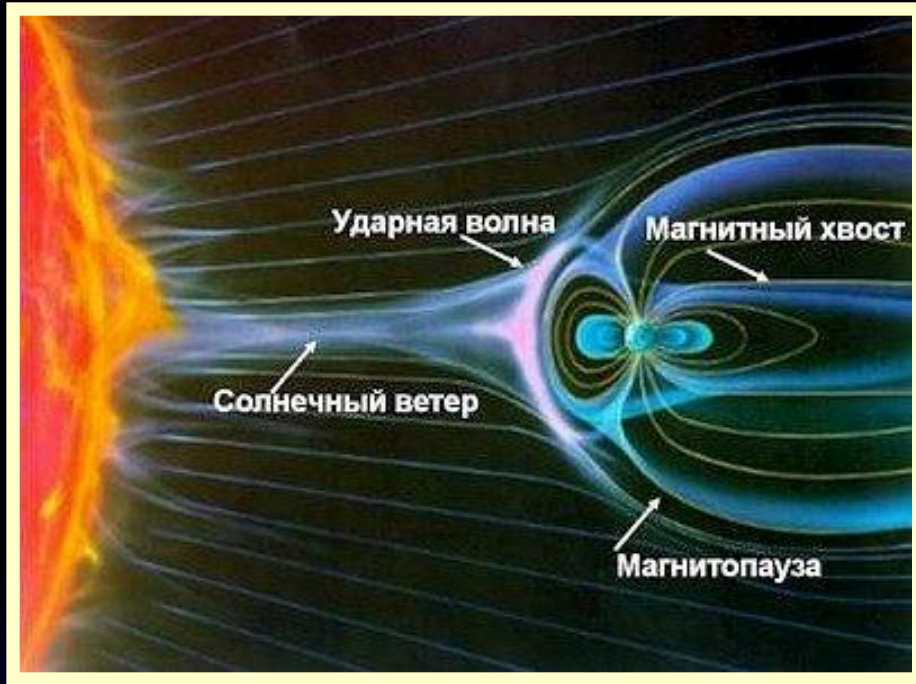


Лекция 6.

Геофизические поля Земли.

1. **Магнитосфера.**
2. **Гравитационное поле Земли.**
3. **Тепловое поле.**
4. **Электрическое поле.**

Магнитное поле Земли

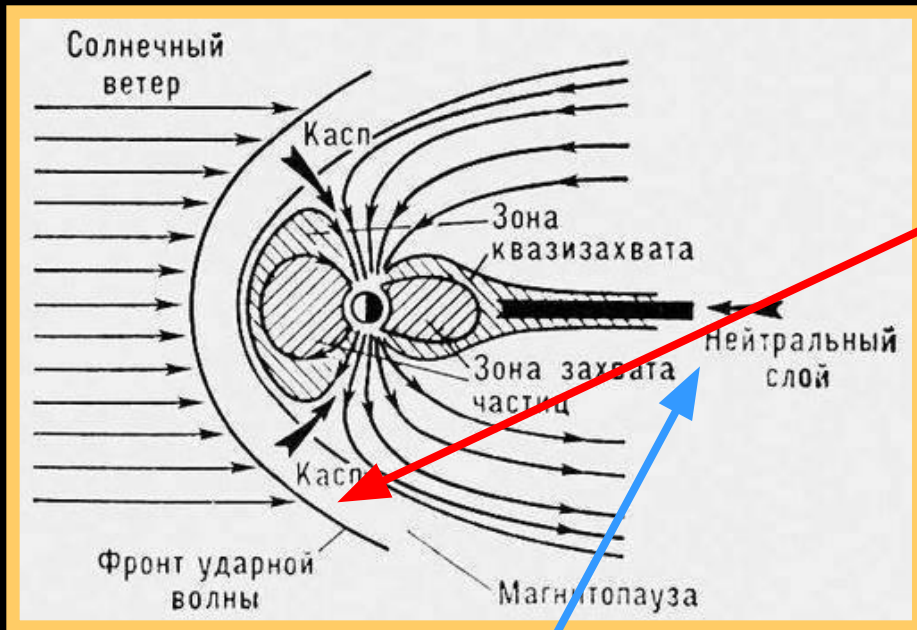


Земля – большой магнит, вокруг которого существует *магнитное поле*.

Область околоземного пространства, физические свойства которого определяются магнитным полем Земли и его взаимодействием с потоками заряженных частиц космического происхождения, называют *магнитосферой*.

На дневной стороне граница геомагнитного поля с магнитным полем межпланетного пространства – граница магнитосферы – довольно резкая.

Магнитосфера **асимметрична** по форме. Форма ее обусловлена воздействием солнечного ветра, который, наталкиваясь на препятствие в виде магнитного поля Земли, обтекает его.



На расстоянии 2–4 R от границы магнитосферы возникает **ударная волна**. Солнечная плазма, проходя через нее, уплотняется, замедляет движение и нагревается. Пространство между ударной волной и границей магнитосферы заполнено этой плазмой. Под ее давлением геомагнитное поле сжимается до тех пор, пока это давление не уравнивается давлением магнитного поля. Чем сильнее солнечный ветер, тем больше сжимается магнитосфера, и наоборот. Поэтому размеры магнитосферы резко изменяются.

При скорости солнечного ветра 500 км/с граница магнитосферы на дневной стороне на расстоянии около 10 R от центра Земли.

На ночной стороне под влиянием солнечного ветра магнитные силовые линии, идущие от полюсов, вытягиваются почти параллельно друг другу, образуя **хвост магнитосферы**. Диаметр хвоста около 40 R , длина неизвестна (возможно, около 900 R или 5,6 млн. км).

