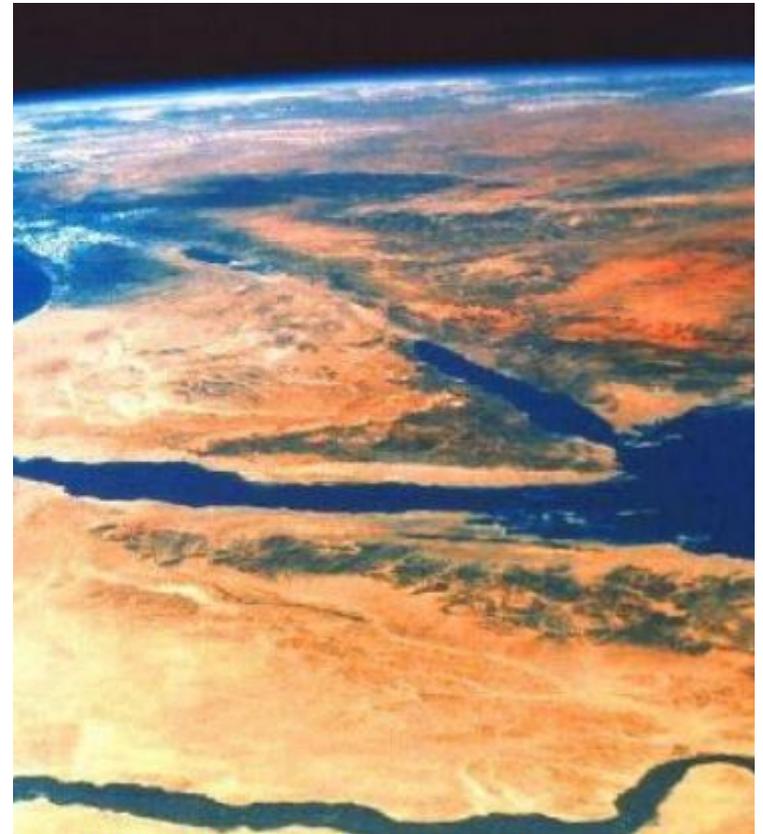


ЛЕКЦИЯ 1. ВВЕДЕНИЕ

Предмет высшей геодезии. Научные и научно-технические задачи, способы их решения. Связь с другими науками и разделами геодезии. Практическое значение. История и перспективы развития

Предмет высшей геодезии

- **Высшая геодезия** — наука, занимающаяся определением формы, размеров и гравитационного поля Земли, созданием государственных опорных геодезических сетей, изучением геодинамических явлений, решением геодезических задач на поверхности земного эллипсоида и в пространстве.



Главная научная задача высшей геодезии

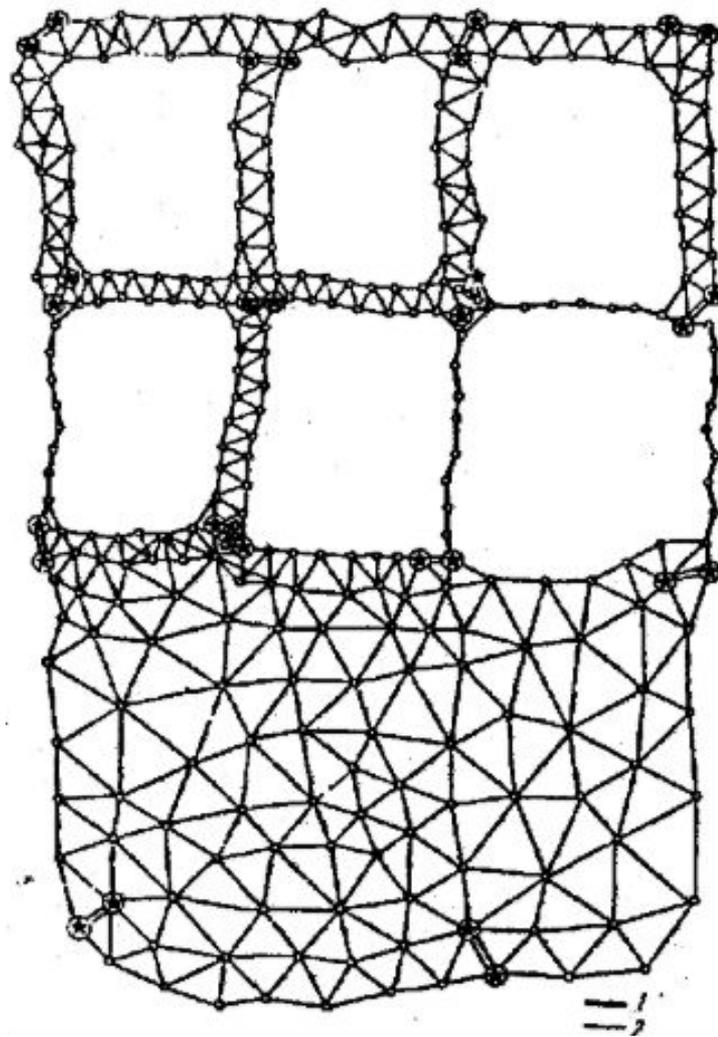
определение параметров фигуры Земли (ее формы и размеров), внешнего гравитационного поля и их изменений во времени по данным геодезических, гравиметрических измерений, астрономических определений и наблюдений искусственных спутников Земли.

определение вида и размеров математически простой поверхности (поверхности относимости), достаточно хорошо представляющей фигуру Земли в целом

изучение действительной фигуры Земли, т.е. реальной физической земной поверхности, и ее внешнего гравитационного поля.

Научно-технические задачи высшей геодезии

- Создание опорных сетей: геодезической, обеспечивающей плановые и высотные координаты, и гравиметрической, дающей абсолютные значения ускорения силы тяжести;
- Разработка и совершенствование методов высокоточных измерений (линейных, угловых, нивелирования, астрономических определений, наблюдений ИСЗ, гравиметрических);
- Разработка методов математической обработки результатов геодезических измерений и в выполнении этой обработки.

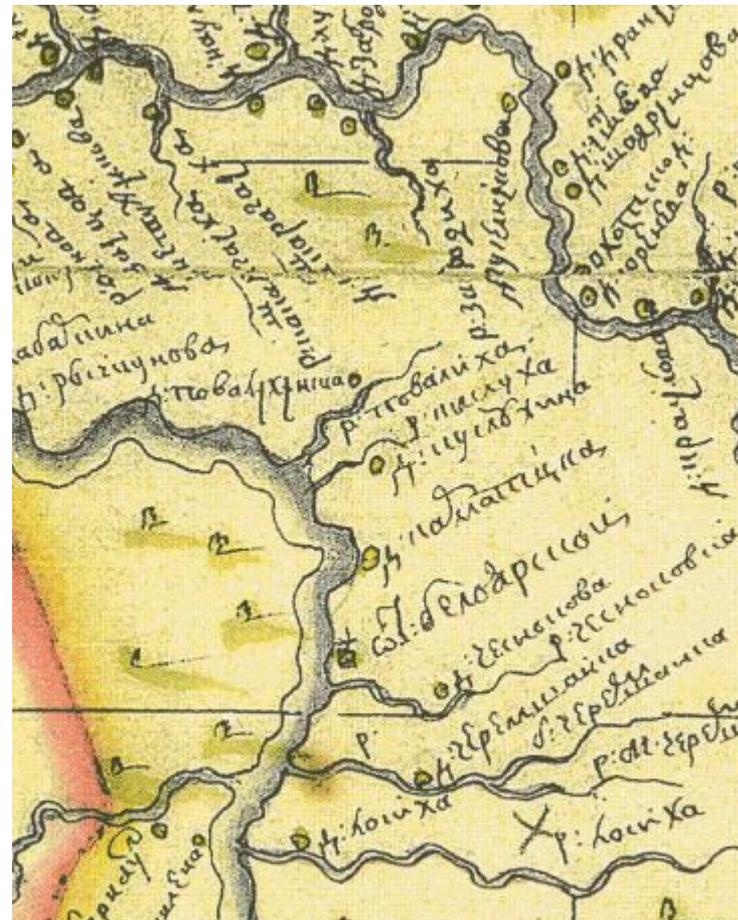


Связь высшей геодезии с другими науками

- Высшая геодезия в своих исследованиях широко использует новейшие достижения таких фундаментальных наук, как физика, математика, астрономия и других, а при разработке высокоточной измерительной техники — прикладной оптики, точного приборостроения, радиоэлектроники, лазерной техники и т. п. При математической обработке результатов измерений широко применяются теория вероятностей, математическая статистика, метод наименьших квадратов и т. п. Все вычисления выполняются с использованием новейшей электронной вычислительной техники. Для решения научных задач, связанных с изучением Земли как планеты, необходима тесная взаимосвязь высшей геодезии с такими науками о Земле, как геология, тектоника, геофизика и др.

История развития высшей геодезии в России

- В XVI столетии была составлена первая русская карта на Европейскую часть Московского государства, известная под названием «Большой чертеж»
- В 1721 г. была создана первая в России Инструкция по топографо-геодезическим работам
- Все работы по составлению ландкарт находились в ведении Сената, который передавал готовые ландкарты в Географический департамент Российской академии наук
- С 1775 г. работой Географического департамента руководил М.В. Ломоносов
- К концу XVIII века на территории России было определено 67 астрономических пунктов. Такого количества астропунктов в те времена не имела ни одна западноевропейская страна.



История развития высшей геодезии в России

- 1816 г. - Первые крупные триангуляционные работы в западных пограничных районах России под руководством известного геодезиста К. И. Теннера
- 1816 г. - Градусные измерения в Прибалтийских районах страны начал выдающийся русский астроном и геодезист В.Я. Струве
- 1830 г. - Градусные измерения Теннера и Струве соединились и затем были продолжены на север и юг.
- 1852 г. – Завершение работ. Была получена дуга градусного измерения протяженностью по широте в $25^{\circ}20'$ от устья Дуная до Северного Ледовитого океана, известная как дуга Струве



История развития высшей геодезии в России

В 1822 г. был учрежден Корпус военных топографов (КВТ), сыгравший большую роль в становлении и развитии основных геодезических и картографических работ в России. До 1917 г. КВТ был единственной крупной организацией, занимавшейся созданием триангуляционных сетей и производством топографических съемок. Наибольший объем этих работ был выполнен в западных приграничных районах. Значительные по объему работы были выполнены в Финляндии, на Кавказе, в Крыму, в центральных районах Европейской части России.

За 100 лет своего существования КВТ определил на территории России 3650 пунктов триангуляции 1 класса, 6373 пункта триангуляции 2 и 3 классов.



История развития высшей геодезии в России

Недостатки проведенных ранее работ:

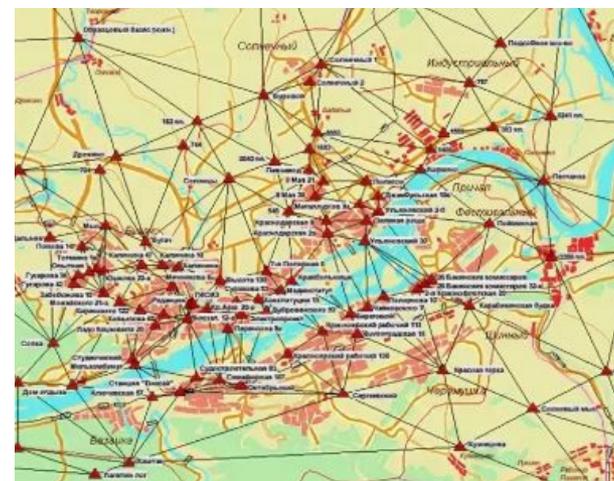
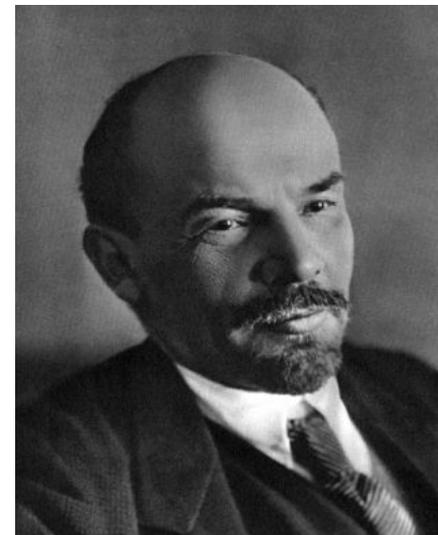
- Отсутствовал единый план и программа построения триангуляции в масштабе всей страны.
- Почти все города и промышленные районы не были обеспечены геодезической основой.
- К началу 20 века основная масса пунктов прежних триангуляций оказалась утраченной, а потребность в геодезической основе возросла.

В связи с этим в 1907 г. комиссия под руководством начальника КВТ И.И. Померанцева впервые разработала программу построения триангуляции 1 класса на Европейской части России.

История развития высшей геодезии в России

15 марта 1919 г. Ленин подписал декрет «Об учреждении Высшего геодезического управления».

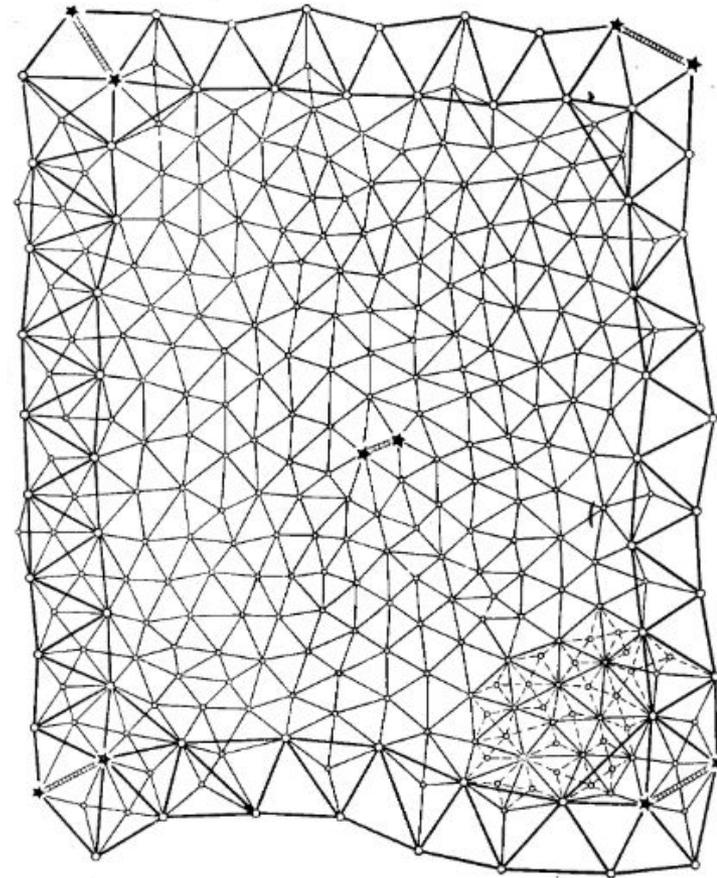
В решении задачи построения опорной геодезической сети СССР большую роль сыграл крупнейший ученый геодезист нашего времени Ф.Н. Крассовский, который разработал и научно обосновал фундаментальную программу построения государственной триангуляции СССР, которая стала постепенно осуществляться с 1925 г.



История развития высшей геодезии в России

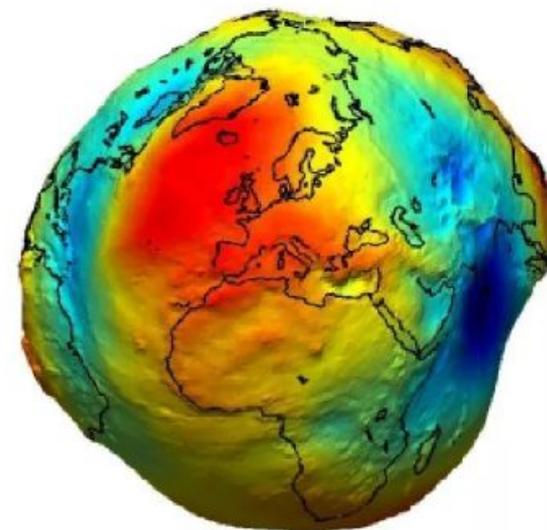
В послевоенные годы согласно Основным положениям 1954 – 1961 г., государственная геодезическая сеть СССР является главной геодезической основой топографических съемок всех масштабов. Она подразделяется на сети 1, 2, 3 и 4 классов.

