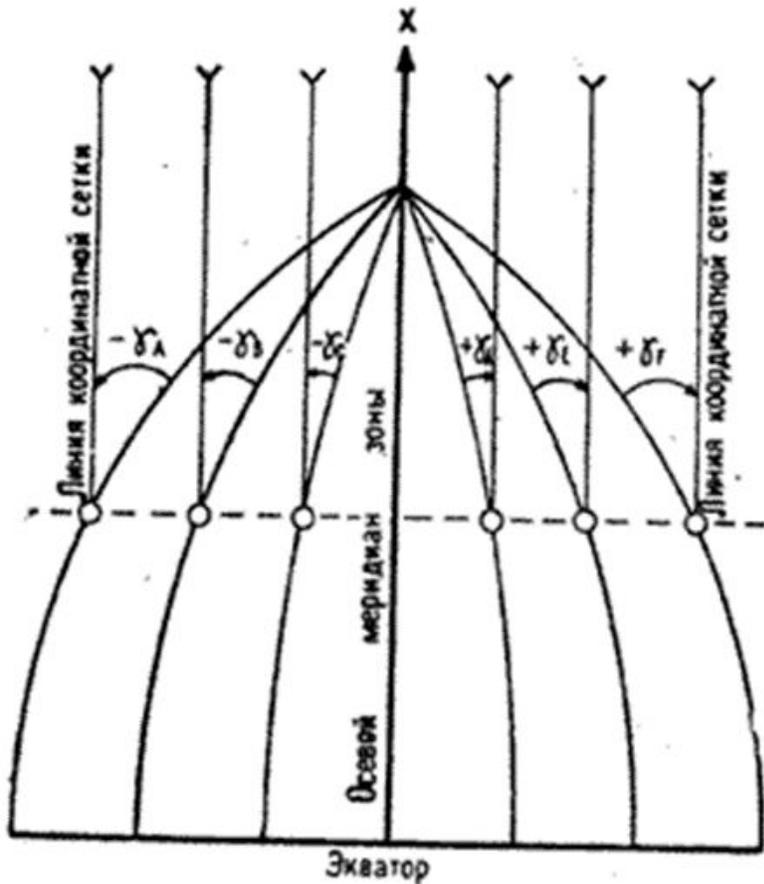


δ – склонение магнитной стрелки
 γ – сближение меридианов

$$A_{И} = \alpha + \gamma$$

$$A_{И} = A_{М} + \delta$$

Сближение меридианов γ



γ - сближение меридианов. Угол между осевым меридианом зоны в проекции Гаусса и географическим меридианом в определяемой точке. Если обозначить долготу осевого меридиана зоны как λ_0 , а долготу географического меридиана точки как λ , а широту определяемой точки - φ , то сближение меридианов будет определяться по формуле:

$$\gamma = (\lambda - \lambda_0) \sin \varphi$$

Долготу осевого меридиана зоны можно вычислить по формуле:

$$\lambda_0 = 6n - 3$$

$$n = N - 30$$

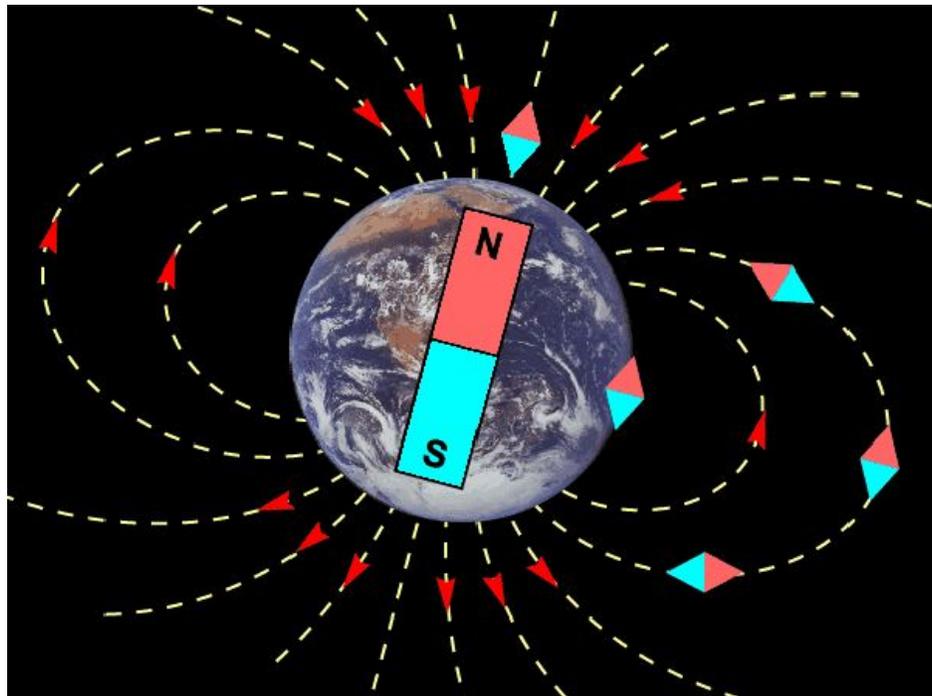
$$n = \frac{\lambda}{6} + 1$$

Основы теории земного магнетизма

Собственное магнитное поле Земли можно разделить на три составляющие:

- главное поле,
- поля мировых аномалий,
- внешнее магнитное поле.

Главное поле



Более чем на 90 % оно состоит из поля, источник которого находится внутри Земли, в жидком внешнем ядре, — эта часть называется главным, основным или нормальным полем. Оно аппроксимируется в виде ряда по гармоникам — ряда Гаусса, а в первом приближении вблизи поверхности Земли (до трёх её радиусов) близко к полю магнитного диполя, то есть имеет такой вид, как будто земной шар представляет собой полосовой магнит с осью, направленной приблизительно с севера на юг. Центр этого диполя смещён относительно центра Земли, а ось наклонена к оси вращения Земли на угол около 10° . На такой же угол отстоят от соответствующих географических полюсов геомагнитные полюса — точки пересечения оси диполя с поверхностью Земли. Их положение в различные моменты времени вычисляется в рамках той или иной модели магнитного поля, определяющей тем или иным образом первые три коэффициента в ряду Гаусса. Эти глобальные модели — такие как Международное геомагнитное аналитическое поле (International Geomagnetic Reference Field, IGRF) и Всемирная магнитная модель (World Magnetic Model, WMM) — создаются различными международными геофизическими организациями, и каждые 5 лет утверждаются и публикуются обновлённые наборы коэффициентов Гаусса, определяющих все данные о состоянии геомагнитного поля и его параметрах. Так, согласно модели WMM2015, северный геомагнитный полюс (по сути это южный полюс магнита) имеет координаты $80,37^\circ$ с. ш. и $72,62^\circ$ з. д., южный геомагнитный полюс — $80,37^\circ$ ю. ш., $107,38^\circ$ в. д., наклон оси диполя относительно оси вращения Земли — $9,63^\circ$