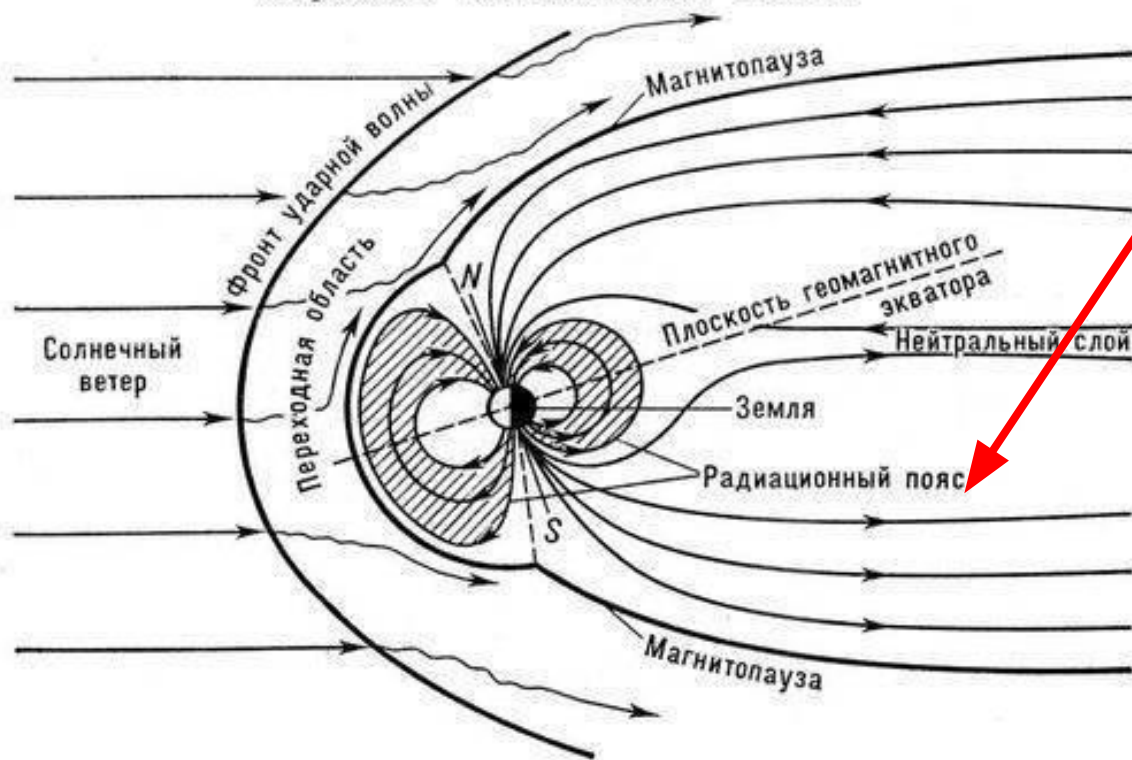
Внешняя граница магнитосферы – *магнитопауза* (шириной около 200 км) с дневной стороны располагается на высоте 10–14 земных радиусов (магнитосфера сжата под ударами солнечного ветра), а с ночной простирается до высоты 900–1000 земных радиусов.

В магнитосферу проникают космические лучи (электроны, протоны, ядра тяжелых элементов). Для заряженных частиц магнитосфера оказывается ловушкой. Попав в нее, частицы начинают двигаться вдоль магнитных силовых линий, из полушария в полушарие до так называемых зеркальных точек, туда и обратно миллиарды и миллионы раз.

При этом **электроны** смещаются вдоль параллелей (дрейфуют) к **востоку**, **протоны** – к **западу**. На путь от зеркальной точки в одном полушарии до зеркальной точки в другом затрачивается 0,1–10 сек; дрейф вокруг Земли занимает от нескольких минут до нескольких суток.

Радиационные пояса

Строение магнитосферы Земли.



Частицы, прочно удерживаемые магнитосферой, называют **захваченной радиацией**.

Захваченная радиация образует в магнитосфере область, называемую **радиационным поясом**.

На экваторе внутренняя (нижняя) граница этой области расположена на высоте 600–1000 км, внешняя (верхняя) – на высоте 35000–50000 км, на широтах $\pm 65^\circ$ область заканчивается **кольцом** – зоной наибольшей повторяемости полярных сияний. Радиационный пояс делят на **внешний** и **внутренний**, хотя четкой границы между ними нет.

Дело в том, что в распределении электронов есть два устойчивых максимума (электронные пояса), разделенных минимумами. Максимум протонов – один, на высоте 3500 км. Он образует протонный пояс, заметно влияющий на магнитное поле Земли.

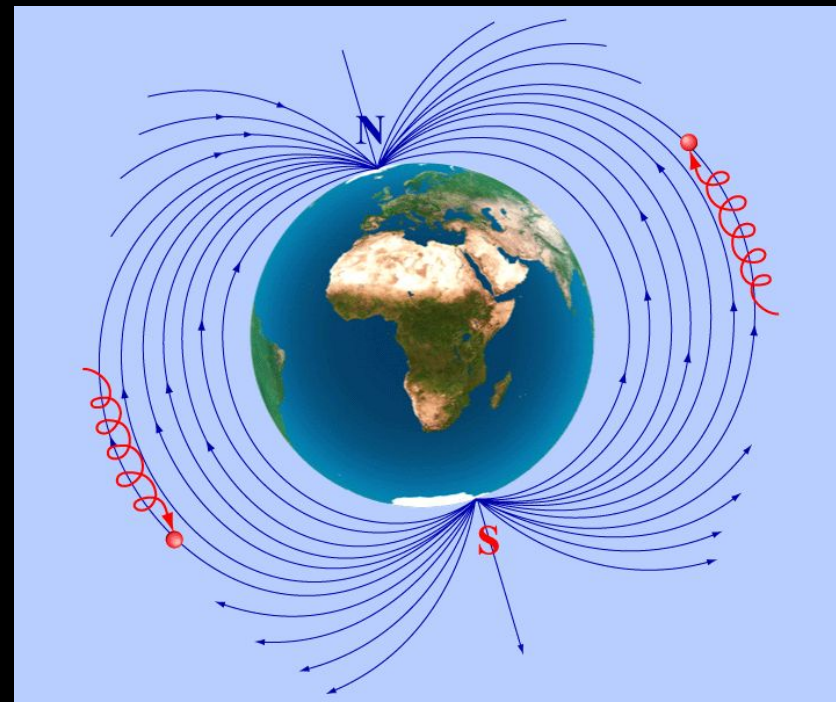
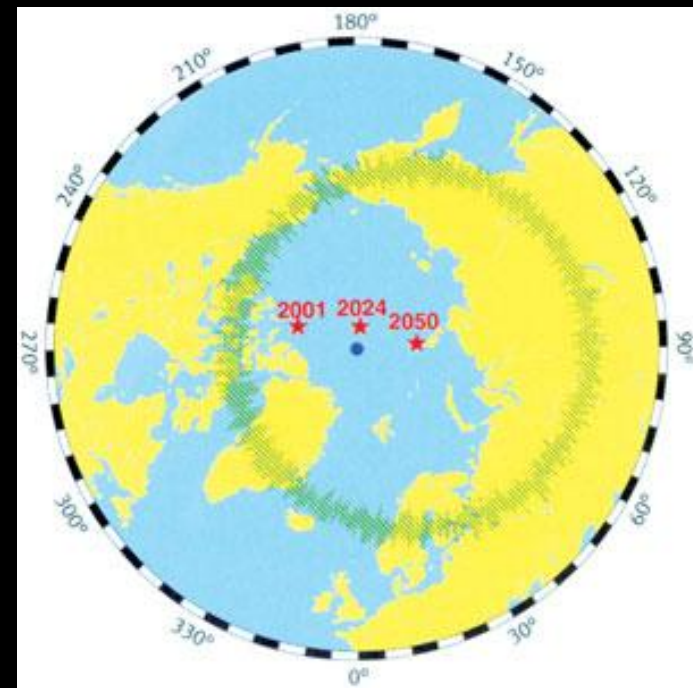
Полярное сияние