Высоты всех пунктов государственной геодезической сети определяют в основном методом тригонометрического нивелирования; только лишь в равнинной местности применяют геометрическое нивелирование 4 класса.



Перспективы развития высшей геодезии в России

- Совершенствование приборов и методов геодезических измерений (GPS и ГЛОНАСС, лазерное сканирование и др.)
- Создание и развитие геоинформационных систем (ГИС)
- Модернизация и повышение точности геодезических опорных сетей
- Учет геодинамических процессов при закреплении пунктов общеземной системы координат
- Высокоточные измерения силы тяжести для изучения гравитационного поля Земли



ЛЕКЦИЯ 2.

ФИГУРА ЗЕМЛИ

Уровенные поверхности и их свойства. Геоид и квазигеоид. Земной эллипсоид и его основные элементы. Общий земной эллипсоид и референц-эллипсоид, требования к ним. Основные линии и плоскости земного эллипсоида: экватор, параллель, меридиан.

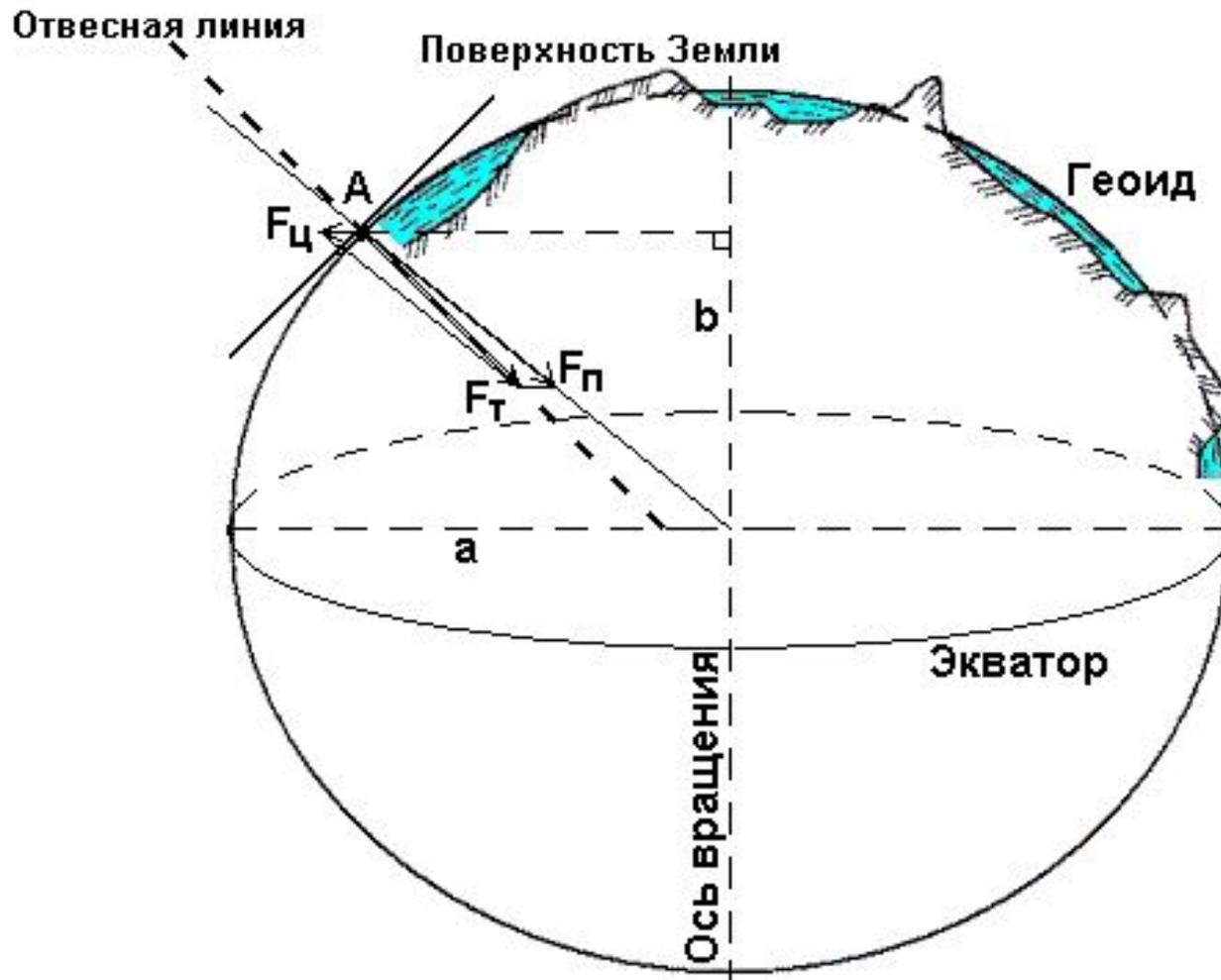
Фигура Земли

- **Фигура Земли** – фигура ограниченная физической поверхностью Земли, т.е. поверхность твердой оболочки и не возмущенной поверхностью морей и океанов.
- **Уровенная поверхность** - поверхность, всюду перпендикулярная отвесным линиям(поверхность равного потенциала силы тяжести и представляет собой фигуру равновесия жидкого или вязкого вращающегося тела, образующегося под действием сил тяжести и центробежных сил.)

Свойства уровенных поверхностей:

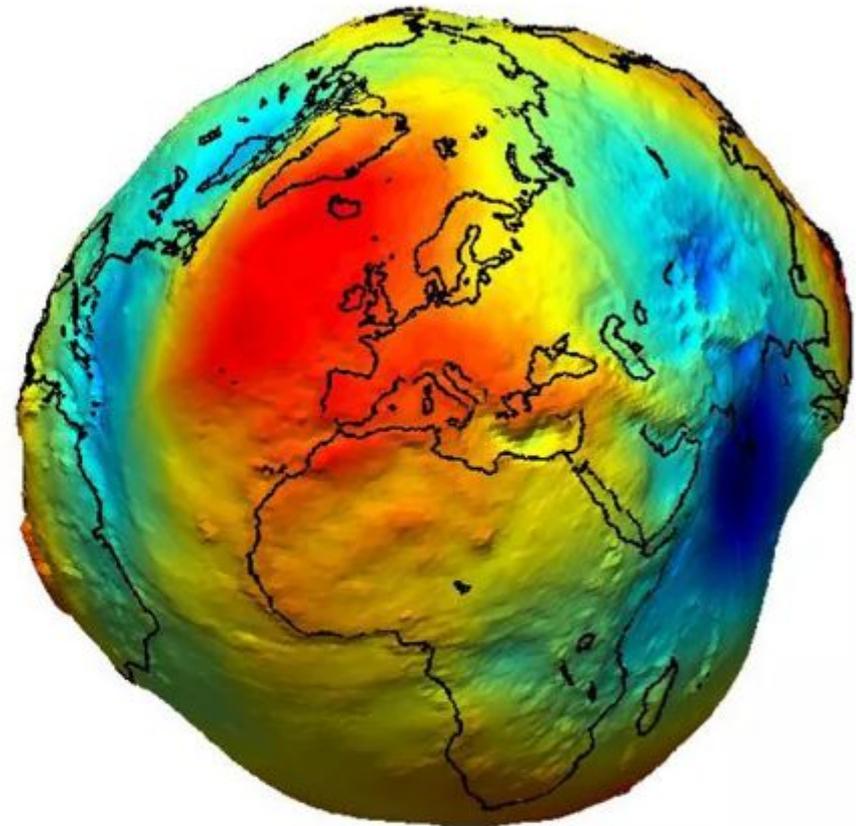
- Уровенные поверхности можно проводить на разных высотах, все они являются замкнутыми и почти параллельны одна другой.
- Через одну точку пространства проходит только одна уровенная поверхность.
- Направление нормали к уровенной поверхности совпадает с направлением силы тяжести, то есть с отвесной линией.
- Форма уровенной поверхности не имеет точного математического выражения и зависит от распределения масс различной плотности в теле Земли.

Математическая поверхность Земли



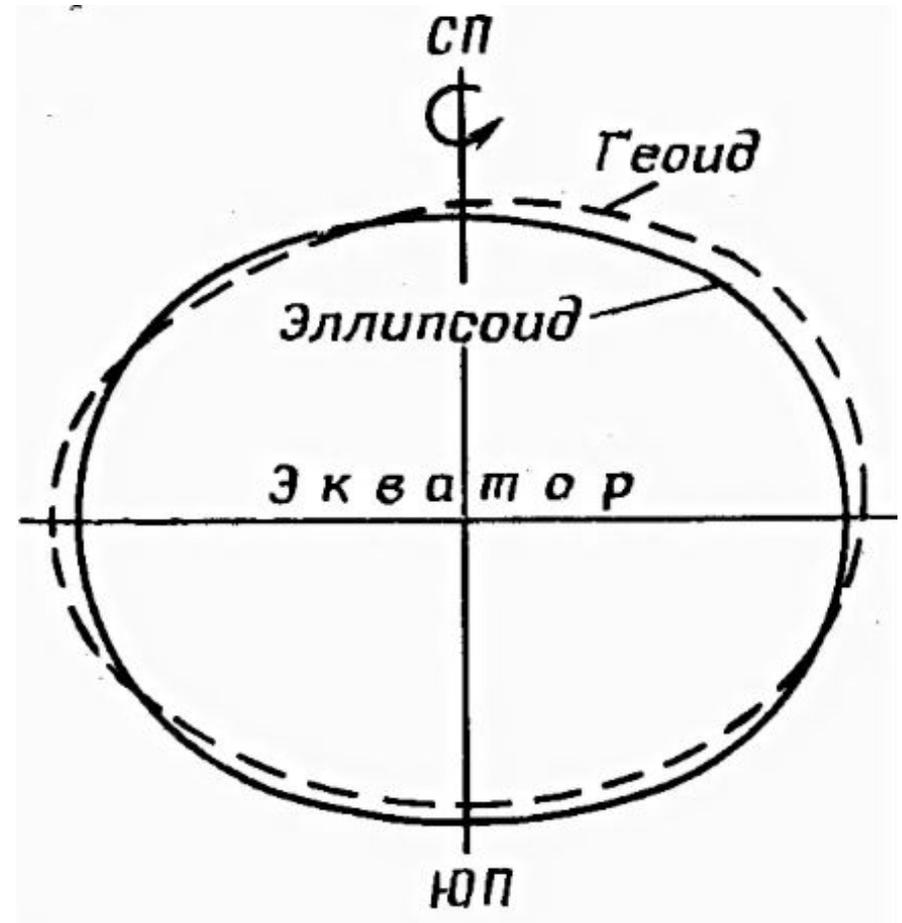
Геоид и квазигеоид

- Геоид — образованная основной уровенной поверхностью замкнутая фигура принимаемая за обобщенную поверхность Земли
- Квазигеоид — поверхность близкая к поверхности геоида, определяемая только по результатам измерений на земной поверхности



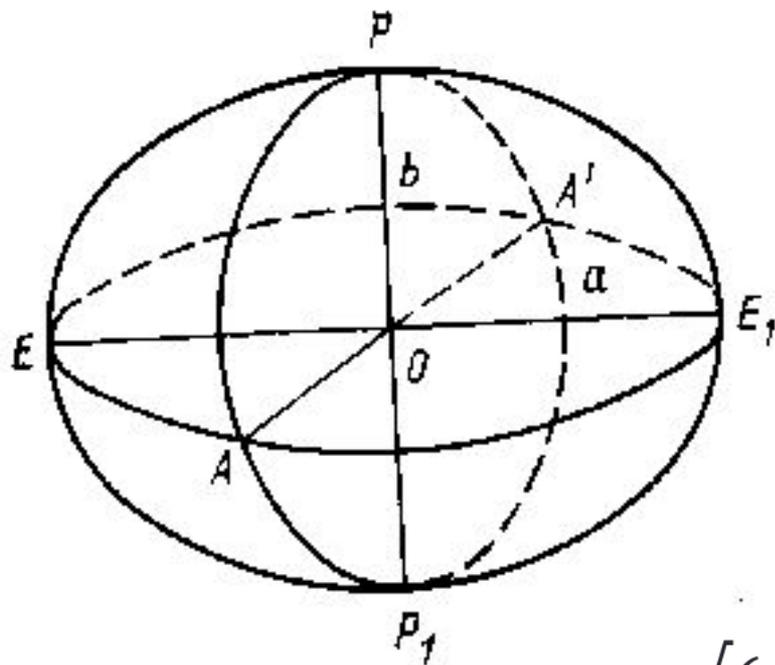
Земной эллипсоид

- Земной эллипсоид — эллипсоид вращения, размеры которого подбираются при условии наилучшего соответствия фигуре квазигеоида для Земли в целом (общеземной эллипсоид) или отдельных её частей (референц-эллипсоид).



Параметры земного эллипсоида

- a - большая полуось
- b - малая полуось
- α - полярное сжатие
- e - эксцентриситет



$$\alpha = \frac{a - b}{a}$$

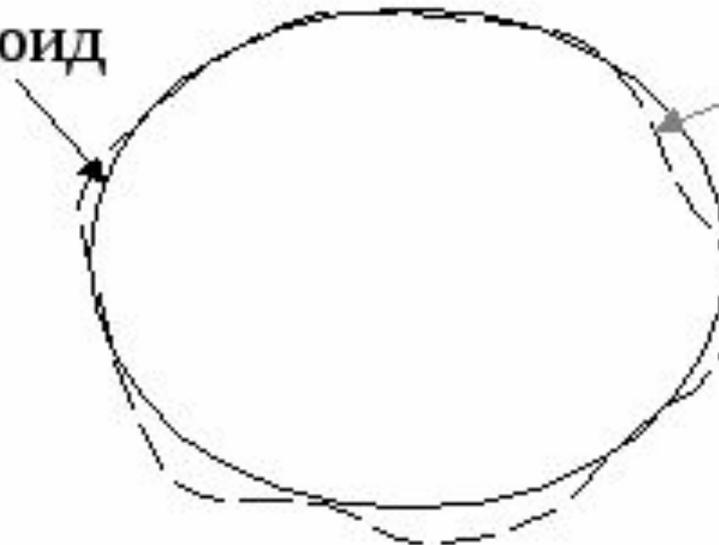
$$OP = OP_1 = \sqrt{(a^2 + b^2)}$$

$$e_1 = \frac{\sqrt{(a^2 + b^2)}}{a} \quad e_2 = \frac{\sqrt{(a^2 + b^2)}}{a}$$

Референц-эллипсоид

- **Референц-эллипсоид** — приближенная форма поверхности Земли (а точнее, геоида), используемая для нужд геодезии на некотором участке земной поверхности (территории отдельной страны или нескольких стран).