Поля мировых аномалий

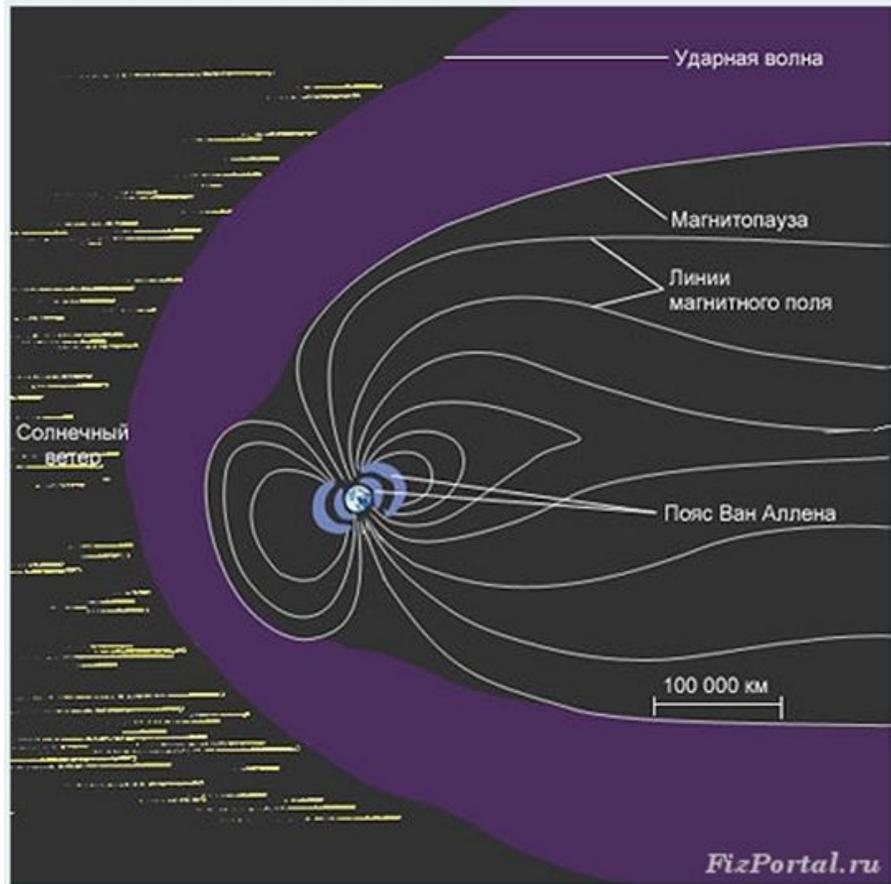
Реальные силовые линии магнитного поля Земли, хотя в среднем и близки к силовым линиям диполя, отличаются от них местными нерегулярностями, связанными с наличием намагниченных пород в коре, расположенных близко к поверхности. Из-за этого в некоторых местах на земной поверхности параметры поля сильно отличаются от значений в близлежащих районах, образуя так называемые магнитные аномалии. Они могут накладываться одна на другую, если вызывающие их намагниченные тела залегают на разных глубинах.

Существование магнитных полей протяжённых локальных областей внешних оболочек приводит к тому, что истинные магнитные полюса — точки (вернее, небольшие области), в которых силовые линии магнитного поля абсолютно вертикальны, — не совпадают с геомагнитными, при этом они лежат не на самой поверхности Земли, а под ней. Координаты магнитных полюсов на тот или иной момент времени также вычисляются в рамках различных моделей геомагнитного поля путём нахождения итеративным методом всех коэффициентов в ряду Гаусса. Так, согласно актуальной модели WMM, в 2015 г. северный магнитный полюс находился в точке 86° с. ш., 159° з. д., а южный — 64° ю. ш., 137° в.д. Значения актуальной модели IGRF12 немного отличаются: $86,3^\circ$ с. ш., 160° з. д., для северного полюса, $64,3^\circ$ ю. ш., $136,6^\circ$ в.д для южного

Соответственно, магнитная ось — прямая, проходящая через магнитные полюса, — не проходит через центр Земли и не является её диаметром.

Положения всех полюсов постоянно смещаются — геомагнитный полюс прецессирует относительно географического с периодом около 1200 лет