В областях расположения зеркальных точек (области изменения движения частиц на обратное) наблюдается их опускание до 100 км и ниже. Заряженные частицы выбывают («высыпаются») из области захваченной радиации. Энергия их тратится на ионизацию и нагревание воздуха. Когда таких частичек много и их поток энергии увеличивается до $3 \text{ эрг/см}^2 \text{ сек}$, возникают слабые полярные сияния, при энергии $10 \text{ эрг/см}^2 \text{ сек}$ — сияния сильные. Известно, что в основном полярные сияния вызываются электронами.

Благодаря существованию магнитосферы магнитная стрелка компаса устанавливается в направлении магнитных силовых линий. Большой круг, в плоскости которого находится магнитная стрелка компаса, называется **магнитным меридианом** данной точки. Магнитные меридианы не образуют на земной поверхности *правильной сетки* и сходятся в двух точках, называемых **магнитными полюсами**. Они не совпадают с географическими полюсами и медленно изменяют свое местоположение, «дрейфуя» со скоростью 7–8 км/год.

Магнитный полюс северного полушария в 1985 г. находился в Северном Ледовитом океане, среди островов Канадского Арктического архипелага ($77^{\circ} 36'$ с. ш. и $102^{\circ} 48'$ з. д.); магнитный полюс южного полушария – в Индийском океане, близ побережья Антарктиды, у Земли Виктории ($65^{\circ} 06'$ ю. ш. и $139^{\circ} 00'$ в. д.). Магнитные полюса не являются антиподальными точками.



Магнитное поле Земли характеризуется тремя элементами земного магнетизма:

- магнитным склонением,
- магнитным наклонением,
- напряженностью.

Магнитное склонение

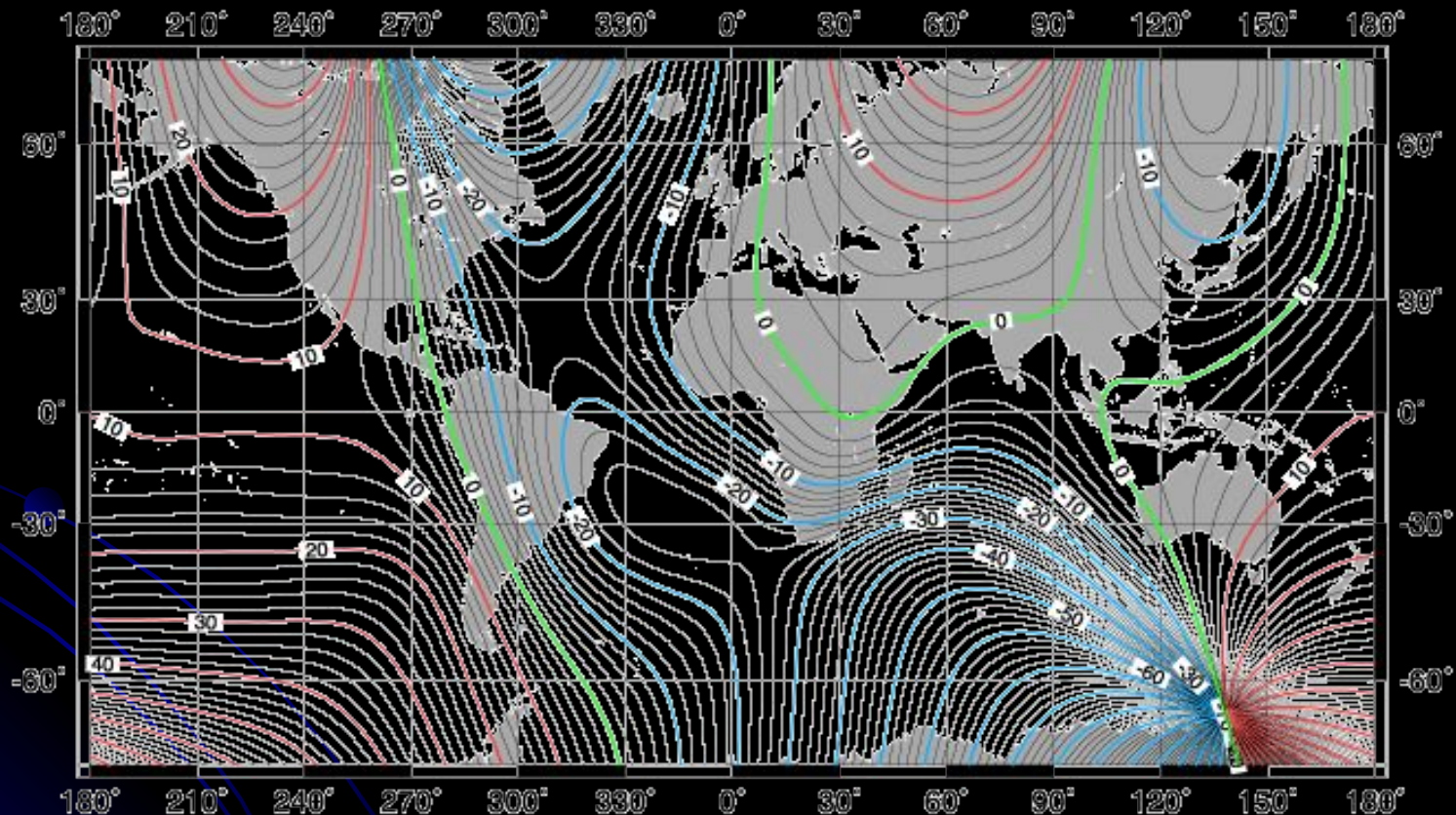
– угол между истинным направлением на север, т. е. географическим меридианом, и направлением северного конца магнитной стрелки. Магнитное склонение бывает восточное и западное. При отклонении северного (синего) конца магнитной стрелки компаса к востоку от географического меридиана склонение называется *восточным* и имеет знак «плюс» (положительное), при отклонении к западу – *западным* и имеет знак «минус» (отрицательное). Магнитное склонение обязательно указывается на всех топографических картах. Например, магнитное склонение Москвы около $+8^\circ$.