Референц-эллипсоид



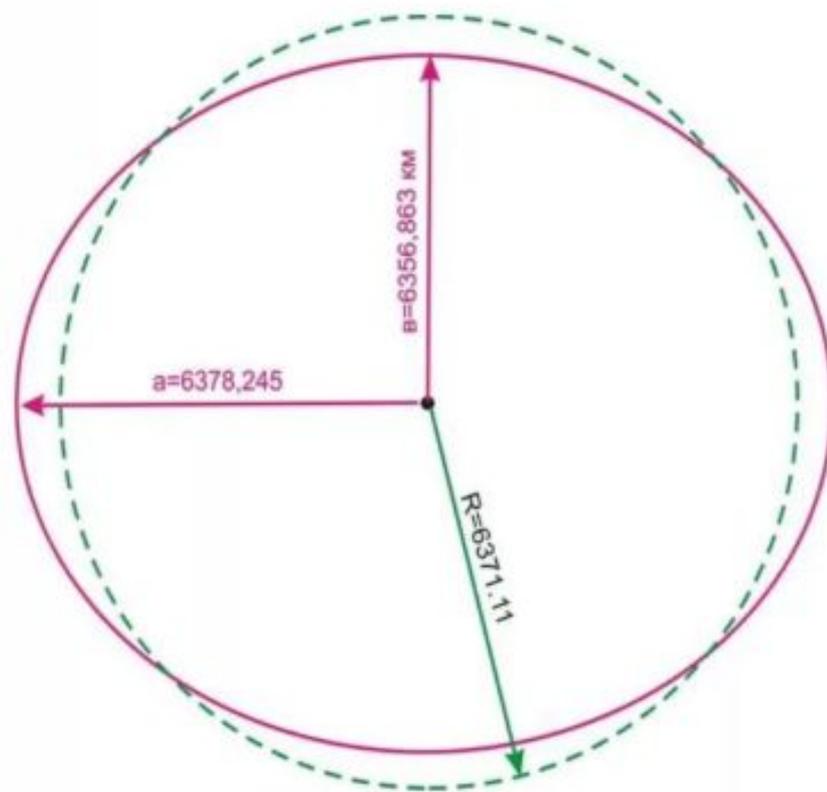
Геоид

Референц-эллипсоиды разных стран

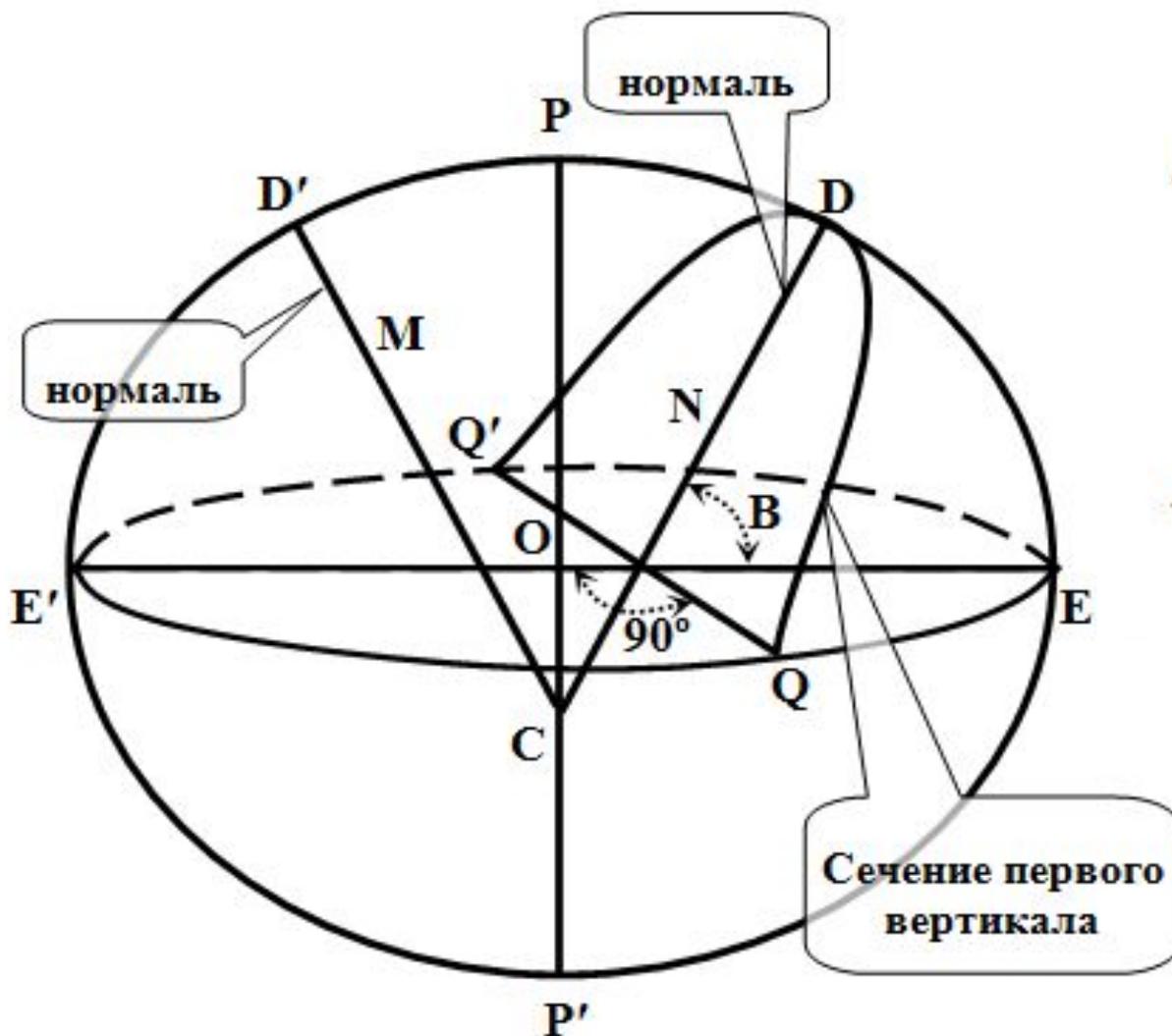
НАЗВАНИЕ	Год	Большая полуось, м	Малая Полуось, м	ПРИМЕНЕНИЕ
Айри (Airy)	1830	6377563.396	6356256.91	Великобритания
Бессель (Bessel)	1841	6377397.155	6356078.96284	Центральная Европа, Чили, Индонезия
Кларк (Clarke)	1866	6378206.4	6356583.8	Североамериканский континент, Филиппины
Хелмет (Helmet)	1907	6378200	6356818.17	Египет
Красовский	1940	6378245	6356863.0188	СНГ, Россия, некоторые страны Вост. Европы
WGS84	1984	6378137	6356752.31	Весь Мир (GPS приемники)

Референц-эллипсоид Красовского

- Эллипсоид Красовского — референц-эллипсоид земной поверхности, форма и размеры которого определены для территории России и стран СНГ (1940 г.)
- Центр референц-эллипсоида Красовского совпадает с началом референцной системы координат, ось вращения эллипсоида параллельна оси вращения Земли, а плоскость нулевого меридиана определяет положение начала счета долгот.



Нормальные сечения эллипсоида



$$M = \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}}$$

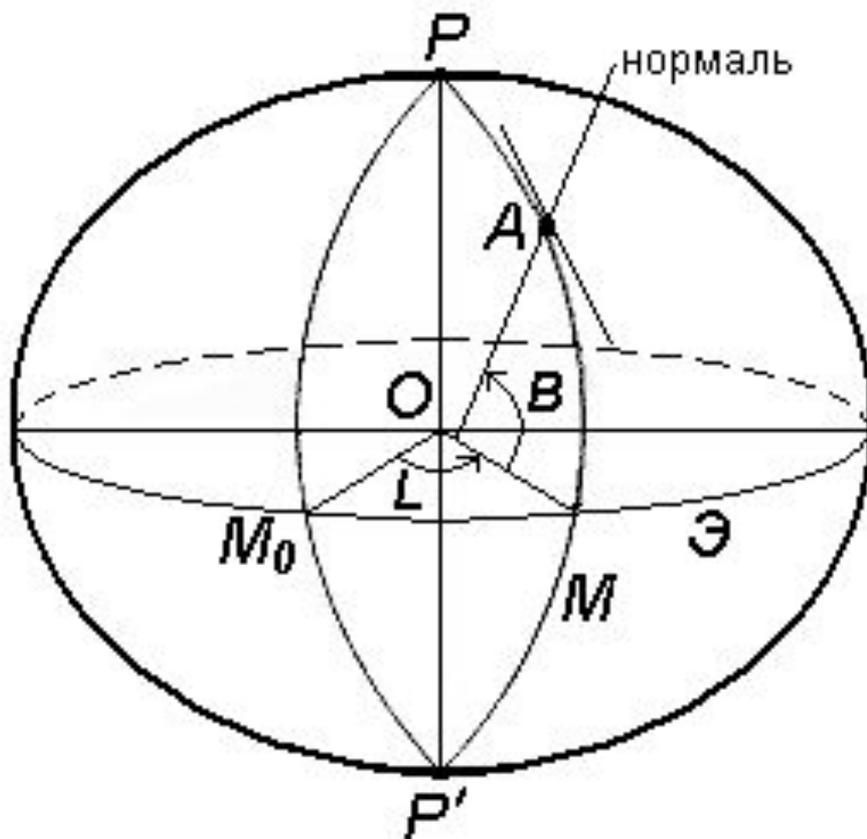
$$N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}}$$

$$R = \sqrt{M \times N}$$

ЛЕКЦИЯ 3. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ И ВЫСОТ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ГЕОДЕЗИИ

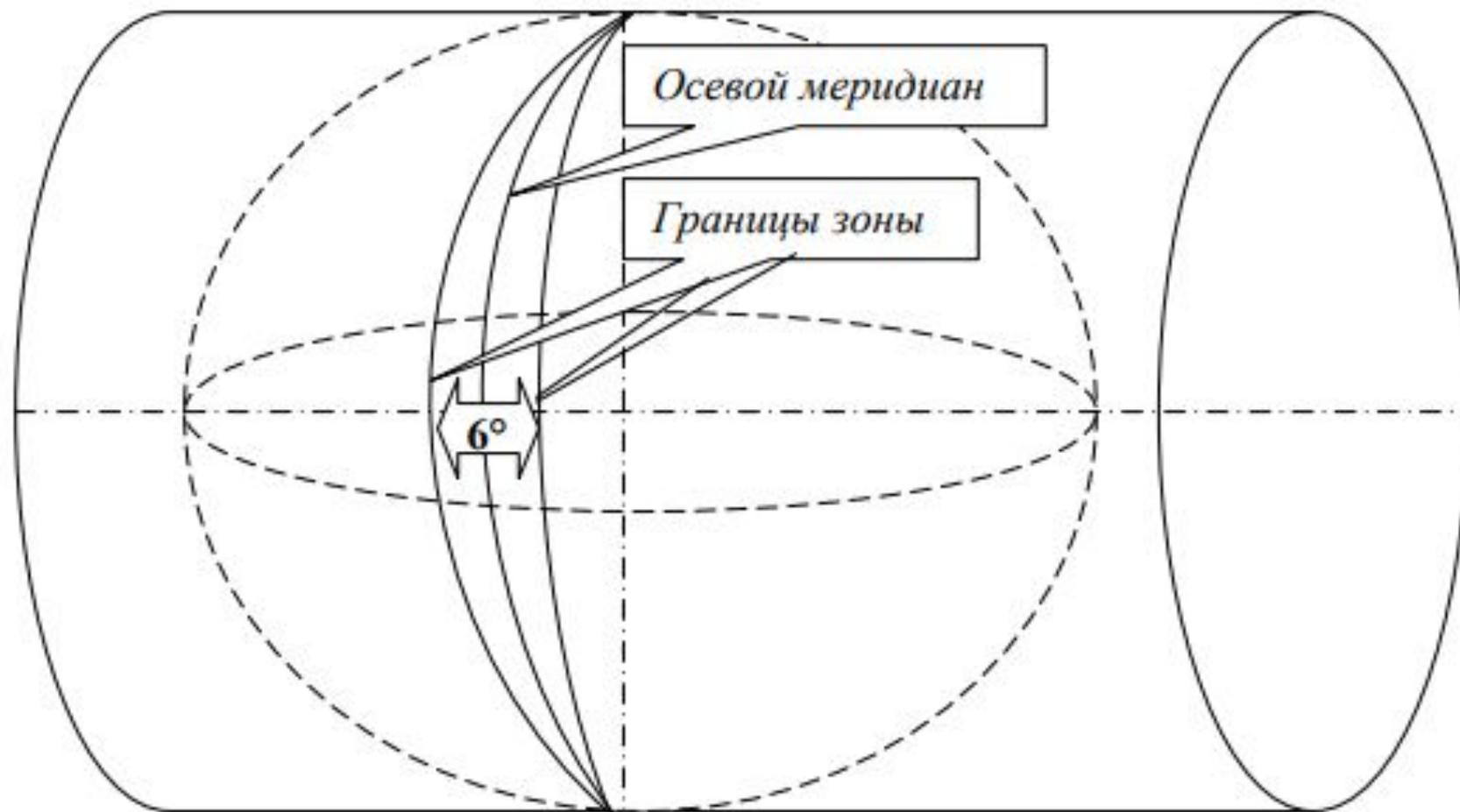
Геодезические координаты. Астрономические координаты. Пространственные прямоугольные координаты. Плоские прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера. Полярные координаты. Система высот. Исходные геодезические даты. СК-42. ПЗ-90. СК-95. WGS-84.

Геодезические координаты

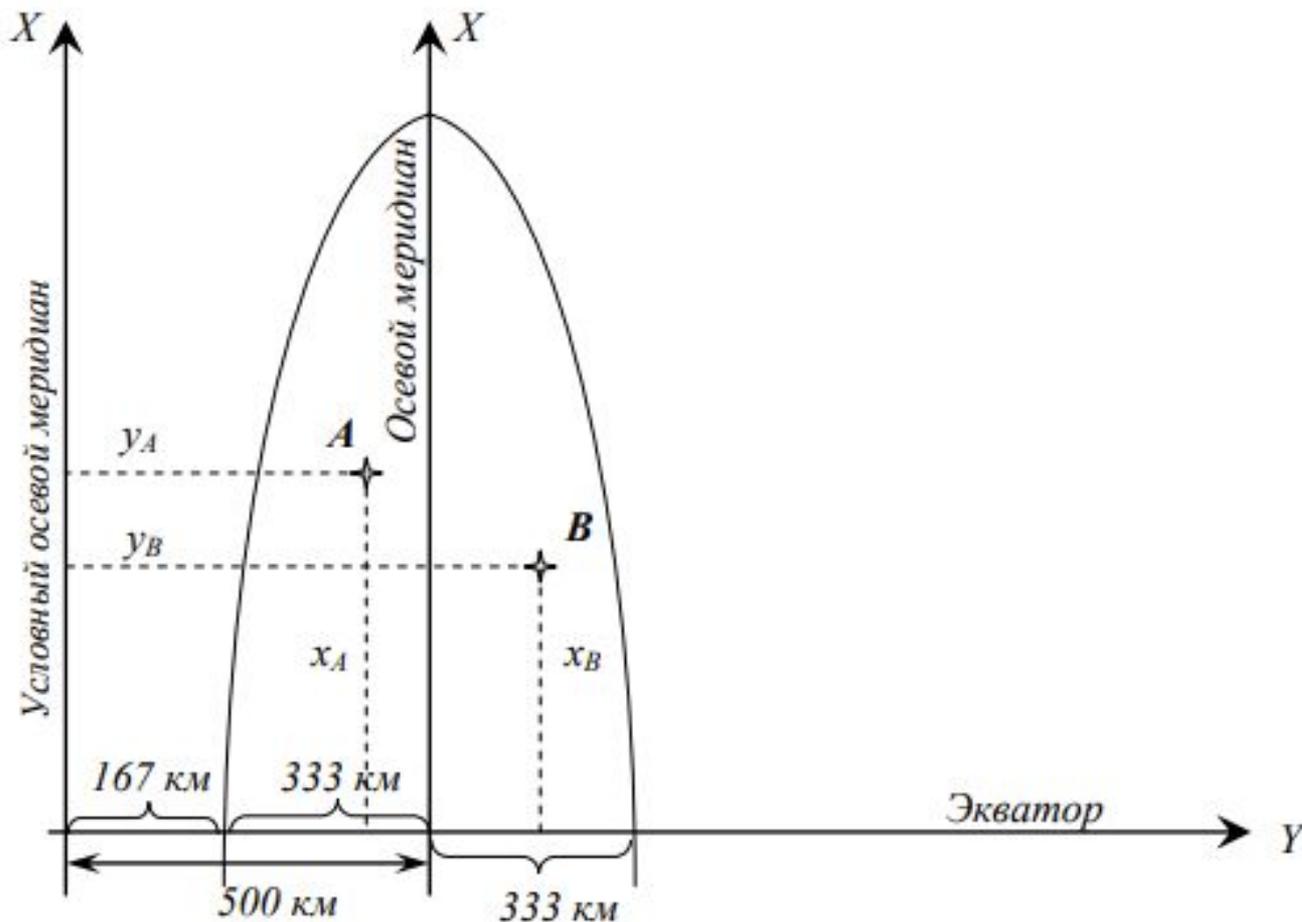


- Геодезическая широта (B) определяется острым углом между нормалью к поверхности эллипсоида и плоскостью экватора. Широта изменяется от 0° до 90° ($0^{\circ} B 90^{\circ}$). Различают северную широту и южную широту.
- Геодезическая долгота (L) равна двугранному углу между плоскостями начального меридиана и меридиана данной точки. Долгота изменяется от 0° до 180° ($0^{\circ} L 180^{\circ}$). Различают восточную долготу и западную долготу.