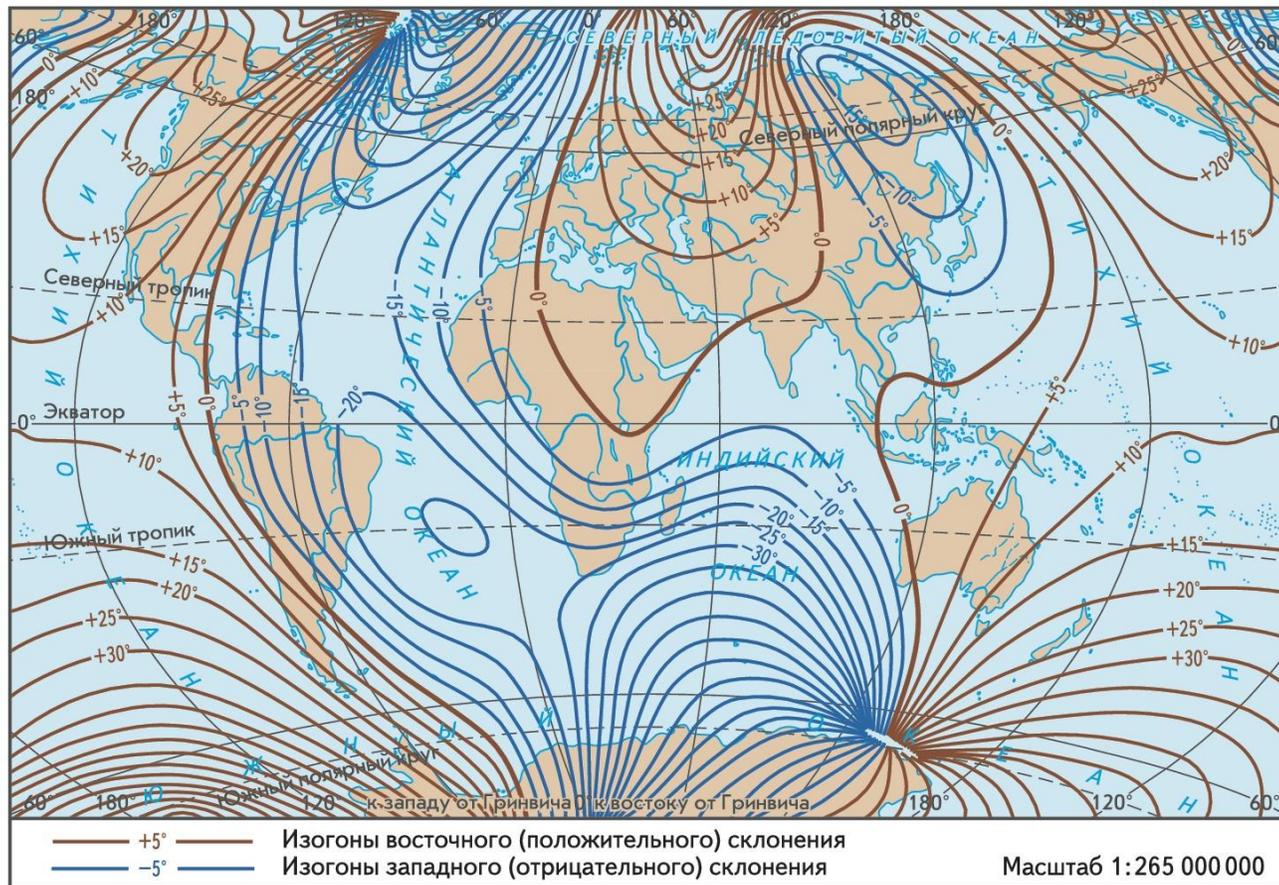
Внешнее магнитное поле



Оно определяется источниками в виде токовых систем, находящимися за пределами земной поверхности в её атмосфере. В верхней части атмосферы (100 км и выше) – ионосфере – её молекулы ионизируются, формируя плотную холодную плазму, поднимающуюся выше, поэтому часть магнитосферы Земли выше ионосферы, простирающаяся на расстояние до трёх её радиусов, называется плазмосферой. Плазма удерживается магнитным полем Земли, но её состояние определяется его взаимодействием с солнечным ветром – потоком плазмы солнечной короны.

Карта изогон магнитного поля

ИЗОГОНЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ НА ЭПОХУ 2005 г.



Склонение магнитной стрелки δ

Угол между геодезическим меридианом данной точки и ее магнитным меридианом, направленным на север, называется **склонением магнитной стрелки** или **магнитным склонением**, обозначаемым как δ . Магнитное склонение считается положительным, если северный конец магнитной стрелки отклонён к востоку от геодезического меридиана (восточное склонение), и отрицательным, если он отклонён к западу (западное склонение).

Приблизжённая формула склонения магнитной стрелки

$$\delta_{t_2} = \delta_{t_1} + \Delta\delta(t_2 - t_1)$$

В этой формуле:

$\Delta\delta$ - годовое изменение склонения

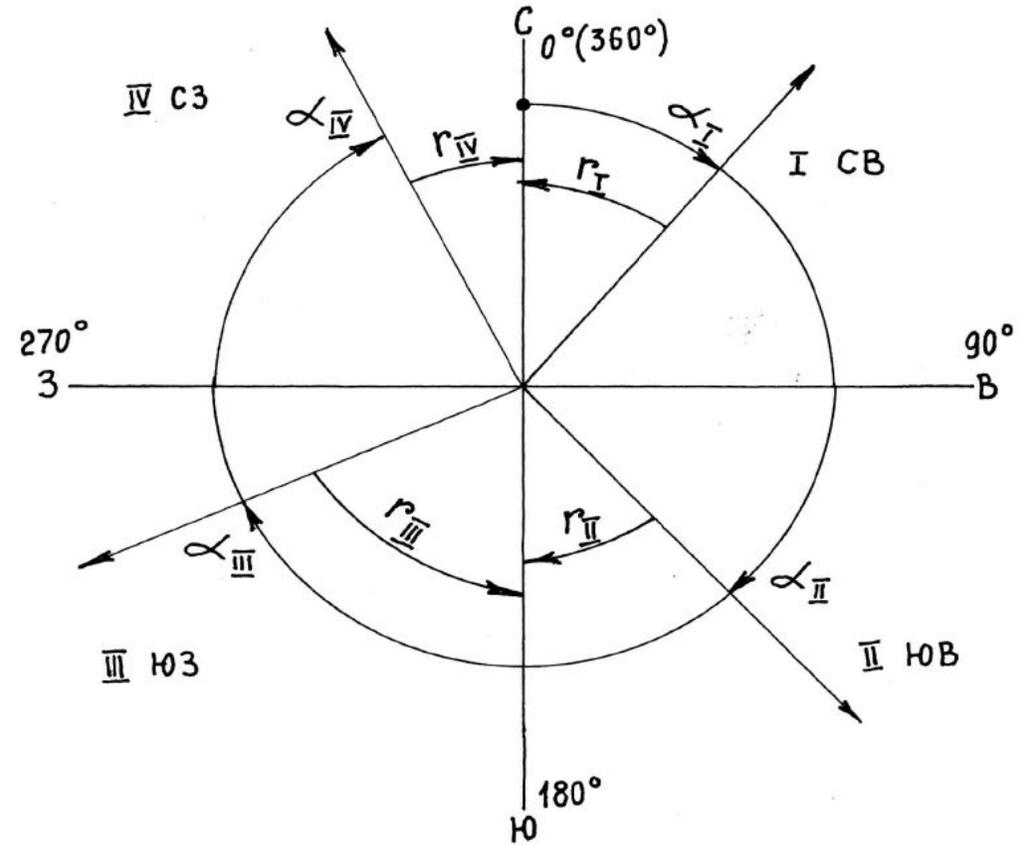
δ_{t_1} - склонение на момент времени t_1

$t_2 - t_1$ - разница в годах между моментом создания карты и моментом вычисления поправки

Румб линии r (четвертная система ориентирования)

Румб (r) - это острый горизонтальный угол между направлением линии и ближайшим направлением меридиана.