Чтобы узнать направление географического меридиана, надо от направления северного конца магнитной стрелки компаса отсчитать к западу (против часовой стрелки) 8° . При этом синий конец стрелки компаса укажет направление на север.

Линии одинакового магнитного склонения называются *изогонами*. Их значение изменяется от 0° до $+180^\circ$. Нулевую изогону называют *агонической линией*. Она разделяет области восточного и западного склонения, проходя через оба географических и оба магнитных полюса. На ней стрелки компаса показывают на географические полюса, поскольку географический и магнитный меридианы совпадают.

Магнитное склонение

US/UK World Magnetic Chart -- Epoch 2000
Declination - Main Field (D)



Units (Coordinates) : degrees
Center Interval : 2 degrees
Map Projection : Mercator

Магнитное наклонение

– угол между горизонтальной плоскостью и магнитной стрелкой, свободно подвешенной на горизонтальной оси. Оно бывает **положительное** в северном геомагнитном полушарии и **отрицательное** в южном.

Магнитное наклонение изменяется от 0° до $\pm 90^\circ$. На магнитных полюсах оно равно $+90^\circ$ и -90° , поэтому магнитная стрелка компаса занимает вертикальное положение: в северном полушарии синий конец стрелки направлен вниз ($+90^\circ$), в южном – красный (-90°). Магнитные полюсы определяют как точки с наклонением $\pm 90^\circ$.

Линии, соединяющие точки с одинаковым магнитным наклонением, называют *изоклинами*. Нулевая изоклина – *магнитный экватор* – проходит примерно вдоль географического экватора: чуть южнее – в западном полушарии, чуть севернее – в восточном. Он делит Землю на два геомагнитных полушария.



Сила магнитного поля характеризуется **напряженностью**

Величина ее увеличивается от магнитного экватора к полюсам. В северном полушарии она больше, нежели в южном, а в целом запасы энергии магнитосферы огромны. За единицу напряженности принимают обычно эрстед (э), т. е. напряженность такого магнитного поля, которое на единицу магнитной массы действует с силой в одну дину ($1 \text{ э} = 100000 \text{ гамм}^2$).

Напряженность магнитного поля Земли невелика: на магнитном экваторе 0,25–0,35 э, на магнитном полюсе – 0,6–0,7.

Линии равного напряжения магнитного поля – *изодинамы*. В некоторых районах Земли напряженность реального магнитного поля из-за неоднородности внутреннего строения Земли отличается от нормального (теоретического) поля, т. е. такого, какое было бы у Земли, если бы она была однородно намагниченным шаром. Эти отклонения называют *магнитными аномалиями*. Крупные мировые аномалии наблюдаются в Восточной Сибири, в районе Зондских островов и т. д.; региональными являются Курская, Криворожская и др., а локальных много.

Курская магнитная аномалия

История открытия Курской магнитной аномалии связана с необычным поведением магнитной стрелки под Курском. Впервые на это явление обратил внимание известный учёный-астроном академик П.Б. Иноходцев в 1773 г. Руководя работами по определению географического положения городов центральной части Европейской России, он обнаружил в районе Белгорода и Курска сильную аномалию поля земного магнетизма.

Более чем через 100 лет, вторично с загадкой Курской магнитной аномалии столкнулся приват-доцент Казанского университета И.Н. Смирнов, когда проводил в 1874 г. первую геомагнитную съёмку Европейской части России.



Магнитное поле Земли складывается из двух магнитных полей разного происхождения – **постоянного и переменного**.

Главная составляющая – постоянное поле (99% по величине). Его образование обусловлено динамическими процессами в ядре Земли. Постоянное поле более или менее устойчиво, и ему присущи правильные колебания – суточные, годовые, вековые.

Переменное поле (1% по величине) вызвано внешними причинами – воздействием солнечного ветра и связанными с ним электрическими токами в магнитосфере и верхних слоях атмосферы. Они вызывают, как правило, непериодические резкие возмущения всех элементов земного магнетизма, т. е. *магнитные бури*, которые сопровождаются полярными сияниями, ухудшением радиосвязи на коротких волнах, радиопомехами, ухудшением самочувствия людей. Несмотря на некоторую беспорядочность, магнитные бури усиливаются весной и осенью, ослабевают летом и зимой. Среди нерегулярных возмущений геомагнитного поля наиболее известны и интересны *магнитные бури*.

Магнитные бури начинаются на всей Земле и длятся обычно несколько дней. Сильные магнитные бури бывают примерно раз в год, менее сильные – несколько раз в месяц. Замечена тенденция к 27-дневной повторяемости. Причина магнитных бурь – воздействие корпускулярного излучения Солнца, особенно сильное во время солнечных вспышек, на магнитное поле Земли. Механизм возникновения магнитных бурь еще далеко неясен.