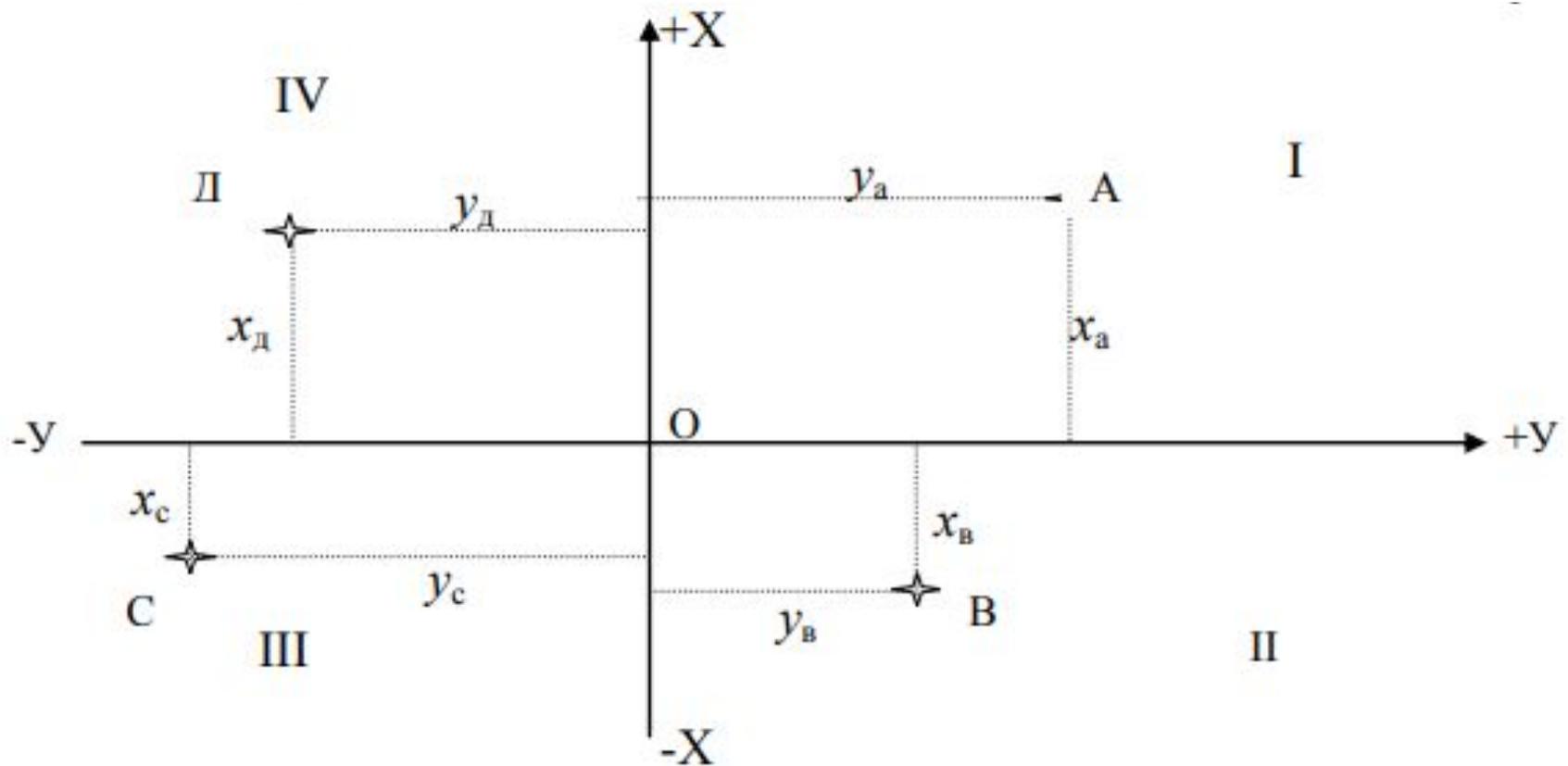
Проекция Гаусса-Крюгера



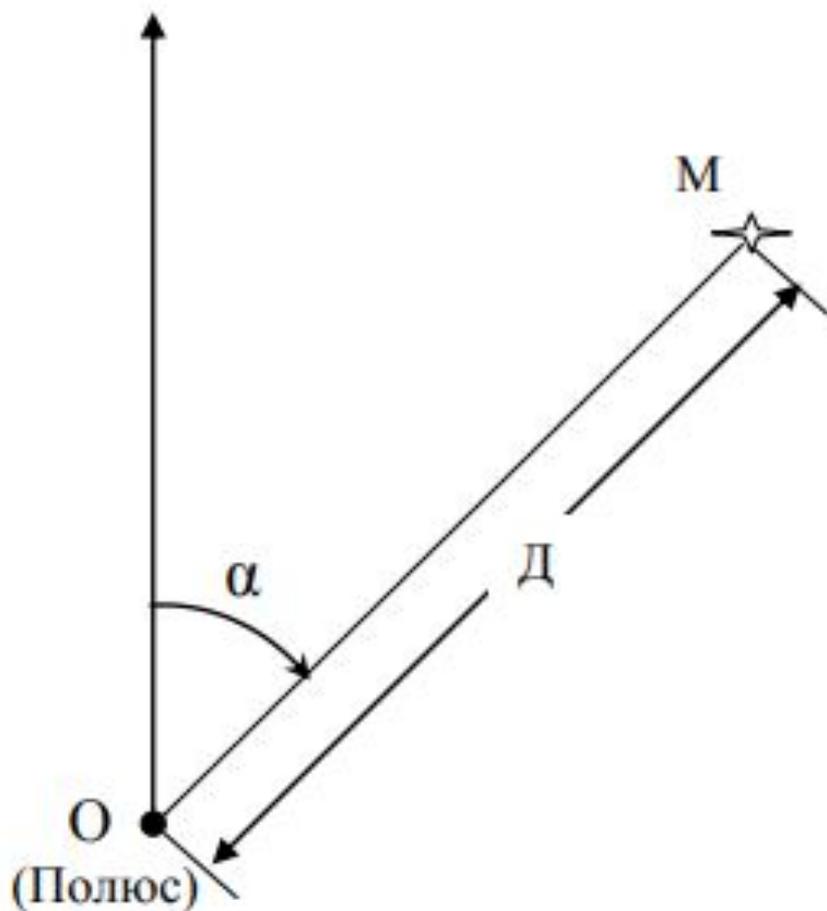
Плоские прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера



Местная система плоских прямоугольных координат

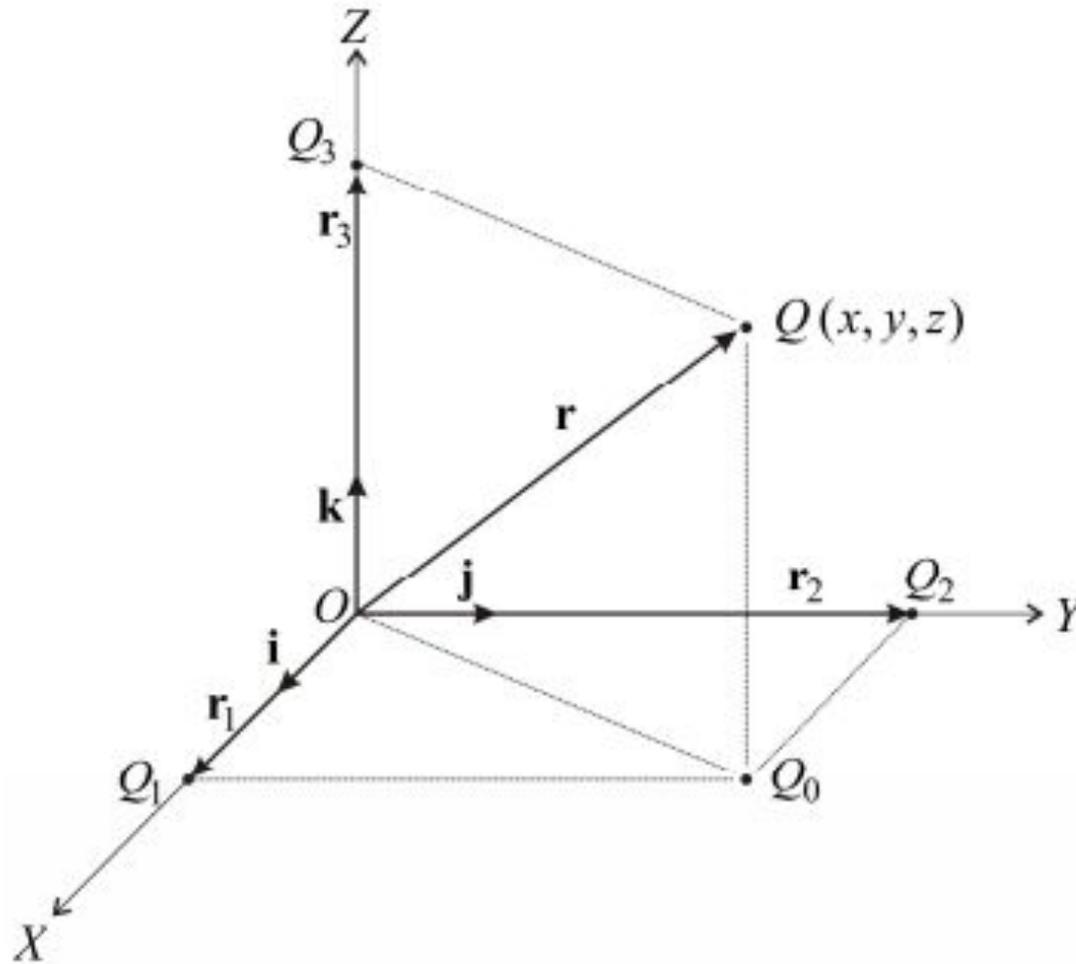


Система полярных координат

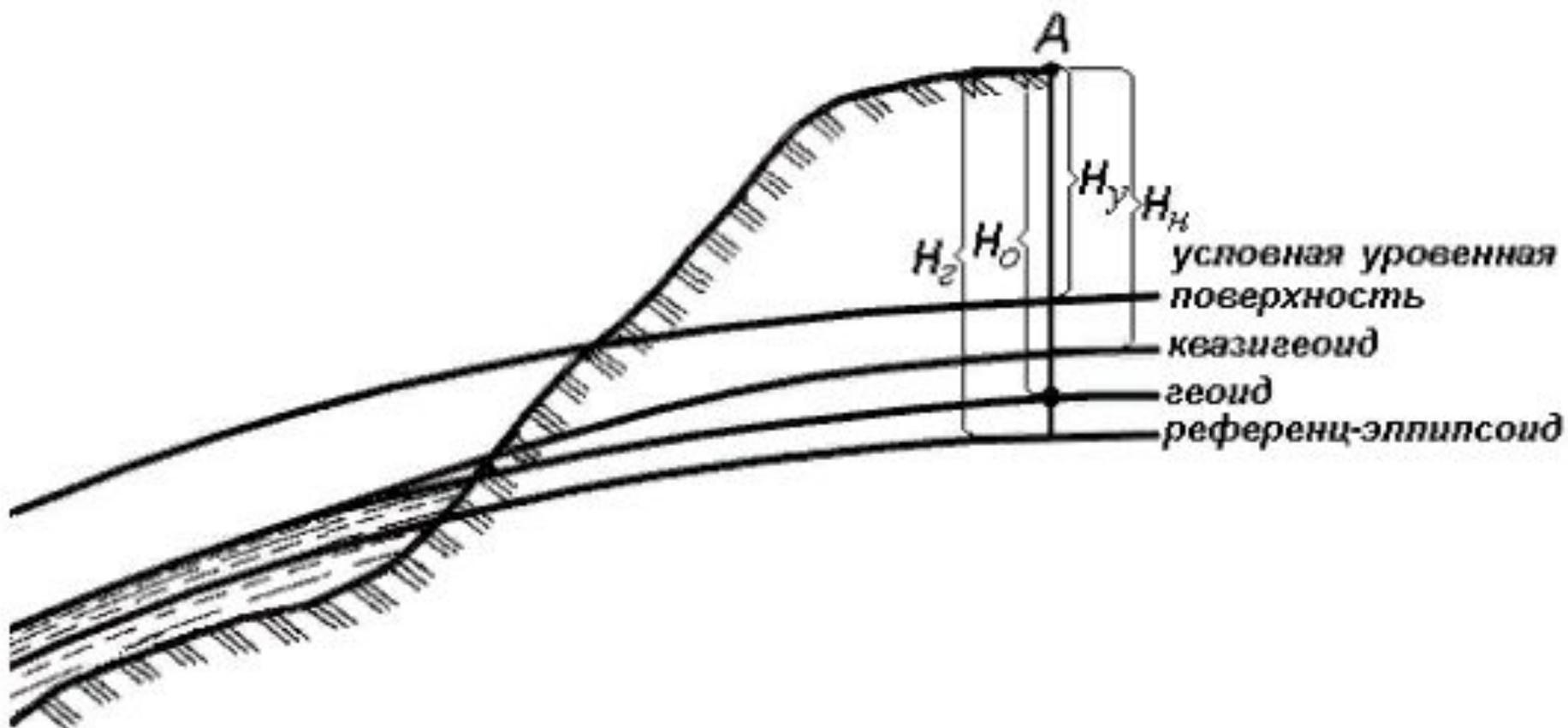


- α - полярный угол
- Д - расстояние

Система прямоугольных пространственных координат



Система высот в геодезии



Система высот в геодезии

- **Ортометрическая (абсолютная) высота H_o** – расстояние, отсчитываемое по направлению отвесной линии от поверхности геоида до данной точки.
- **Геодезическая высота H_z** – расстояние, отсчитываемое по направлению нормали от поверхности референц-эллипсоида до данной точки.
- В **нормальной системе высот** отметка точки H_n отсчитывается по направлению отвесной линии от поверхности **квазигеоида**, близкой к поверхности геоида.
- **Относительная высота H_y** – измеряется от любой другой поверхности, а не от основной уровенной поверхности.

Исходные геодезические даты

- Исходные геодезические даты – совокупность величин, определяющих положение референц-эллипсоида, принятого для обработки геодезической сети какой-либо страны или группы стран, относительно геоида, т. е. величин, фиксирующих положение референц-эллипсоида в теле Земли.
- В состав входят геодезические координаты одного из опорных пунктов сети, принятого за исходный, геодезический азимут A_0 направления с исходного пункта на один из смежных пунктов сети и высота x_0 исходного пункта над геоидом.

Система координат 1942 года СК-42

- большая полуось эллипсоида, равная 6378245, 000м;
- малая полуось эллипсоида со значением 6356863,019 м;
- сжатие эллипсоида имеет соотношение 1:298,3;
- геодезические координаты пункта Сигнал А ($B=59^{\circ}46'15,359''$; $L=30^{\circ}19'28,318''$) возле обсерватории Пулковско;
- геодезический азимут Сигнал А - Бугры $121^{\circ}06'42,305''$.

Система координат WGS 84

Мировая система WGS-84 представляет собой астрономо-геодезическую-гравиметрическую систему отсчета, вписанную в фигуру Земли. Для любой такой системы характерными являются установление определенных параметров.

- геоцентрическая прямоугольная система координат с началом в точке геометрического центра Земли;
- математическая основа, за которую принята форма эллипсоида вращения с конкретными геометрическими и физическими величинами;
- гравитационная модель Земли, с определенными на конкретную дату величинами и их значениями.

Ориентирование оси OZ прямоугольной системы координат представлено в сторону условного направления на полюс, установленного в соответствии с данными международного бюро времени (BН) на дату 1984 года.

Параметры Земли ПЗ-90

Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90) — система геодезических параметров, включающая фундаментальные геодезические постоянные, параметры общеземного эллипсоида, параметры гравитационного поля Земли, геоцентрическую систему координат и параметры ее связи с другими системами координат.

- большая полуось равна $6\,378\,136 \pm 1$ м;
- сжатие эллипсоида составляет $1/(298,25784 \pm 0,001)$;
- центр эллипсоида совмещён с началом геоцентрической системы координат.