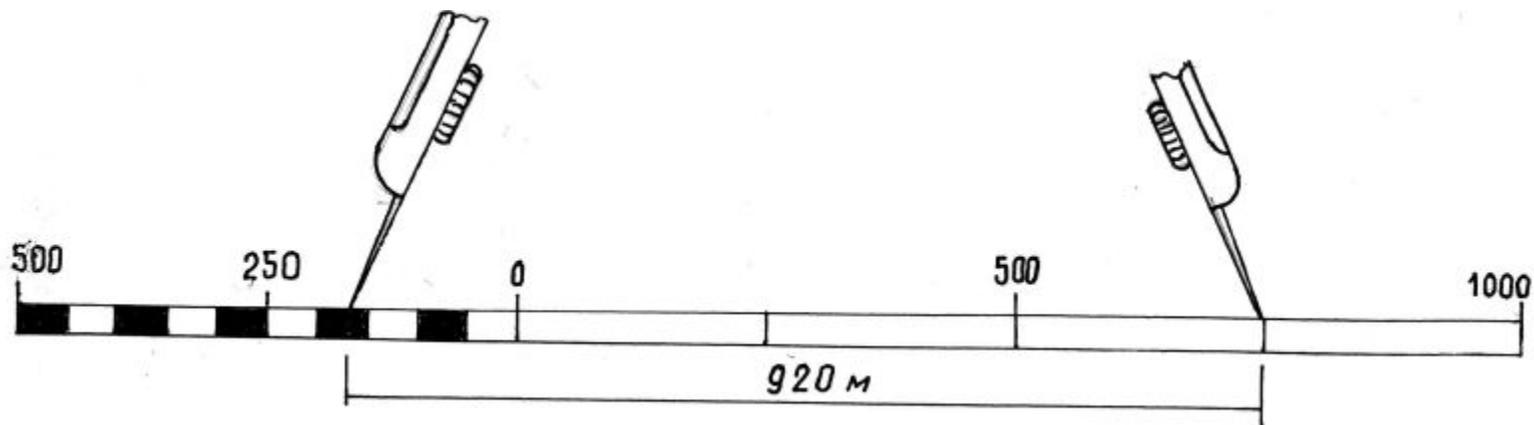
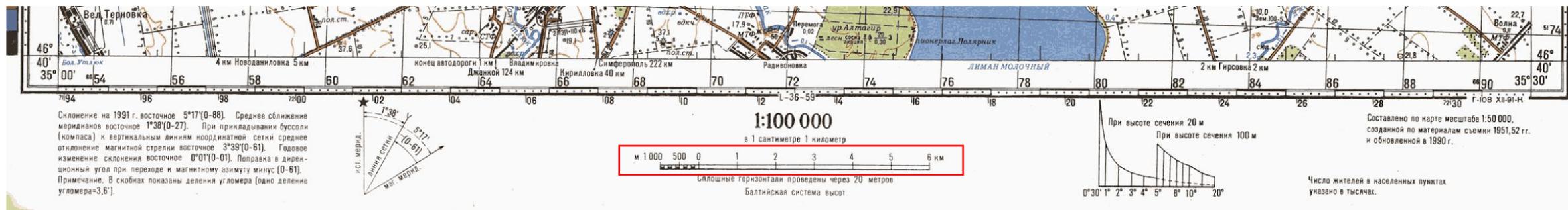
Румб записывают в следующем виде: $r = \text{ЮВ}:43^{\circ}32'$, $r = \text{СЗ}:17^{\circ}04'$ и т.п. Значение румба изменяется от 0° до 90° .



Связь румба с дирекционным углом

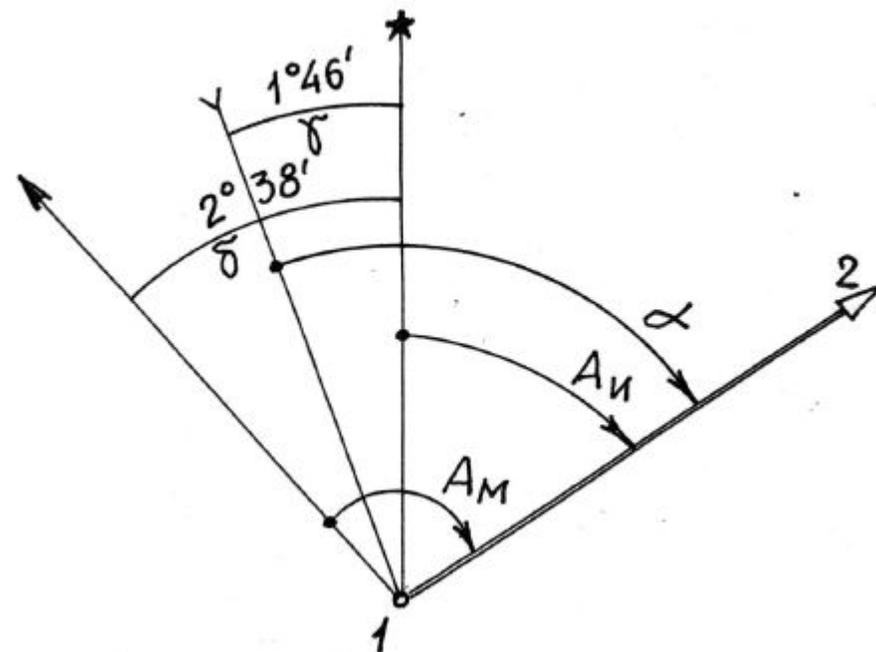
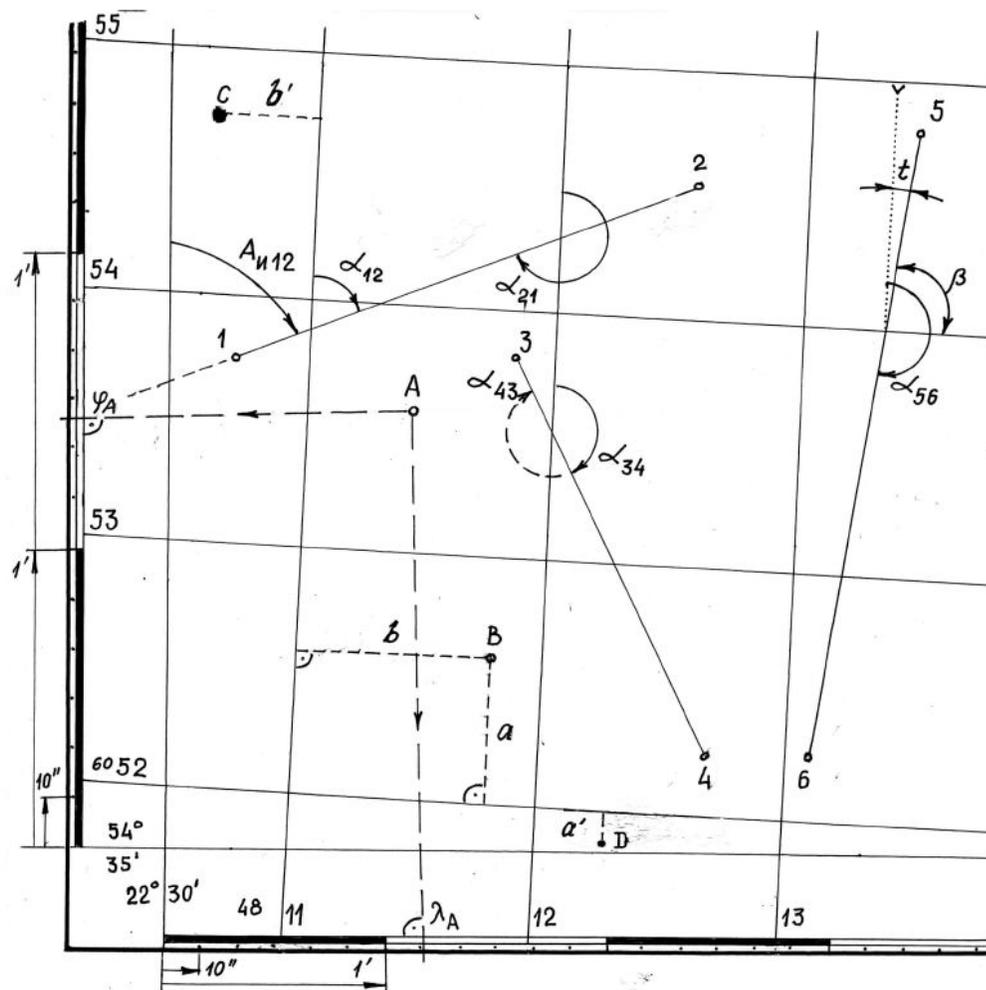
Четверть	I	II	III	IV
Обозначение румба	СВ	ЮВ	ЮЗ	СЗ
Пределы изменения угла A	$0^\circ - 90^\circ$	$90^\circ - 180^\circ$	$180^\circ - 270^\circ$	$270^\circ - 360^\circ$
Зависимость A от r	$A = r$	$A = 180^\circ - r$	$A = 180^\circ + r$	$A = 360^\circ - r$