Кроме изменений магнитного поля, вызванных внутренними причинами, есть изменения, связанные с деятельностью Солнца. Они как бы накладываются на постоянное геомагнитное поле, образуя **переменное магнитное поле**. Быстрые вариации магнитного поля имеют периоды от долей секунды до нескольких дней. К периодическим быстрым вариациям относятся солнечно-суточные (период – солнечные сутки) и лунно-суточные (период – половина лунных суток). Величина обеих вариаций зависит от широты места и от сезона (зимой амплитуда их меньше, чем летом).

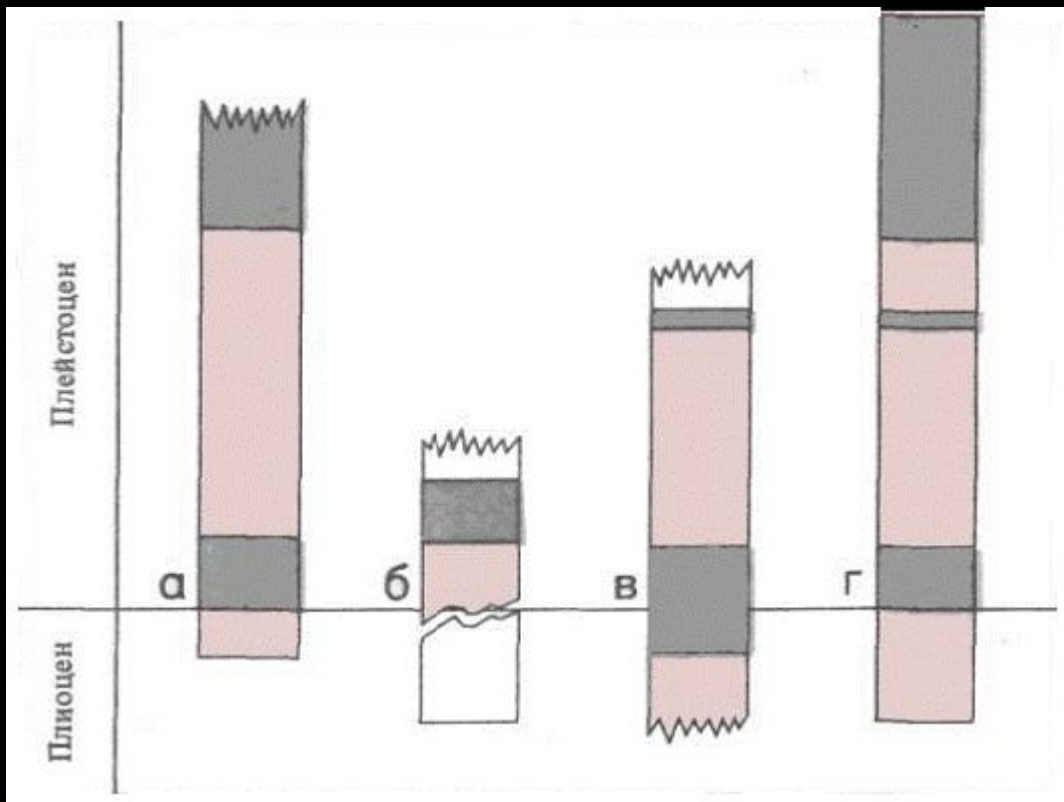
При изучении магнитного поля Земли, существовавшего в прошлые эпохи, пользуются **палеомагнитными и археомагнитными методами**.

Палеомагнитные методы основываются на изучении магнитного поля по намагниченности древних пород.

Археомагнитные методы исследования позволяют изучать намагниченность предметов, созданных людьми: кирпича, глиняных сосудов.

Палеомагнитные и археомагнитные методы исследования позволили установить ряд интересных закономерностей. Наблюдаются вековые вариации элементов магнитного поля Земли: период колебания склонения составляет 1000 лет, напряженности – 10000 лет. Удалось установить, что величина магнитного поля всегда была примерно такой же, как сейчас, она колеблется около среднего уровня. Однако положение магнитных полюсов менялось: магнитный полюс Северного полушария много миллионов лет назад располагался на экваторе, затем он перемещался вдоль берегов Восточной Азии через Камчатку и достиг современного положения.

По мнению А. Е. Криволуцкого (1985), магнитные полюсы блуждать не могут, их положение определяется положением оси вращения Земли. Причина несоответствия современного магнитного поля и древнего объясняется движением литосферных плит.



а – Олдувайское ущелье (Танзания).
 б – Кооби Форэ (Кения).
 в – Дельта реки Омо (Эфиопия).
 г – Река Омо (Эфиопия).

Изменения палеомагнитного поля

По инверсиям магнитного поля Земли, отразившимся на остаточной намагниченности пород, ученые смогли определить относительный возраст пород в четырех районах Восточной Африки. Серым цветом показаны периоды прямой намагниченности, розовым – обратной, для отмеченных белым намагниченность неизвестна.

Палеомагнитный метод подтвердил мнение ученых о неоднократном изменении полярности магнитного поля. Обращения (изменения полярности) магнитного поля происходили многократно в течение геологической истории. Полярность не меняется внезапно; напряженность магнитного поля постепенно уменьшается до нуля, затем медленно увеличивается в обратном направлении. Горные породы сохраняют в себе «ископаемое» магнитное поле, которое существовало в момент их образования. Радиологическое исследование образцов горных пород позволило построить шкалу изменения магнитного поля Земли. За последние 4,5 млн. лет сменилось четыре эпохи.

Эпоха Гильберта – обратная намагниченность 4,5 – 3,3 млн лет.

Эпоха Гаусса – прямая намагниченность 3,3 – 2,4 млн лет.

Эпоха Матуяма – обратная намагниченность 2,4 – 0,7 млн лет.