Взаимосвязь СК-42, СК-95, ПЗ-90, WGS-84

- Начало пространственного положения СК-95 совпадало с СК-42 через одинаковые исходные данные ГГС в районе Пулково. Эллипсоид Красовского признан за отсчетную правильную форму в СК-95 с его параметрами. Также была установлена пространственная связь между прямоугольной СК95 и геоцентрической ПЗ-90 системой координат, выраженная в математической форме.

$$X_{СК-95} = X_{ПЗ-90} - \Delta X_0,$$

$$Y_{СК-95} = Y_{ПЗ-90} - \Delta Y_0,$$

$$Z_{СК-95} = Z_{ПЗ-90} - \Delta Z_0,$$

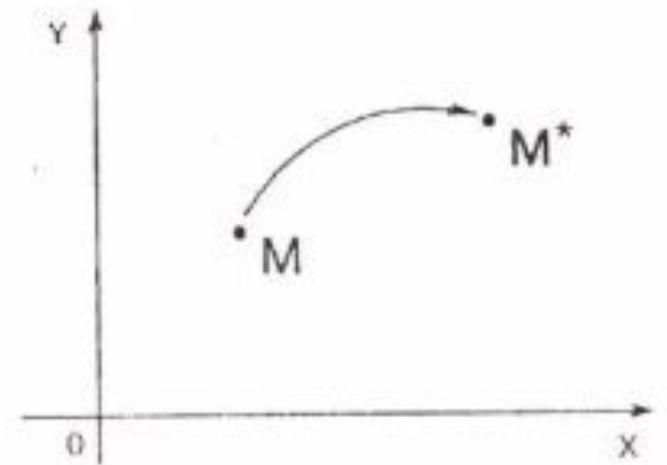
где ΔX_0 , ΔY_0 , ΔZ_0 – приращения координат, на которые отличаются СК-95 от ПЗ-90 при пространственном ориентировании начала координат. Эти линейные элементы имеют следующие числовые значения:

- Следует отметить, что интересным моментом в образовании СК-95 существует взаимосвязь с WGS-84 в рамках организации и проведения доплеровских наблюдений с использованием пунктов ДГС на территории России с применением СНС GPS Navstar (Tranzit).

Преобразование координат

Методы:

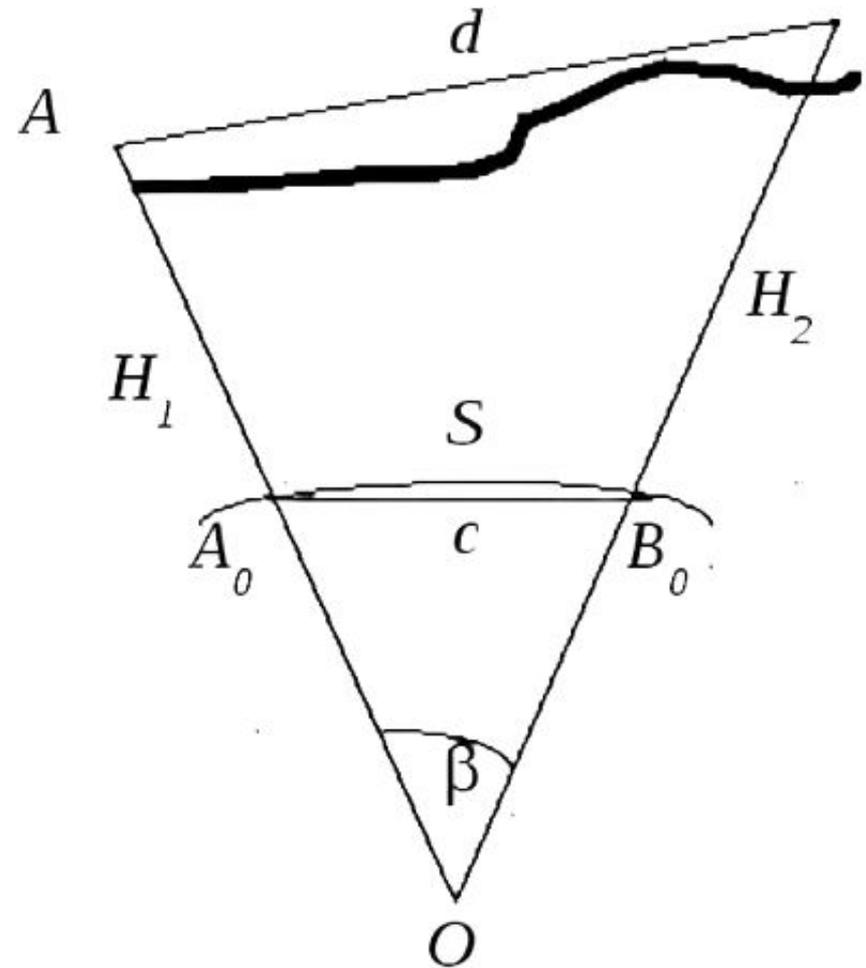
- Трёхмерный – преобразование пространственных координат из одной системы в другую
- Двухмерный – преобразование одной плоской координатной системы в другую подобную
- 3. Комбинированный – преобразование пространственной системы в плоскую
- 4. Одномерный – преобразование одной координаты в другую подобную



Преобразование координат

Редуцирование расстояний и направлений

- Редуцирование – процесс нахождения поправок для перехода измеренных величин с поверхности эллипсоида на плоскость
- 1) Редуцирование направлений
- 2) Редуцирование расстояний
- 3) Редуцирование строительной сетки



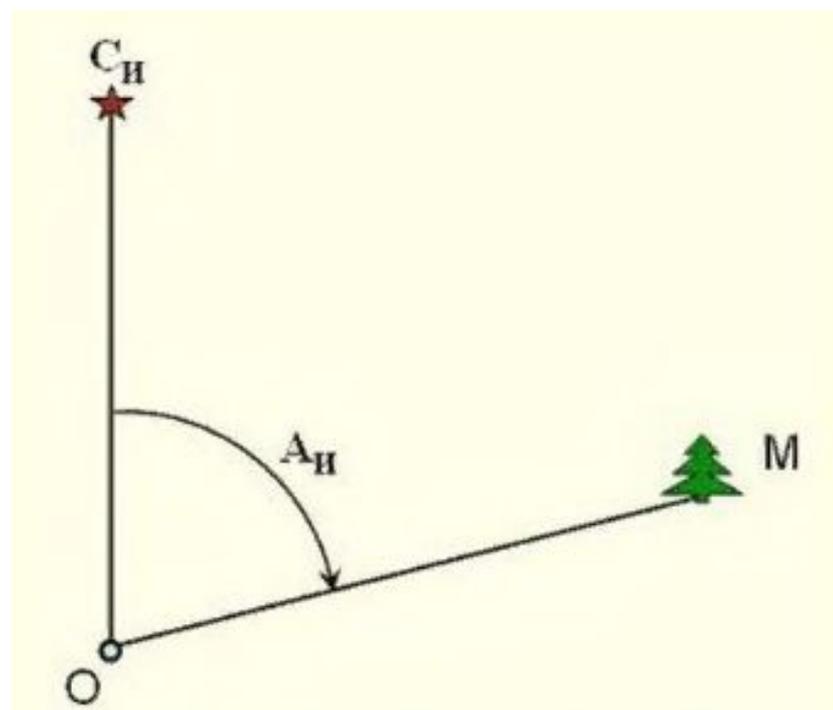
Ориентирование линий

- **Ориентировать линию** – это значит определить ее направление относительно исходного, заданного или известного направления. В качестве исходных направлений в топографии используют направления: истинного (географического) меридиана, магнитного меридиана, осевого меридиана зоны.

Ориентирующим углом в общем случае называют горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления исходного меридиана до направления ориентируемой линии. В зависимости от выбранного исходного направления ориентирным углом может быть *истинный азимут*, *магнитный азимут*, *дирекционный угол* или *румб*.

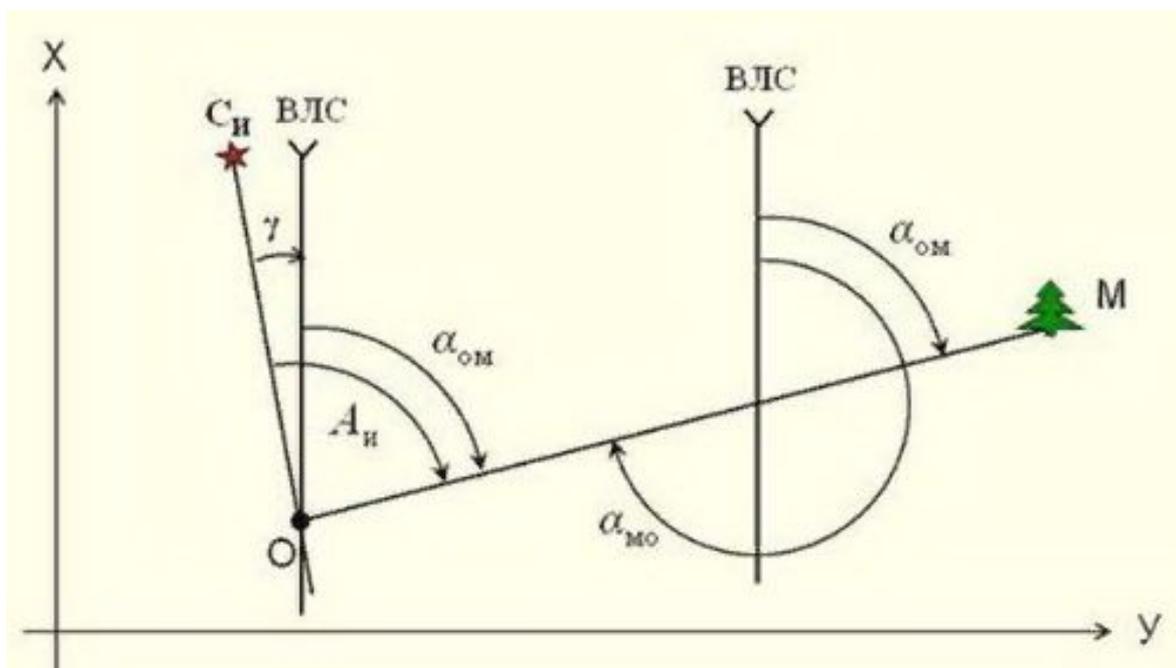
Ориентирование линий

- **Истинным (географическим) азимутом ($A_{и}$)** называют угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления географического меридиана точки до направления ориентируемой линии. Пределы изменения географического азимута от 0° до 360° .



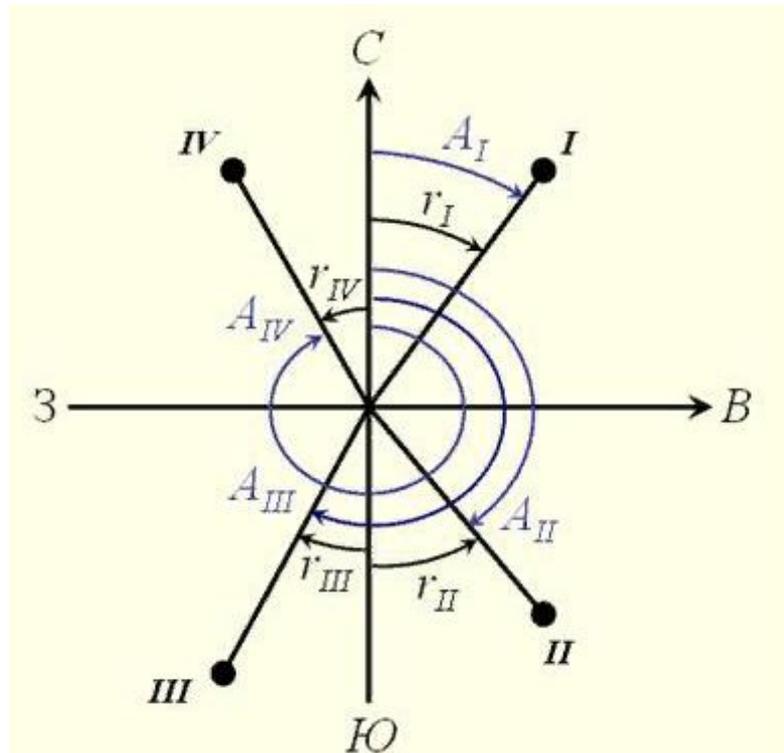
Ориентирование линий

- **Дирекционным углом** (α) линии называют угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления вертикальной линии километровой сетки (осевого меридиана зоны) до направления заданной линии. Пределы изменения дирекционного угла от 0° до 360° .



Ориентирование линий

- **Румб** (r) – это острый угол от ближайшего направления меридиана (северного или южного) до направления ориентирной линии. Пределы изменения румба от 0° до 90° .
- СВ: $r_I = \alpha$
- ЮВ: $r_{II} = 180^\circ - \alpha$
- ЮЗ: $r_{III} = \alpha - 180^\circ$
- СЗ: $r_{IV} = 360^\circ - \alpha$



ЛЕКЦИЯ 4. ОСНОВЫ ГРАВИМЕТРИИ

**Понятие об измерениях силы тяжести.
Гравиметр. Нормальное гравитационное поле и его аномалии. Понятие о геопотенциальном числе. Высоты ортометрические, динамические и нормальные. Переход от измеренных превышений в системе нормальных высот**

Понятие гравиметрии

Гравиметрия – раздел геофизики – наука об измерении величин, характеризующих гравитационной поле Земли.

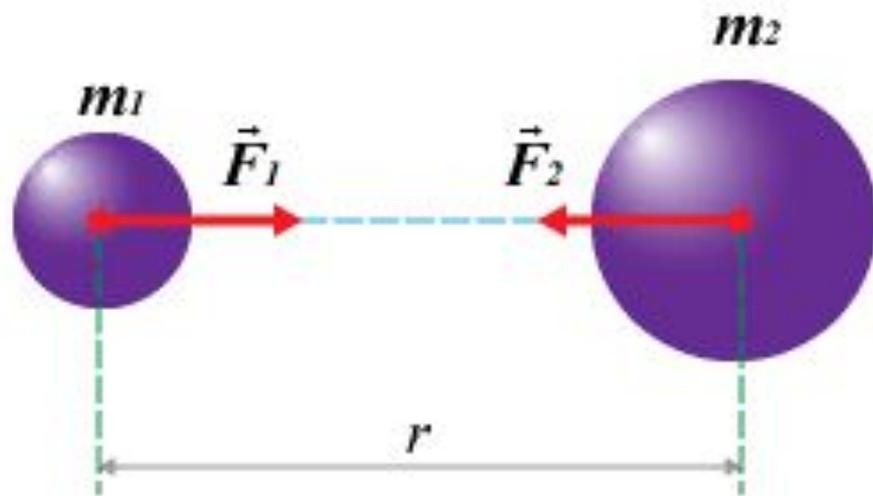
Первое измерение силы тяжести выполнил Галилей, измерив путь, пройденный падающим телом за первую секунду падения.

Задачей ранних измерений было определение гравитационной постоянной (g) как фундаментальной константы. О том, что сила тяжести на Земле изменяется в зависимости от широты места, стало известно в 30-х годах XVII века. Измерения выполняли нитяными маятниками длиной 1-2 метра.