Определение расстояний по карте



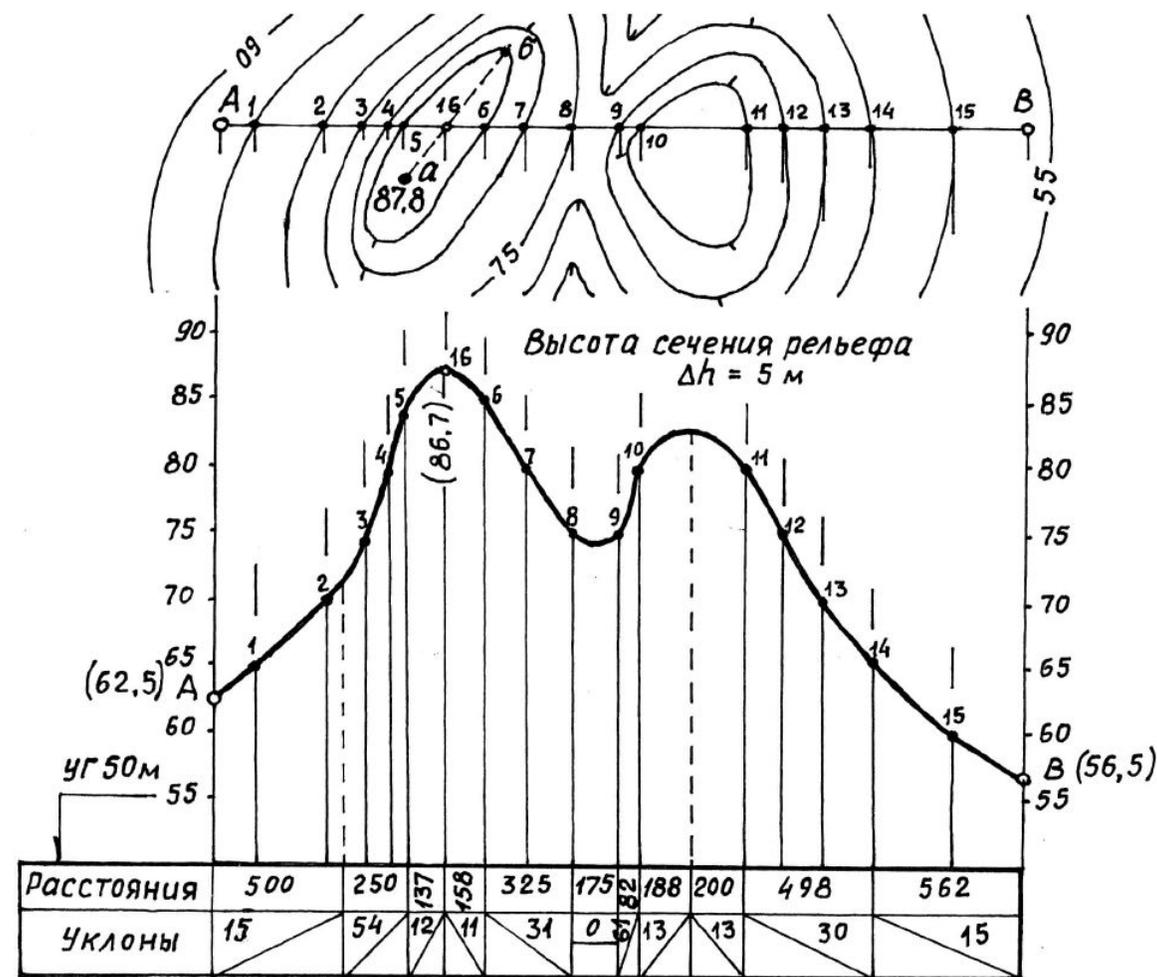
Линейный масштаб карты

Определение координат и ориентирование



Построение профиля местности по карте

Профиль - это вертикальный разрез рельефа местности по заданному направлению



Построение линии заданного уклона

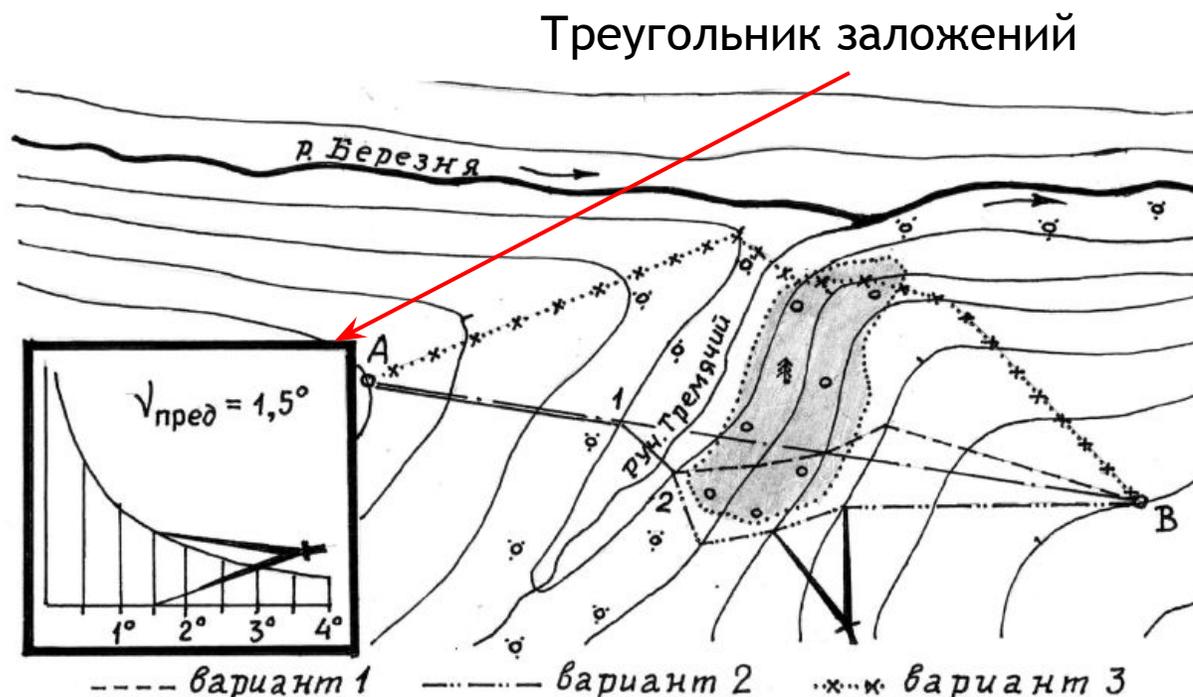
Углом наклона ν является угол в вертикальной плоскости между плоскостью горизонта и направлением на данную точку, либо направлением линии ската или заложения в выбранном месте рельефа.

Уклоном называется величина:

$$\operatorname{tg} \nu = i$$

Величина заложения определяется по формуле:

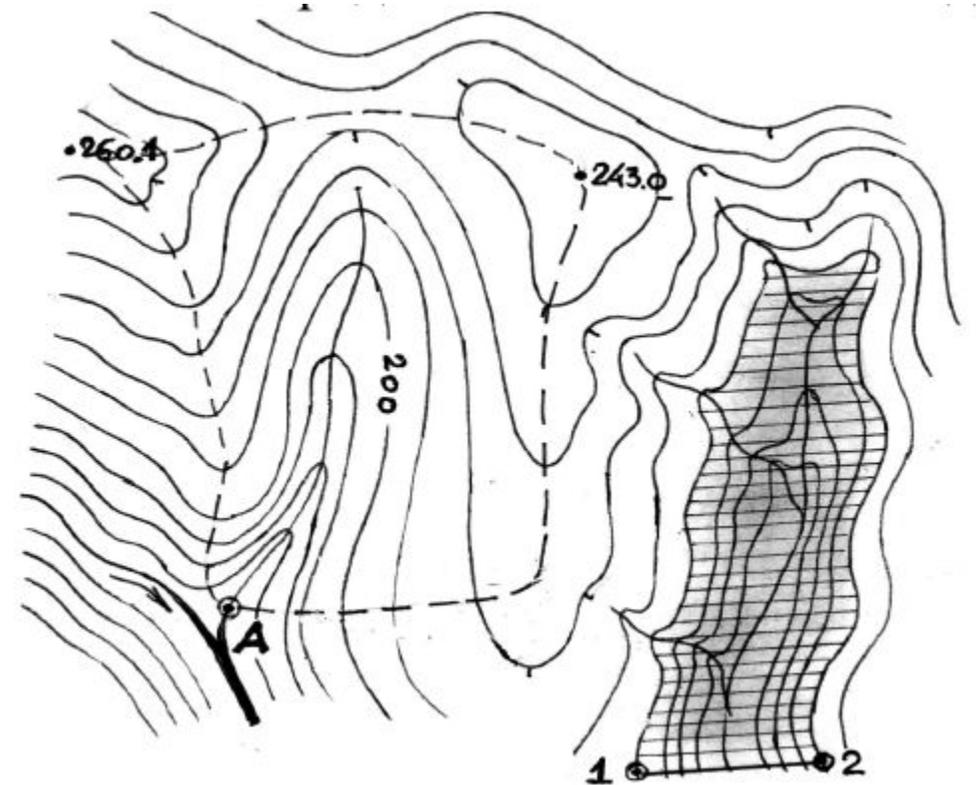