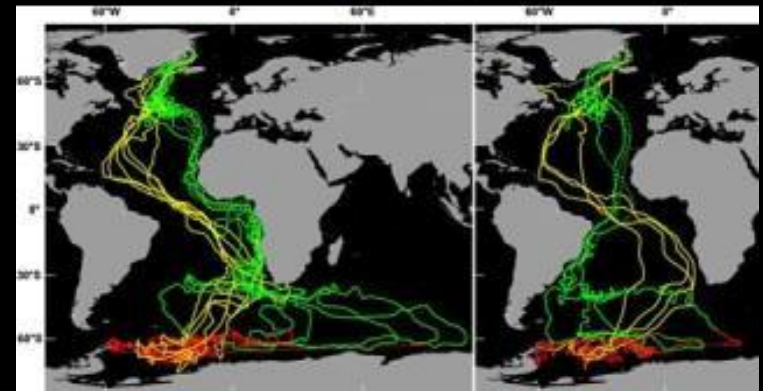
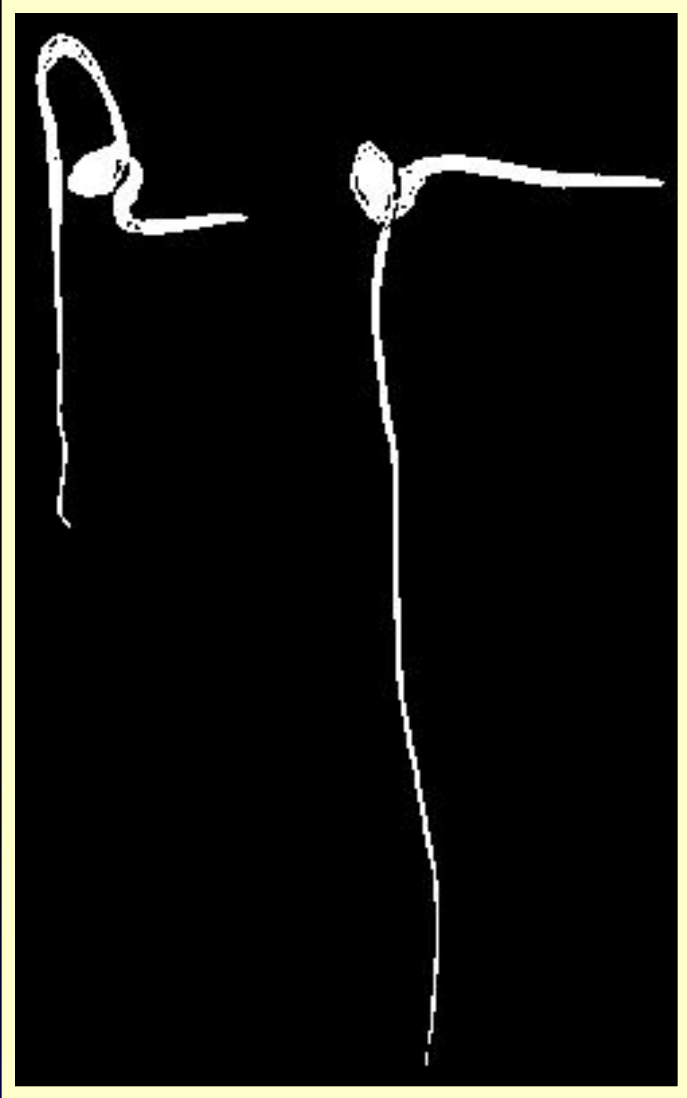
Сейчас продолжается эпоха прямой намагниченности Брюнес, 0,7 млн лет назад она сменила эпоху обратной намагниченности Матуяма.

Значение магнитосферы

Значение магнитосферы исключительно велико. Она выполняет изолирующую роль для корпускулярной солнечной радиации, солнечный ветер ее обтекает. Так что магнитосфера – **главный невидимый «броневой заслон» планеты**. Однако в небольшом количестве солнечная плазма с дневной стороны в полярных районах просачивается в магнитосферу, а затем в верхние слои атмосферы – так называемую *ионосферу* до высот 80–100 км. Таким образом, магнитосфера – наш «магнитный зонтик». Пропуская к Земле лучистую энергию Солнца электромагнитной природы, она задерживает корпускулярную радиацию, защищая географическую оболочку и все живое от гибели.

Экспериментально доказана зависимость функций растений (расположение семян, корней, темпа их роста и урожайность) и животных (перелеты птиц, миграции рыб, насекомых) от ориентации их в магнитном поле. Это явление в органическом мире получило название **магнитотропизма**. (*Первичный корешок кукурузы при прорастании изгибается в сторону южного магнитного полюса*) Медико-биологические статистические материалы (частота сердечно-сосудистых приступов у людей, распространения инфекционных заболеваний, травматизма на производстве, аварий на дорогах и т. д.) свидетельствуют о связи перечисленных явлений с изменениями магнитного поля Земли.

Полярные крачки (*Sterna paradisaea*)



Магнитотропизм

Изучая естественные магнитные поля, не следует забывать об искусственных электромагнитных полях, создаваемых промышленными установками, телецентрами, ЛЭП и т. д. Механизм действия магнитных полей на биологические объекты – явление очень сложное, и расшифровка его – дело будущего. Магнитные бури действуют и на технические системы – энергетические, трубопроводы и др., в которых возникают перегрузки.