Закон всемирного тяготения

- Между любыми материальными точками существует сила взаимного притяжения, прямо пропорциональная произведению их масс и обратно пропорциональная квадрату расстояния между ними, действующая по линии, соединяющей эти точки



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

Гравитационная постоянная

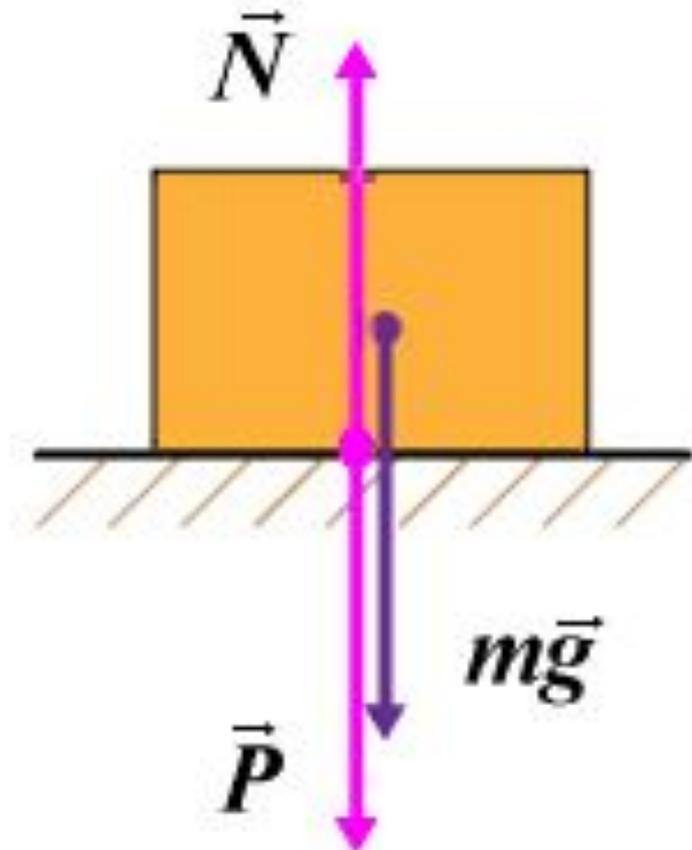
- Гравитационная постоянная или иначе – постоянная Ньютона – одна из основных констант, используемых в астрофизике. Фундаментальная физическая постоянная определяет силу гравитационного взаимодействия
- Физический смысл гравитационной постоянной вытекает из закона всемирного тяготения. Если $m_1=m_2=1\text{ кг}$, $R=1\text{ м}$, то $G=F$, т. е. гравитационная постоянная равна силе, с которой притягиваются два тела по 1 кг на расстоянии 1 м.
- $G=6,67 \cdot 10^{-11}\text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$

Сила тяжести

- Сила тяжести – это сила, с которой Земля притягивает тело, находящееся на её поверхности или вблизи этой поверхности.
- Если M – масса Земли, R – ее радиус, m – масса данного тела, то сила тяжести равна

$$F = G \frac{M}{R^2} m = mg$$

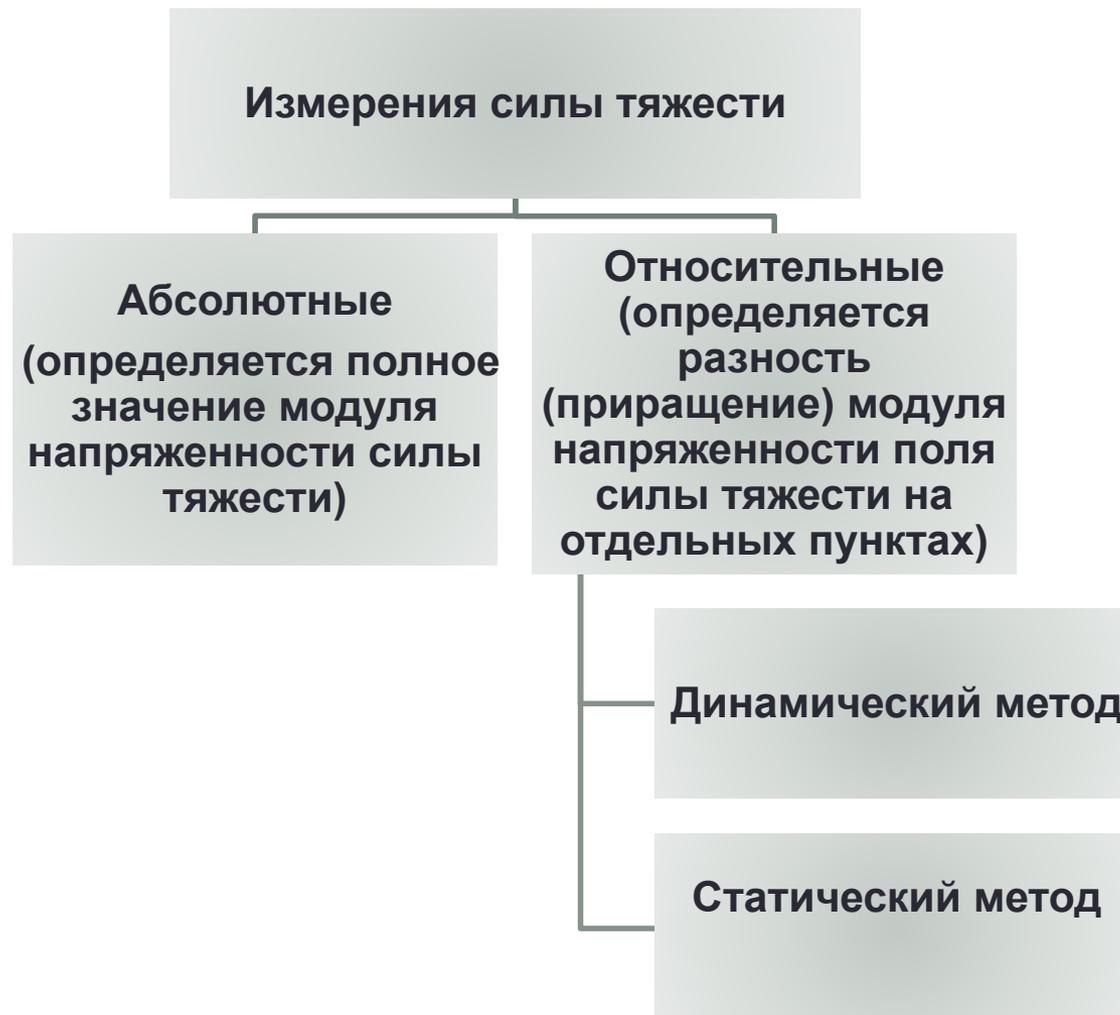
- Сила тяжести всегда направлена к центру Земли. В зависимости от высоты над поверхностью Земли и географической широты положения тела ускорение свободного падения приобретает различные значения. На поверхности Земли и в средних широтах ускорение свободного падения равно $9,831 \text{ м/с}_2$.



Единицы измерения и стандарты

- Единицей измерения в гравиметрии является *гал* (русское обозначение: Гал; международное: Gal), равный 1 см/с^2 . В начале XX века был определён абсолютный стандарт силы тяжести Земли, основанный на гравиметрических измерениях в Потсдаме (сила тяжести в Потсдаме — 981 274 мГал), однако уже в 30-е годы XX века были получены данные о том, потсдамский стандарт завышен на 13—14 мГал. Результатом стало создание единой мировой опорной гравиметрической сети International Gravity Standardization Net (IGSN), в 1971 г. она была принята вместо потсдамской системы (стандарт IGSN 71), в которой абсолютный стандарт силы тяжести Земли, не привязанный к координате, составляет 978 031,8 мГал.
- $1 \text{ Гал} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$ – гал
- $1 \text{ мГал} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ – миллигал
- $1 \text{ мкГал} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$ - микрогал

Измерения силы тяжести



Измерения силы тяжести

- В динамическом методе мерой напряженности гравитационного поля служат параметры движения тела. В статическом - изменение положения статического равновесия тела, подвергающегося действию силы тяжести и силы, принятой за эталон.
- В статических методах измерения приращения силы тяжести действие силы тяжести компенсируется упругими силами пружин, газов или жидкости.



Гравиметр

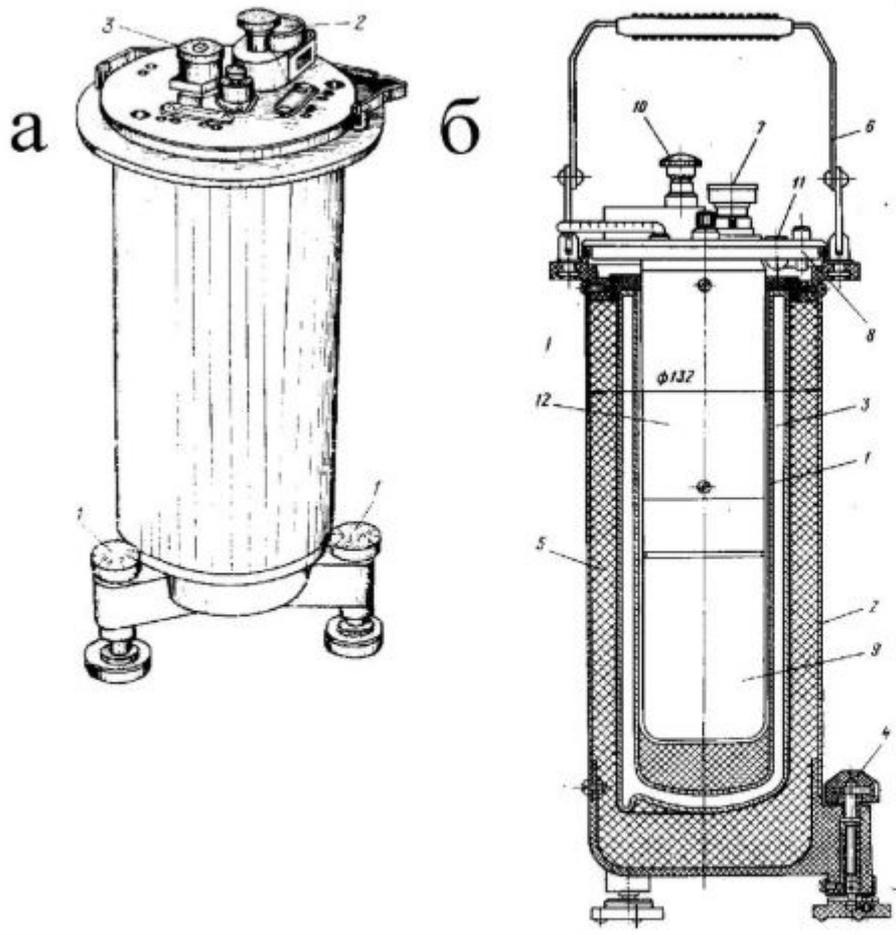
- **Гравиметр** — прибор для высокоточного измерения силы тяжести; чаще всего применяется при поисках полезных ископаемых.
- Гравиметр, по своей сути, является многопрофильным прибором, применение которого возможно во многих областях. Однако на практике чуть ли не 100 % гравиметров используются в гравиразведочных работах, а именно — в поисках месторождений полезных ископаемых. Из-за этого сами гравиметры стали прочно ассоциироваться именно с ними. Благодаря гравиразведке можно прямо с земной поверхности определить наличие в недрах того или иного полезного ископаемого. Это позволяет существенно снизить количество дорогостоящего бурения скважин или строительства шахт.
- Следует отметить, что иногда гравиметры используются археологами, палеонтологами, а также возможно применение в гидрологии, почвоведении, сельском хозяйстве, картографировании и многих других областях. Гравиметры устанавливаются на автомобилях, судах, самолётах, космических спутниках и др., но более распространены переносимые вручную конструкции.

Устройство гравиметров

- Принцип действия основан на использовании маятника, пружинных весов либо свободно падающего тела.
- Точность измерений оценивается величиной порядка 10^{-4} – 10^{-5}
- Используются в основном при наблюдениях опорных гравиметрических пунктов, решении задач геодинамики, создании государственного специального эталона (группового) единицы измерений для гравиметрии

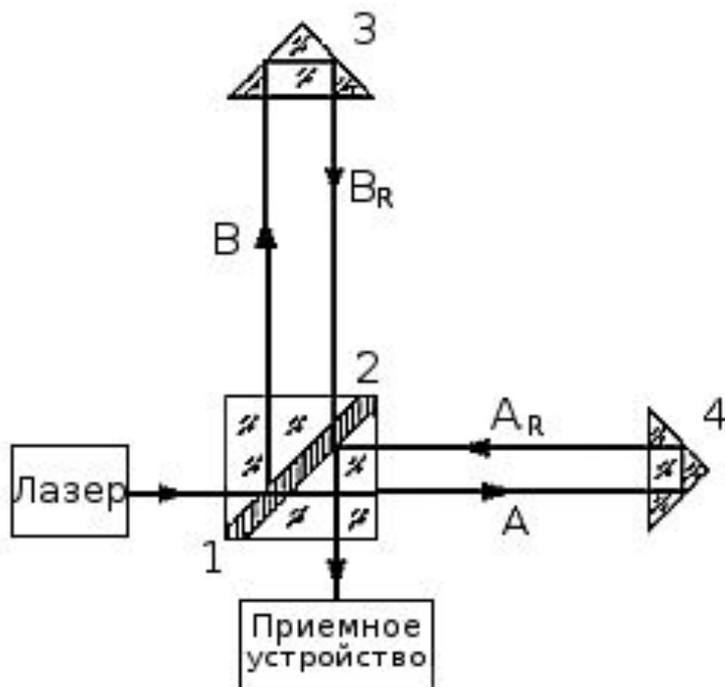


Устройство гравиметров



- а - внешний вид гравиметра: 1- установочные винты; 2- отсчетное микрометрическое устройство; 3-окуляр;
- б - разрез гравиметра: 1- средняя часть гравиметра; 2- внешний кожух; 3-сосуд Дьюара; 4-установочный винт; 5-теплоизоляция; 6-ручка для переноски; 7-окуляр; 8-верхняя плата; 9-вакуумная камера; 10-отсчетное микрометрическое устройство; 11-уровень; 12-теплозащитный столб.

Работа лазерного гравиметра



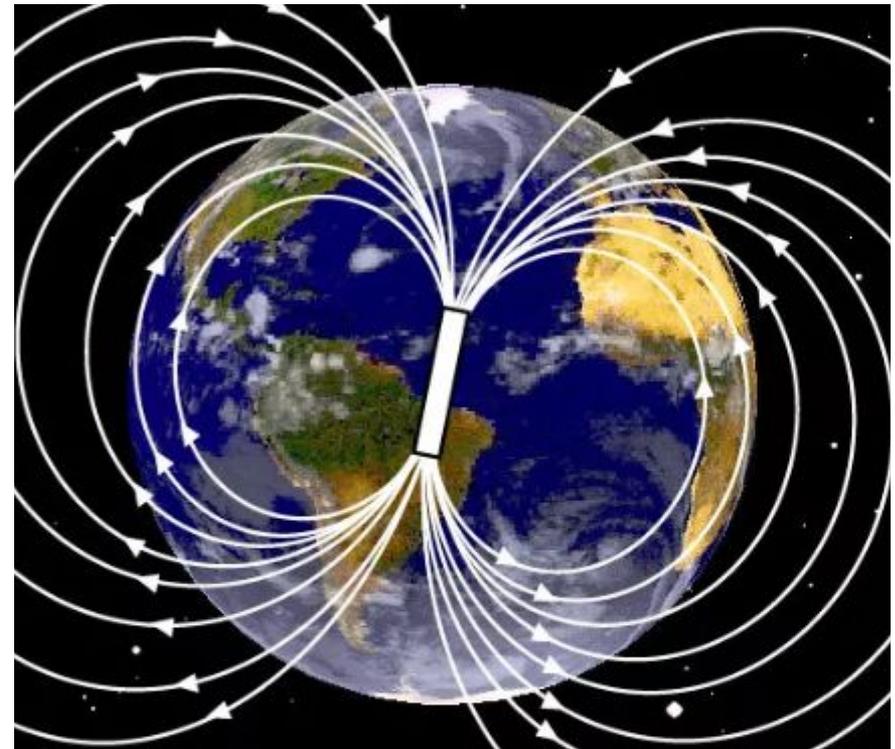
- Световой пучок от лазера расщепляется светоделительной поверхностью 1 призмы 2 на два пучка — А и В. Пучок А направляется на неподвижную призму 4, от которой отражается и направляется назад вдоль пути А_Р параллельно своему начальному направлению. Отражаясь от светоделительной поверхности 1, пучок А_Р попадает на вход приемного устройства.
- В свою очередь пучок В, отражаясь от свободнопадающей призмы 3, возвращается назад по пути В_Р и также попадает на вход приемного устройства, где смешивается с пучком А_Р. Из-за движения призмы 3 светлые и темные полосы перемещаются, и приемное устройство регистрирует импульсы, которые используются для определения абсолютного значения g .

Работа на станции

- При выполнении измерений на пункте координаты передаются гравиметрический пункт ФАГС, где устанавливается баллистический гравиметр. На каждом пункте выполняются измерения вертикального градиента силы тяжести с погрешностью не более 3 мкГал.
- Согласно инструкции при высокоточных определениях ускорения силы тяжести должны выполняться следующие условия:
 - 1) Пункт размещается в капитальном здании в подвале (полуподвале) или на первом этаже.
 - 2) Приборы устанавливаются на постаменте размером верхней плоскости 100 × 100 см, возвышающимся над полом на 10-50 см и углубленном в грунт на глубину не менее 150 см. Типы постаментов устанавливаются в зависимости от физико-географических условий района, глубины промерзания и оттаивания грунтов, гидрогеологического режима и других особенностей местности.
 - 3) В центре постамента закладывается нивелирная марка с номером, к которой относится измеренное значение ускорения силы тяжести. На эту марку передается высота из нивелирования 1 класса.