$$a = \Delta h \operatorname{ctg} \nu$$



Построение границ водосборной площади и границ зоны затопления

Водосборный бассейн представляет собой ту часть земной поверхности, с которой вода, поступающая из атмосферы, стекает по склонам неровностей и собирается затем в одной точке водотока (лощины, оврага, реки и т.п.).

Граница зоны затопления показывает на карте местность, покрываемую водой после строительства плотины, что необходимо для принятия соответствующих предупредительных мер. Кроме того, использование горизонталей карты и отметки водного зеркала позволяет решить задачу о ёмкости водохранилища.

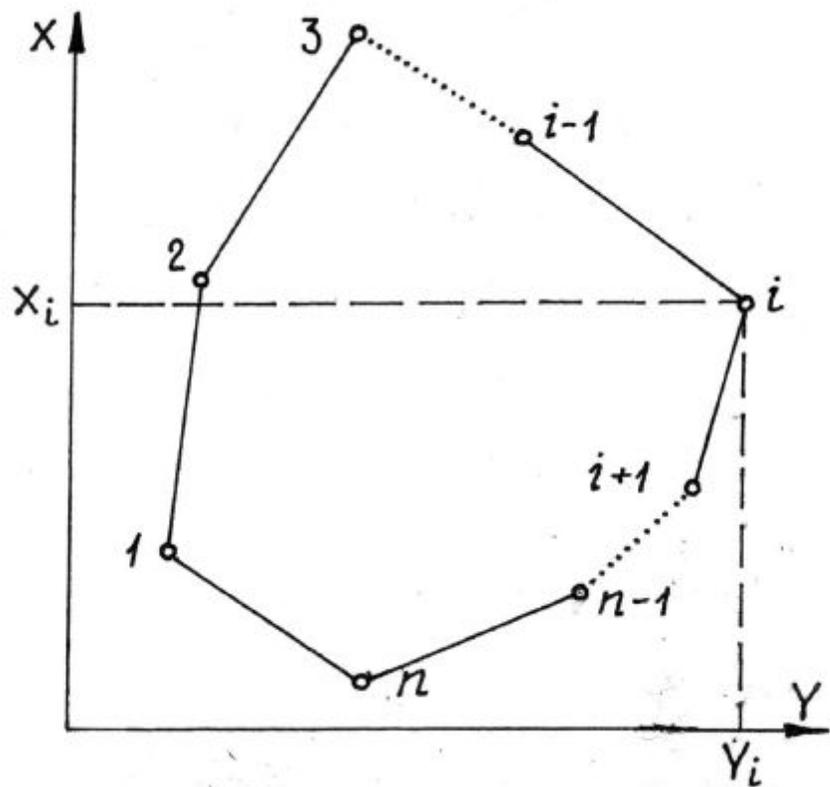


Определение площадей на картах и планах

Способы:

1. Аналитический
2. Графический
3. Механический
 - 3.1. Палетка
 - 3.2. Ротометр
 - 3.3. Планиметр

Аналитический способ

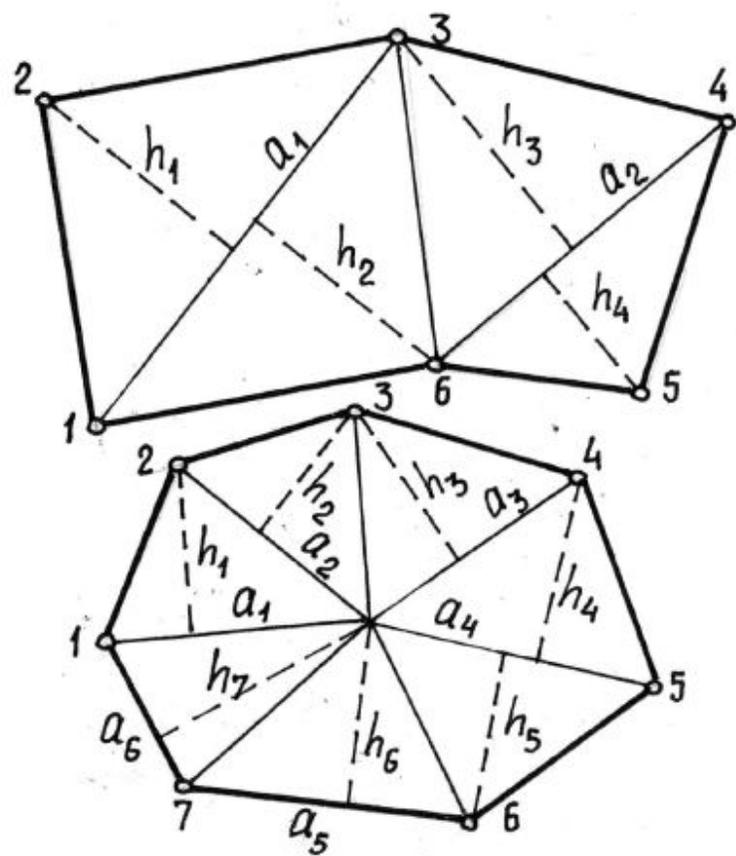


Формула Гаусса:

$$S = 0,5[X_1(Y_2 - Y_n) + X_2(Y_3 - Y_1) + \dots + X_n(Y_1 - Y_{n-1})]$$

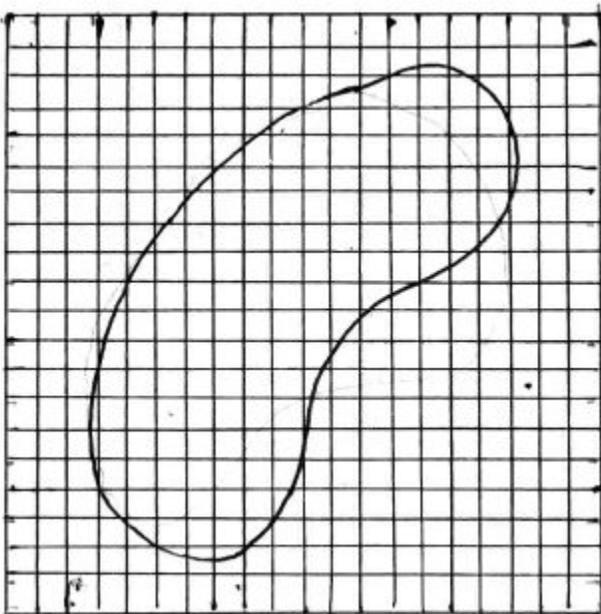
$$S = 0,5[Y_1(X_2 - X_n) + Y_2(X_3 - X_1) + \dots + Y_n(X_1 - X_{n-1})]$$

Графический способ

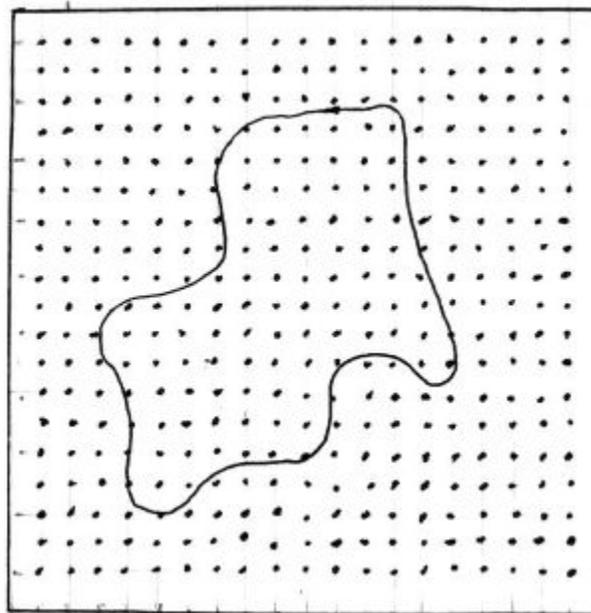


Если площади земельных участков представляют собой простые геометрические фигуры (треугольники, многоугольники и т.п.), то их площадь определяют аналитически по размерам сторон треугольников, на которые следует разбить более сложные геометрические фигуры