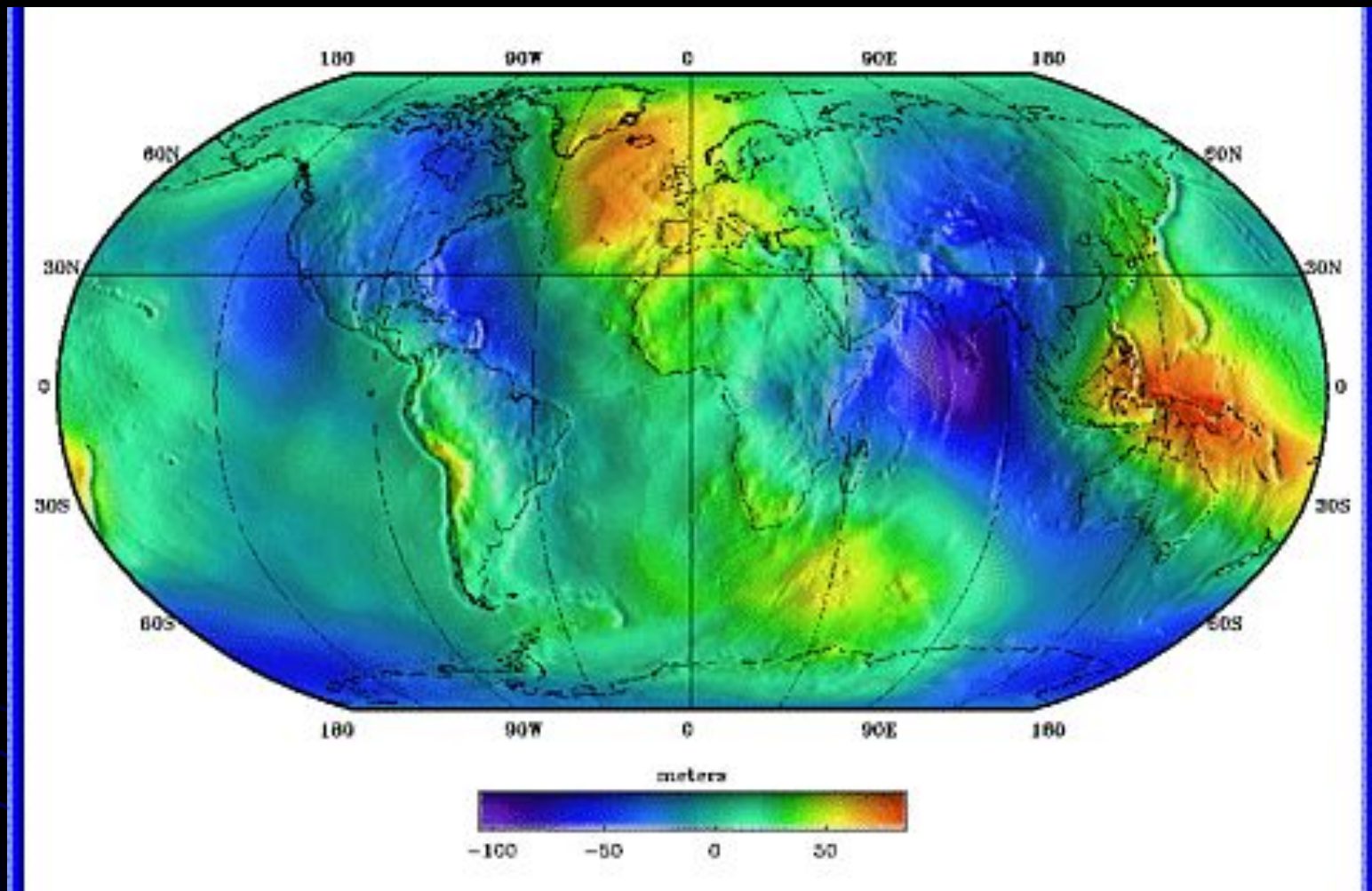
Магнитное поле Земли помогает ориентироваться в пространстве изыскательским партиям, кораблям, подводным лодкам, самолетам, туристам. При использовании компаса для определения сторон горизонта необходимо обязательно вводить поправку на магнитное склонение. На кораблях сейчас используются гирокомпасы, которые сразу показывают направление географического меридиана. По некоторым изменениям магнитного поля можно заранее предсказать приближение магнитной бури, что важно знать связистам, капитанам кораблей и другим специалистам, с которыми осуществляется локационная связь, а также медикам. Локальные магнитные аномалии указывают на месторождения железорудных полезных ископаемых, поэтому для поисков их широко применяют магнитометрические методы разведки. Таково в общих чертах влияние геомагнитного поля на природные процессы Земли.

Гравитационное поле Земли

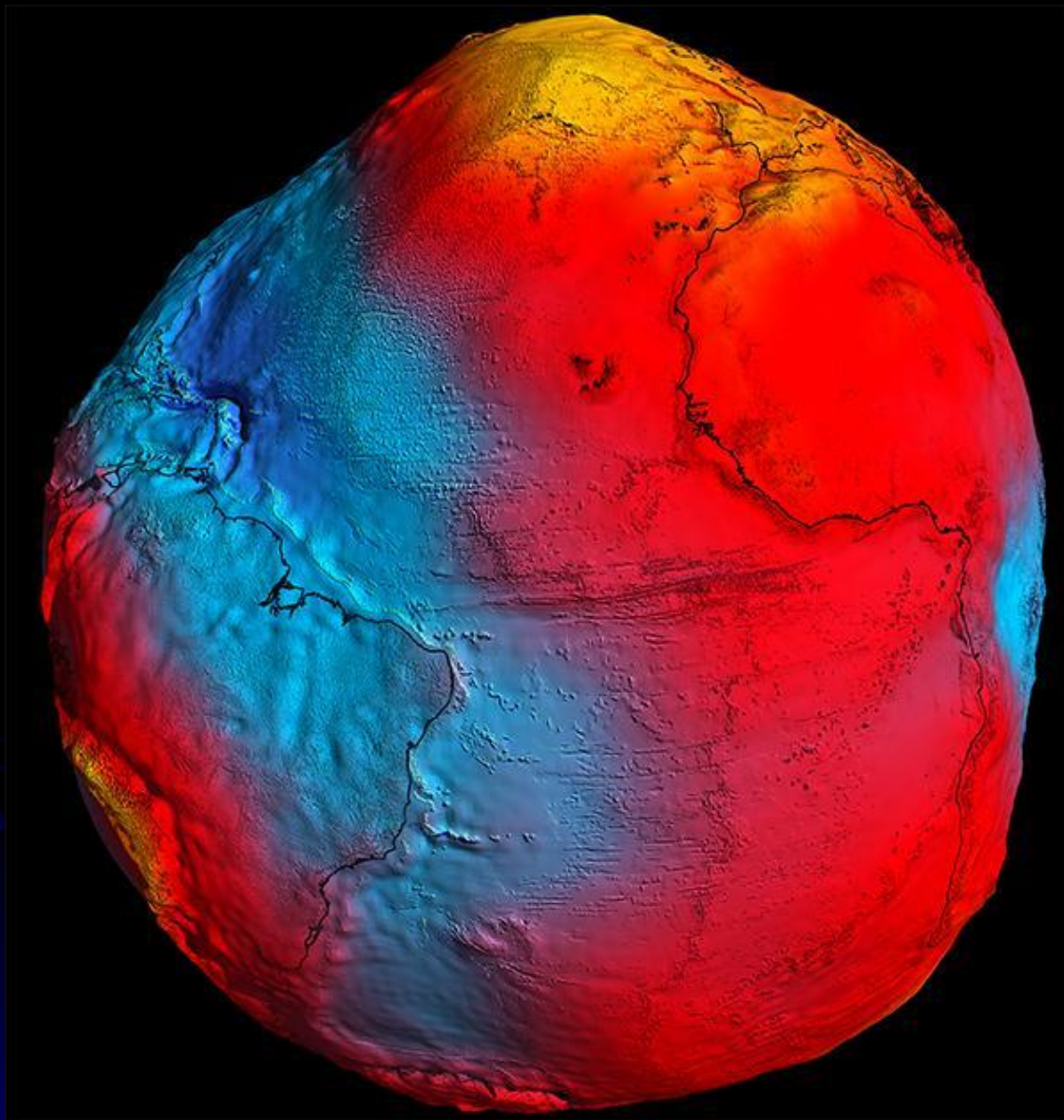
Гравитационное поле Земли – это поле силы тяжести. Сила тяжести действует повсюду на Земле и направлена по отвесу к поверхности геоида, уменьшаясь по величине от полюсов к экватору.