Нормальное гравитационное поле и его аномалии

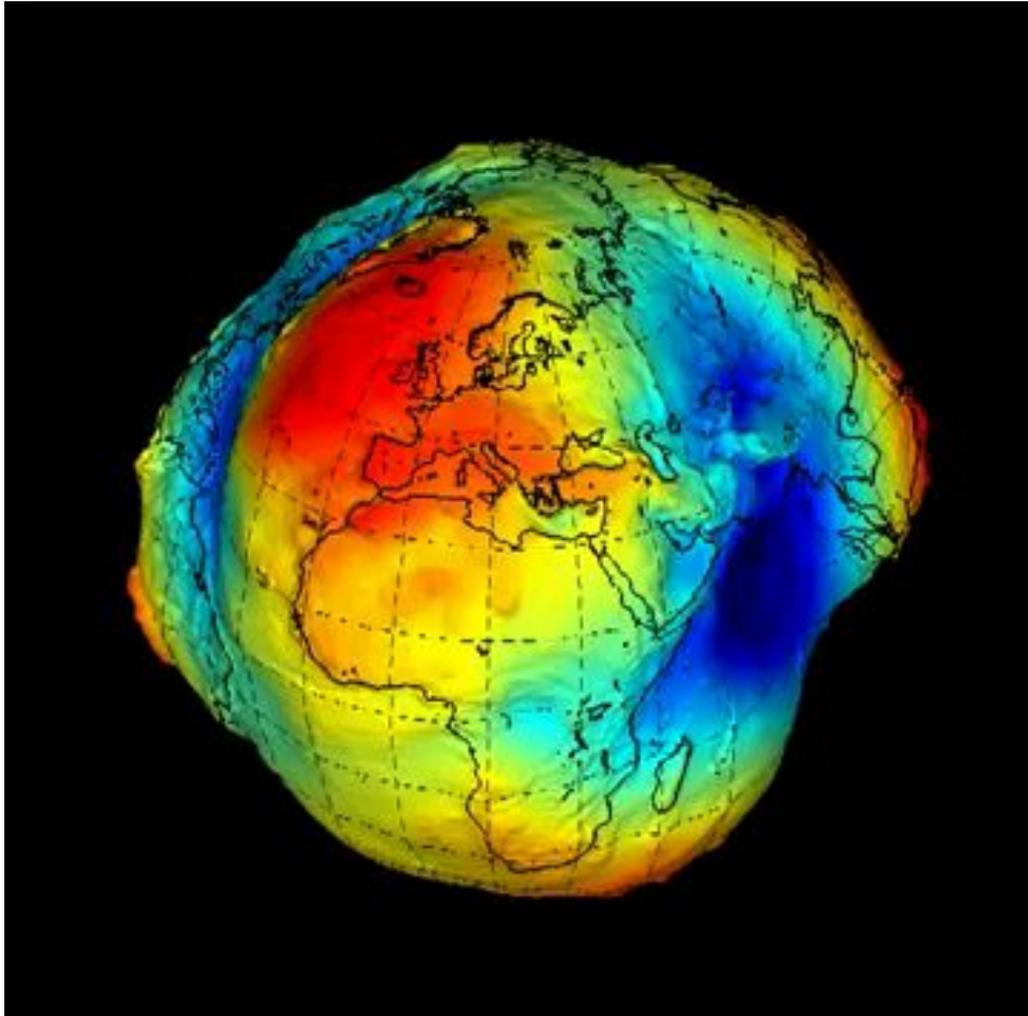
- Гравитационное поле Земли имеет сложную структуру, обусловленную неоднородностью вещества земной коры и мантии. Его принято разделять на две части: нормальное гравитационное поле (НГП) и остаточное аномальное поле.
- НГП – это такое поле, которое имела бы Земля, если бы у нее была форма эллипсоида вращения с правильным распределением масс в нем.
- НГП характеризуется четырьмя параметрами: общей массой Земли; формой и размерами эллипсоида, наиболее близко соответствующего геоиду в глобальном масштабе; скоростью вращения Земли.



Аномалии силы тяжести

- В реальных условиях характер изменения силы тяжести отличается от теоретического нормального распределения, рассчитанного для поверхности однородного эллипсоида. Такого рода отклонения силы тяжести от нормальной величины вызваны неоднородным распределением плотностей в теле Земли и особенно в верхних ее частях.
- Разность между наблюдаемым ускорением силы тяжести g и нормальной величиной g_0 , называется аномалией силы тяжести Dg :
- $Dg = g - g_0$. (IV.18)
- Аномалии силы тяжести создаются главным образом неоднородным распределением плотностей в земной коре и верхней мантии.
- Величина силы тяжести зависит в первую очередь от географической широты и высоты места (относительно уровня моря), рельефа окружающей местности, характера плотностных неоднородностей в верхних слоях Земли под точкой наблюдения и др.

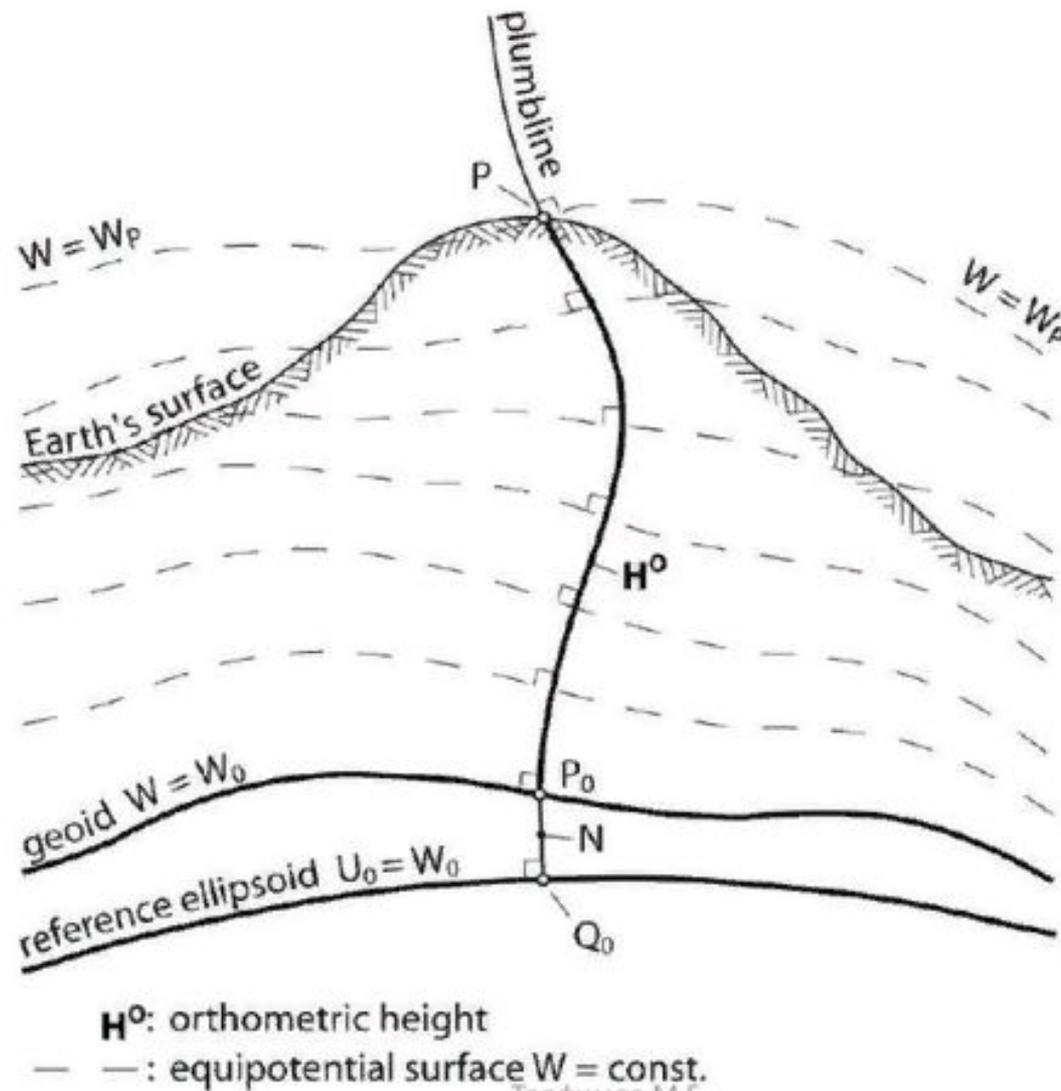
Карта гравитационного поля Земли



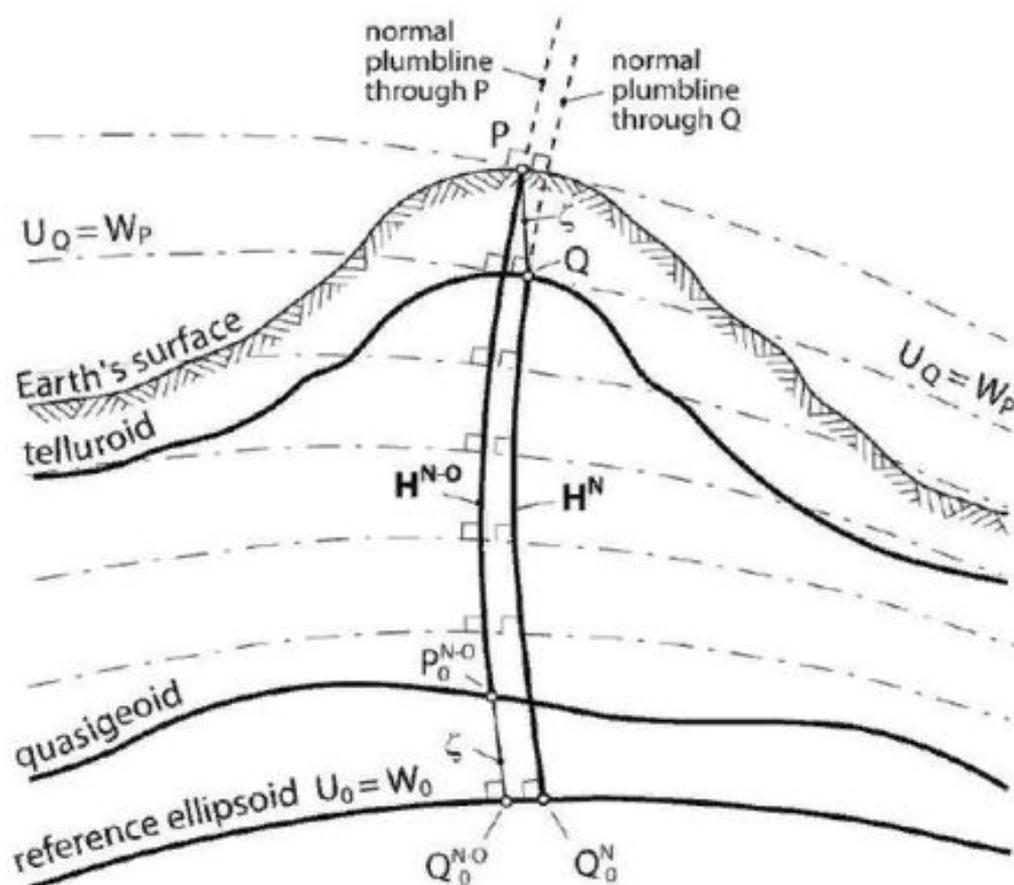
Точную карту гравитационного поля Земли удалось построить с помощью данных, полученных со спутника GOCE (Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer) Европейского космического агентства.

Он был запущен в марте 2009 года, летает на высоте порядка 250 километров — ниже, чем другие спутники и улавливает малейшие гравитационные аномалии.

Высота ортометрическая



Высота нормальная



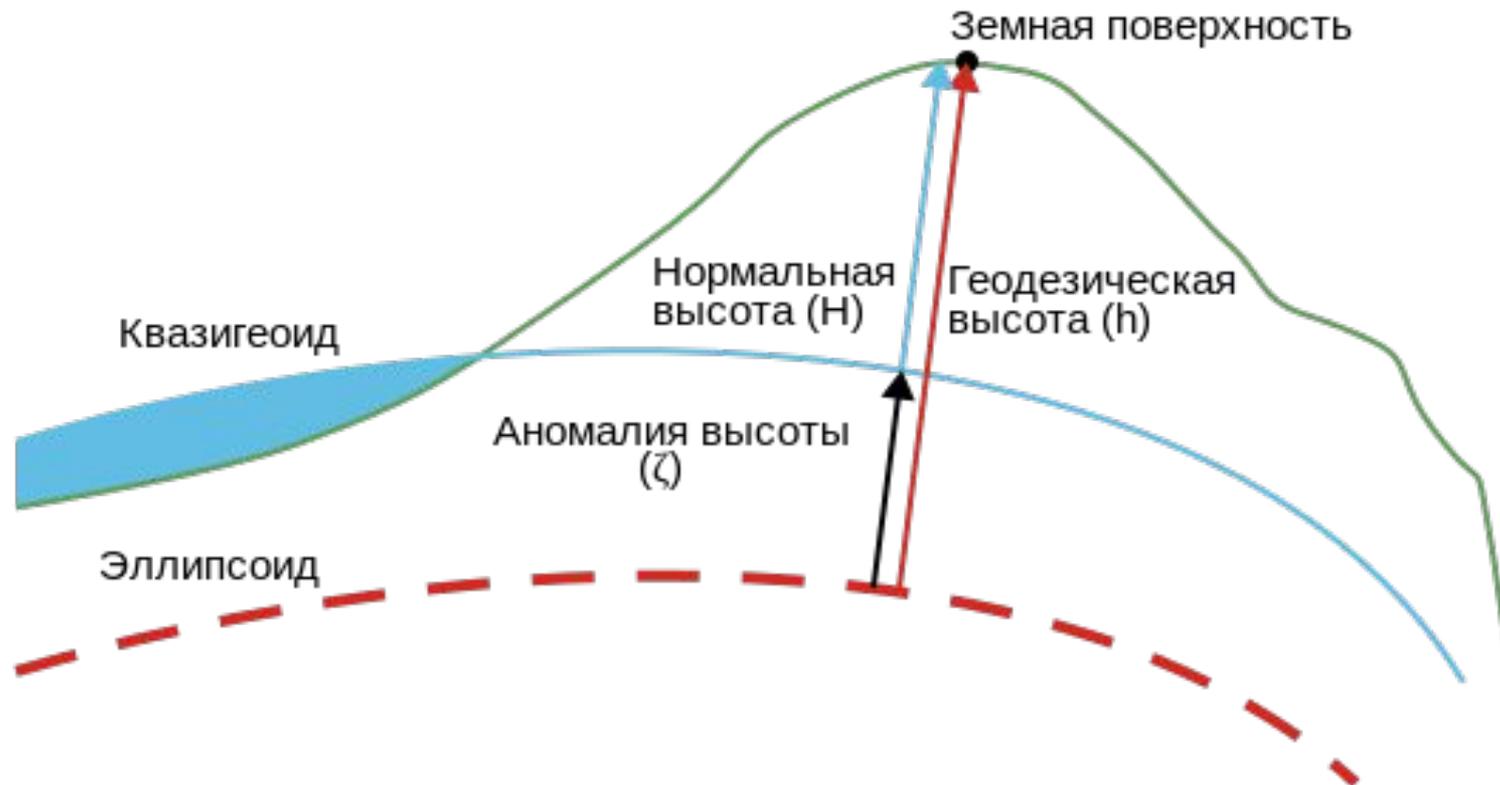
H^N : normal height

H^{N-O} : normal-orthometric height

- - - : normal equipotential surface $U = \text{const.}$

Аномалия высоты

- Аномалия высоты - высота квазигеоида над поверхностью референц-эллипсоида.