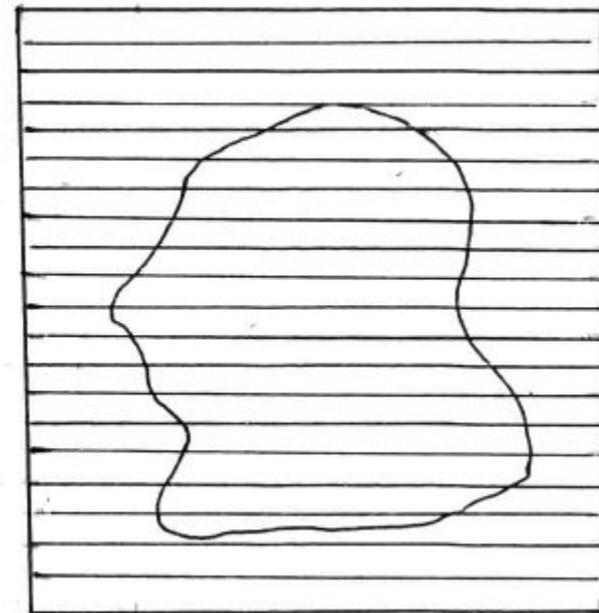
Палетка



Квадратная



Точечная



Линейная

Планиметр



KP-21C



KP-92N

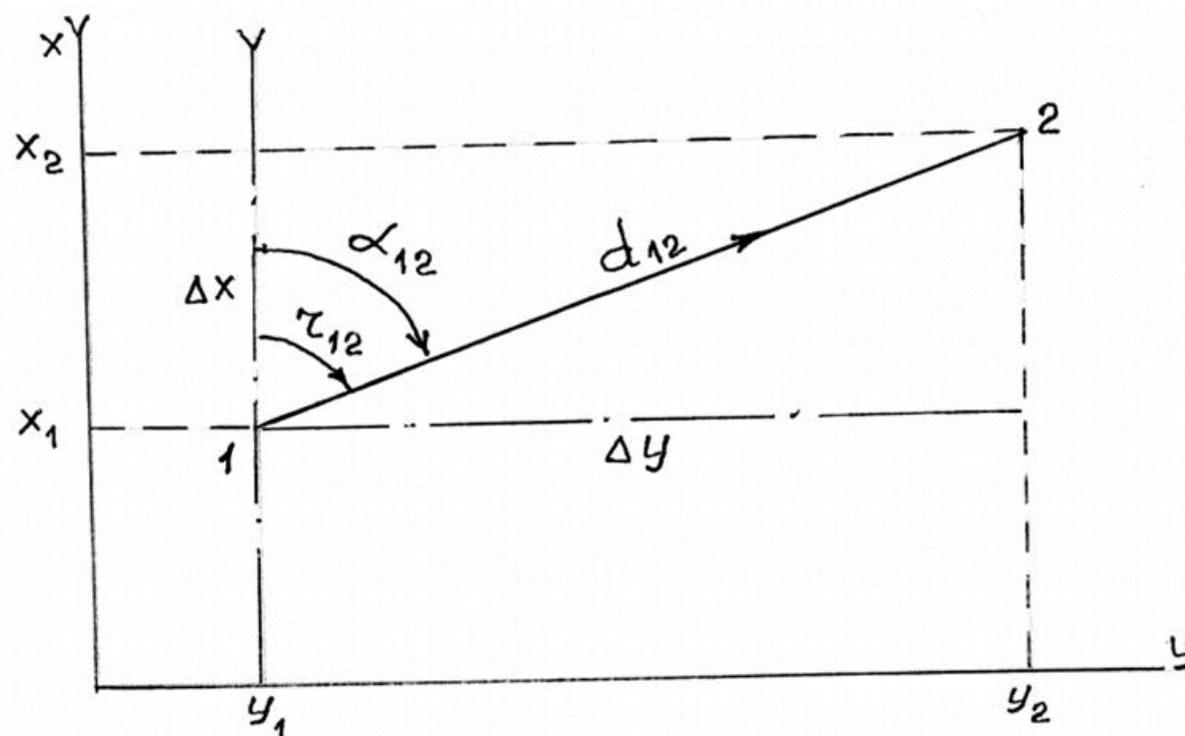
Ротометры (курвиметры)



Прямая геодезическая задача (ПГЗ)

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.



Решение ПГЗ

-

$$\begin{aligned}X_2 &= X_1 + \Delta X_{1-2} \\Y_2 &= Y_1 + \Delta Y_{1-2} \\ \Delta X_{1-2} &= d_{1-2} \cos \alpha_{1-2} \\ \Delta Y_{1-2} &= d_{1-2} \sin \alpha_{1-2}\end{aligned}$$

Общие формулы решения

$$\begin{aligned}X_2 &= X_1 + d_{1-2} \cos \alpha_{1-2} \\Y_2 &= Y_1 + d_{1-2} \sin \alpha_{1-2}\end{aligned}$$

Обратная геодезическая задача ОГЗ

Обратная геодезическая задача (ОГЗ) заключается в нахождении дирекционного угла и горизонтального проложения между точками 1 и 2 по их известным координатам

Решение ОГЗ

Вычисление приращений координат по направлению 1-2

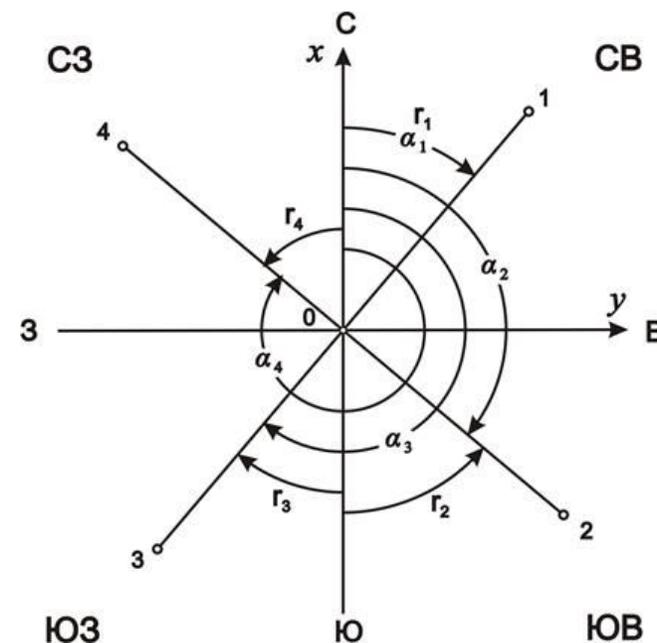
$$\Delta X_{1-2} = X_2 - X_1$$

$$\Delta Y_{1-2} = Y_2 - Y_1$$

$$r_{1-2} = \arctg \left| \frac{\Delta Y_{1-2}}{\Delta X_{1-2}} \right|$$

r_{1-2} - румб линии 1-2

Приращения координат	ΔX	+	-	-	+
	ΔY	+	+	-	-
Четверть		1 (СВ)	2 (ЮВ)	3 (ЮЗ)	4 (СЗ)
Дирекционный угол		$\alpha = r$	$\alpha = 180^\circ - r$	$\alpha = 180^\circ + r$	$\alpha = 360^\circ - r$



Окончание модуля I

Модуль II «Общая маркшейдерия»

Геометрия недр. Маркшейдерия. Геодезические приборы

Модуль III «Специальная маркшейдерия»

Рациональное использование и охрана недр. Маркшейдерские работы при строительстве специальных объектов. Математические методы обработки результатов измерений

Модуль IV «Автоматизация маркшейдерских работ»

Работа с растровыми подложками. Линейные и площадные условные знаки. Visual Lisp, создание прикладных процедур. Использование VBA для создания графических форм