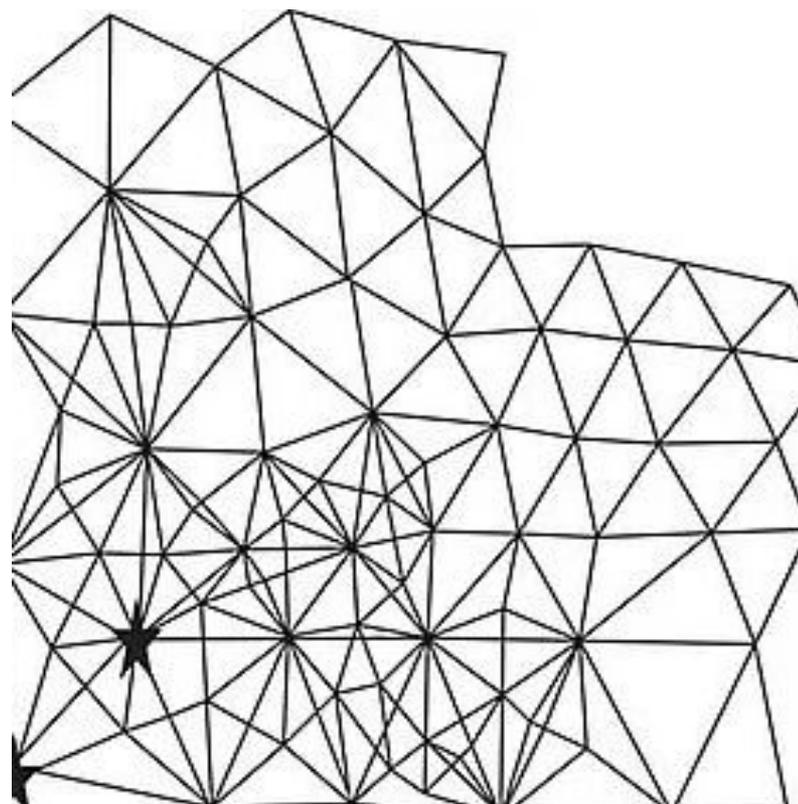


ЛЕКЦИЯ 5. ОПОРНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ

**Классификация, методы построения,
закрепление и обозначение на местности**

Классификация геодезических сетей

- Геодезическая сеть – это группа зафиксированных на местности точек, для которых определены плановые координаты (X и Y или B и L) в принятой двухмерной системе координат и отметки H в принятой системе высот или три координаты X , Y и Z в принятой трехмерной системе пространственных координат.
- Все геодезические сети по назначению и точности построения подразделяются на три большие группы:
 - государственные геодезические сети (ГГС),
 - геодезические сети сгущения (ГСС),
 - геодезические съемочные сети.



Классификация геодезических сетей

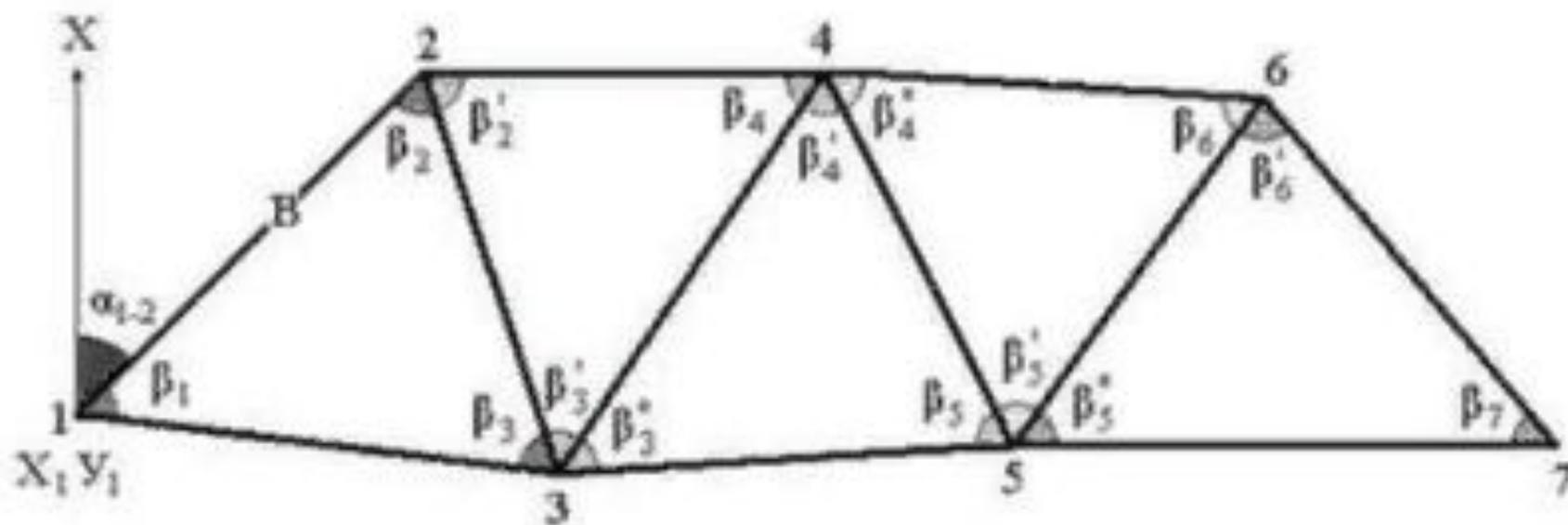
Геодезические сети

Государственная геодезическая сеть (ГГС) является главной геодезической основой топографических съемок всех масштабов и должна удовлетворять требованиям народного хозяйства и обороны страны при решении соответствующих научных и инженерно-технических задач. Подразделяется на сети 1, 2, 3 и 4 классов

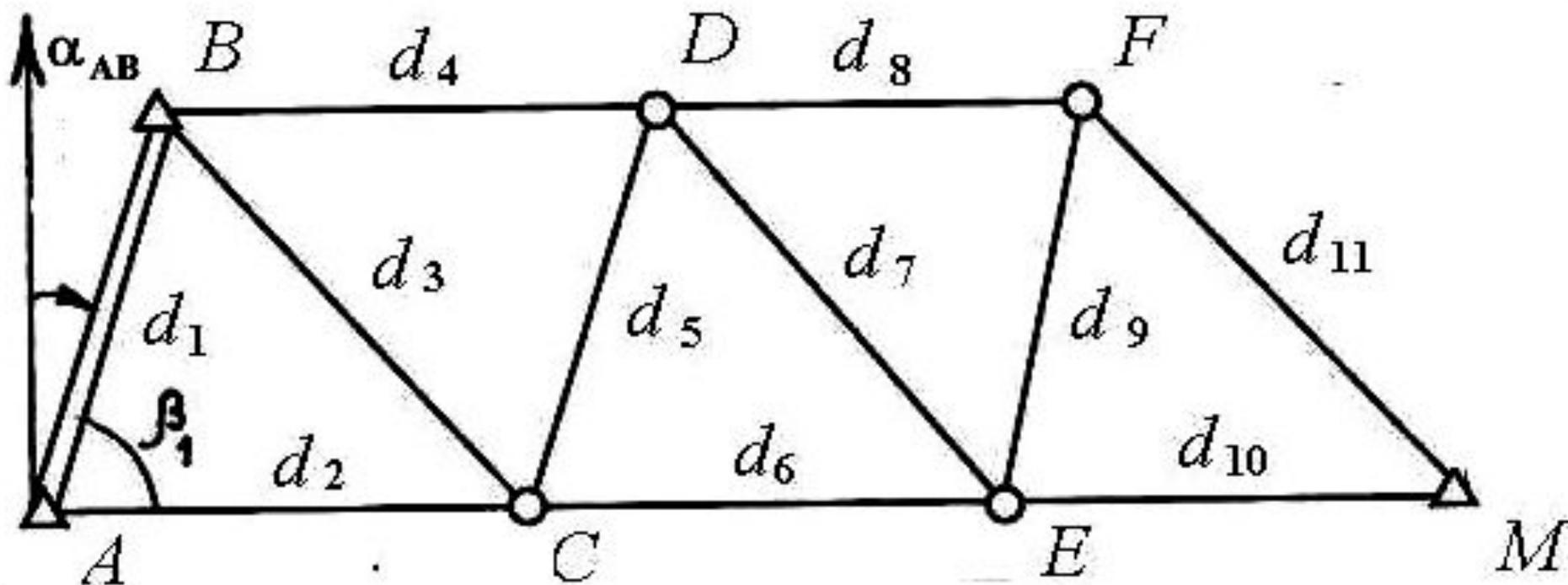
Геодезические сети сгущения (ГСС) являются планово-высотным обоснованием топографических съемок масштабов от 1:5000 до 1:500, а также служат основой для производства различных инженерно-геодезических работ. По точности бывает 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов

Геодезические съемочные сети служат непосредственной основой топографических съемок всех масштабов.

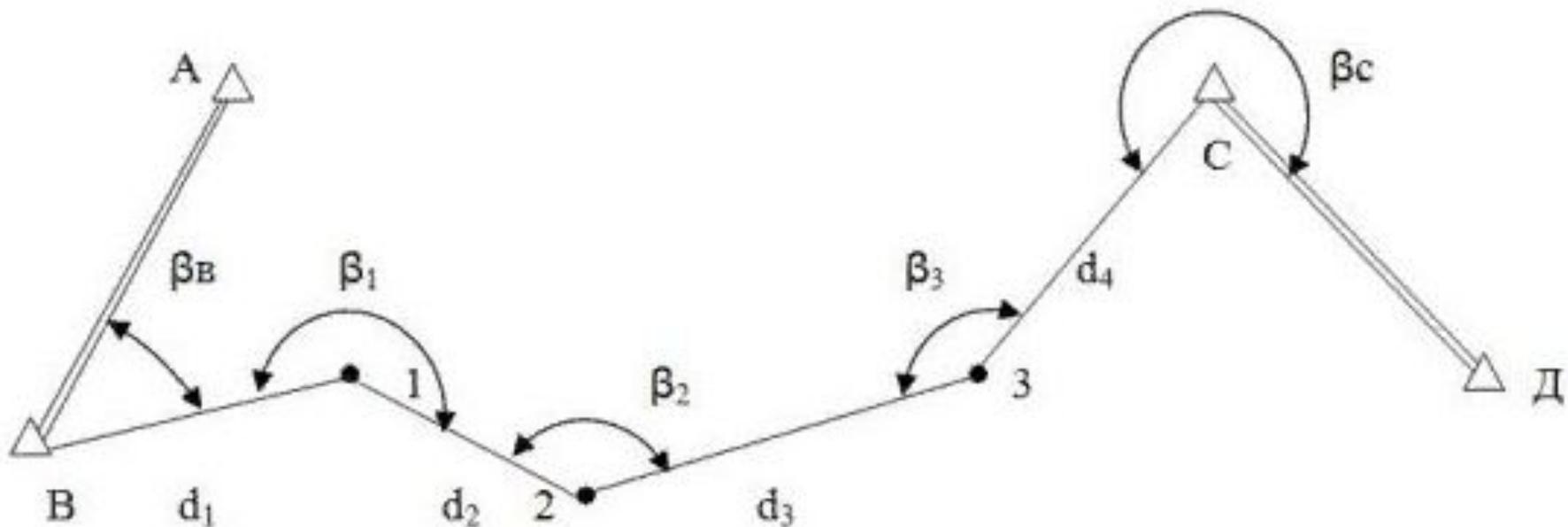
Методы создания ГГС. Триангуляция



Методы создания ГГС. Трилатерация



Методы создания ГГС. Полигонометрия

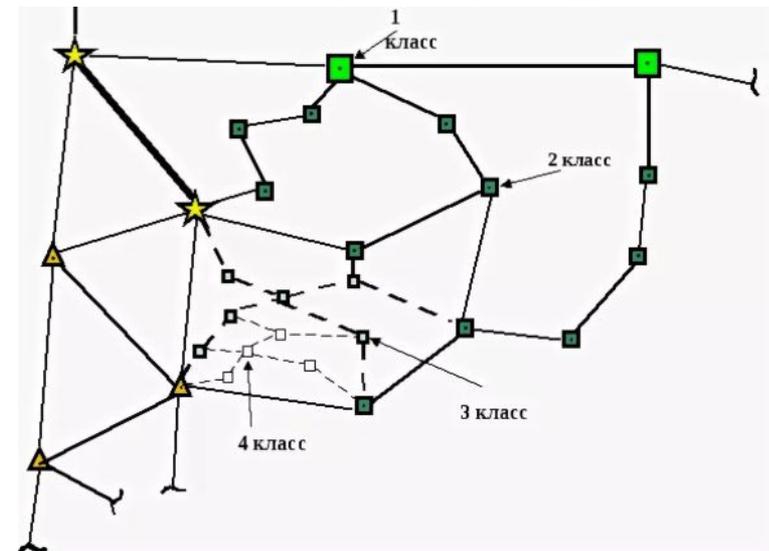


ЛЕКЦИЯ 5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Понятие ГССН. Особенности проектирования ГССН. Мониторинг деформаций природного и техногенного происхождения. Геодинамические полигоны.

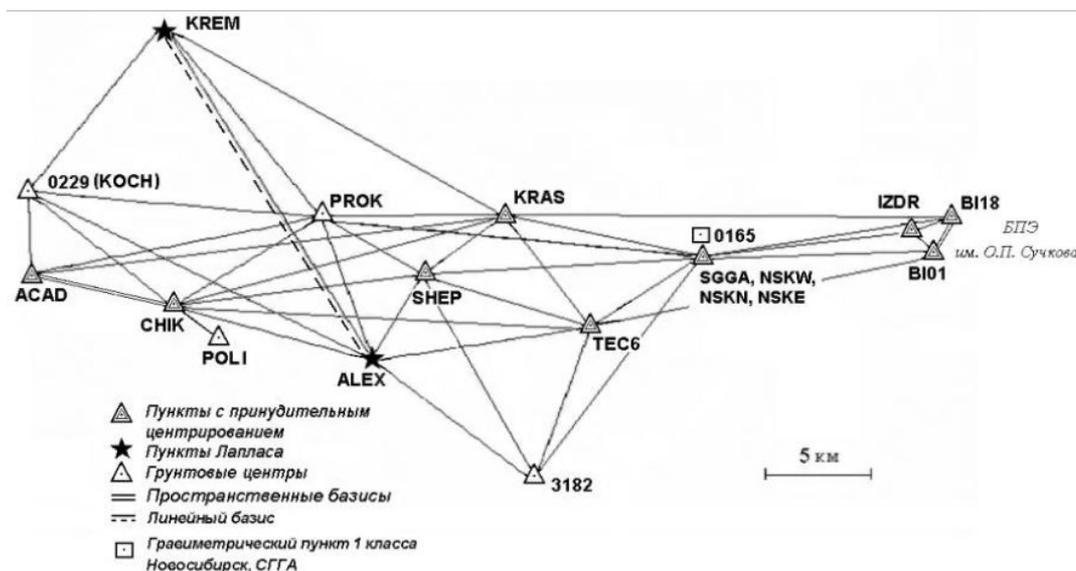
Геодезические сети специального назначения

- Геодезические сети специального назначения (ГССН) — главная геодезическая основа для крупномасштабных (1:2000 и крупнее) съемок, а также для других работ, требующих соответствующей точности. ГССН создаются в тех случаях, когда дальнейшее сгущение пунктов государственной геодезической сети (ГГС) экономически нецелесообразно или когда требуется особо высокая точность геодезической сети.



Геодезические сети специального назначения

- Плотность пунктов ГССН:
- на незастроенных территориях: до 1 п. на 1 км²
- на застроенных территориях: до 4 п. на 1 км²
- на территориях крупных инженерных сооружений и на пром. площадках: до 8 п. на 1 км²



Геодезические сети специального назначения

- Точность определения пунктов ГССН зависит в основном от масштаба съемки и характеризуется СКО взаимного положения смежных пунктов: ГССН классифицируется на сети 1 и 2 разрядов и в зависимости от полевых условий могут создаваться методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии или их сочетанием, с опорой на пункты ГГС.
- Построение ГССН методом полигонометрии производится проложением отдельных ходов, систем ходов с угловыми точками или систем замкнутых полигонов с опорой на пункты ГГС.
- Если между параллельными ходами расстояние не превышает 2,5 км в 4 классе и 1,5 км в 1 разряде то они должны быть связаны между собой ходом перемычкой той же точности.
- Определение высот пунктов в полигонометрии выполняется только геометрическим нивелированием, т.е. горизонтальным лучом с учетом возможности их использования в качестве высотных при создании съемочного обоснования.