У Земли было бы *нормальное гравитационное поле* при условии наличия у нее фигуры эллипсоида вращения и равномерного распределения в нем масс. Однако Земля таким телом не является. Разницу между напряженностью реального гравитационного поля и теоретического (нормального) поля называют **аномалией силы тяжести**. Эти аномалии бывают вызваны как различным вещественным составом и плотностью горных пород, так и видимыми неровностями земной поверхности (рельефом).

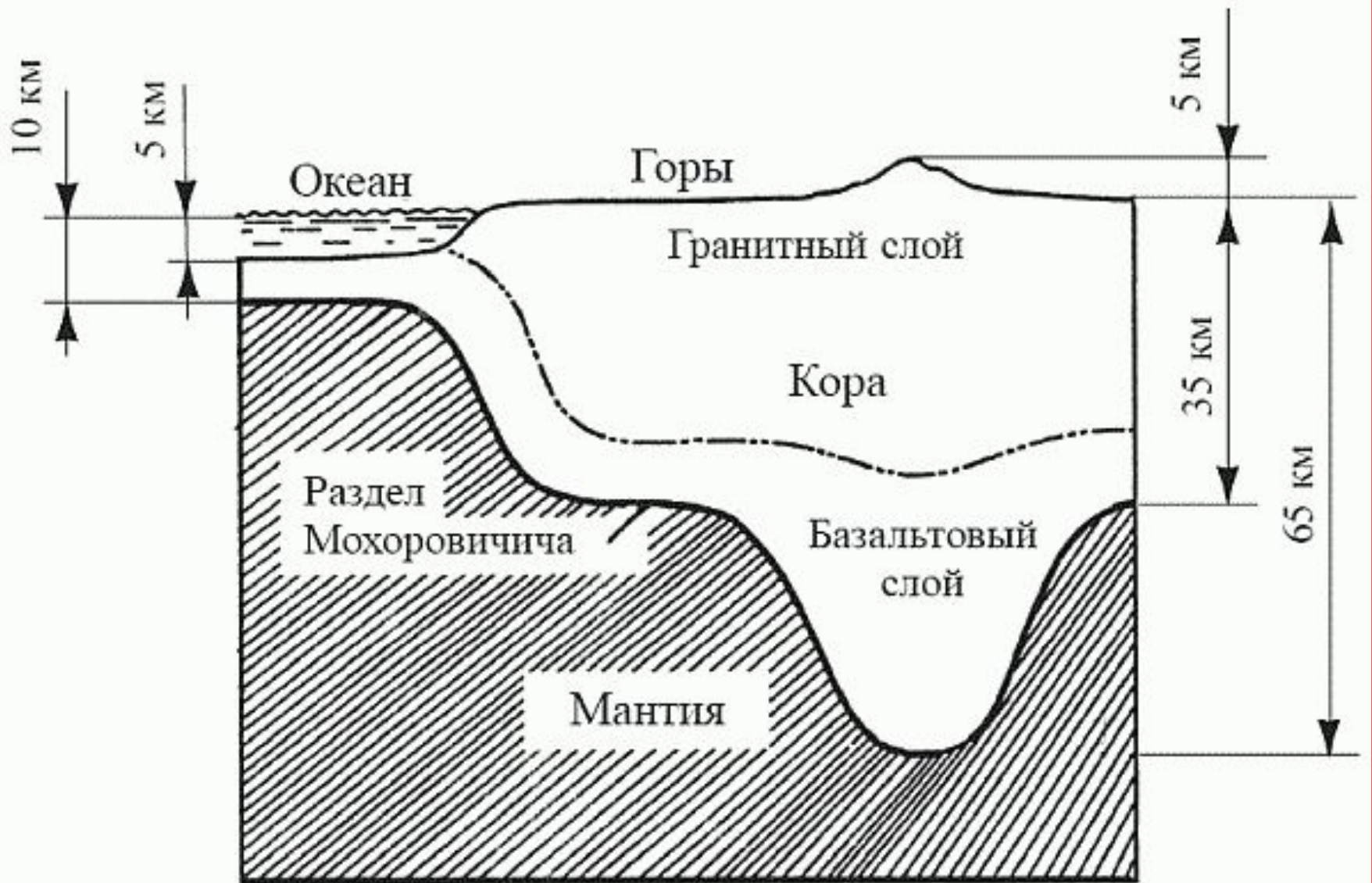
Однако далеко не всегда горы вызывают увеличение силы тяжести (положительную аномалию), а океанические впадины – их недостаток (отрицательную аномалию). Такое положение объясняется **изостазией** (от греч. *isostasios* – равный по весу) – уравниванием твердых и относительно легких верхних горизонтов Земли на более тяжелой верхней мантии, находящейся в пластичном состоянии в слое *астеносферы*. По современным геофизическим представлениям, в недрах Земли на определенной глубине происходит горизонтальное растекание подкорových масс вещества из мест их избытка на поверхности (в виде гор и т. д.) к периферии и выравнивание давления вышележащих слоев. Существование астеносферных течений – необходимое условие изостатического равновесия земной коры.



Рельеф водной поверхности Мирового океана по данным информации с искусственных спутников Земли (по Р. К. Клиге и др.)



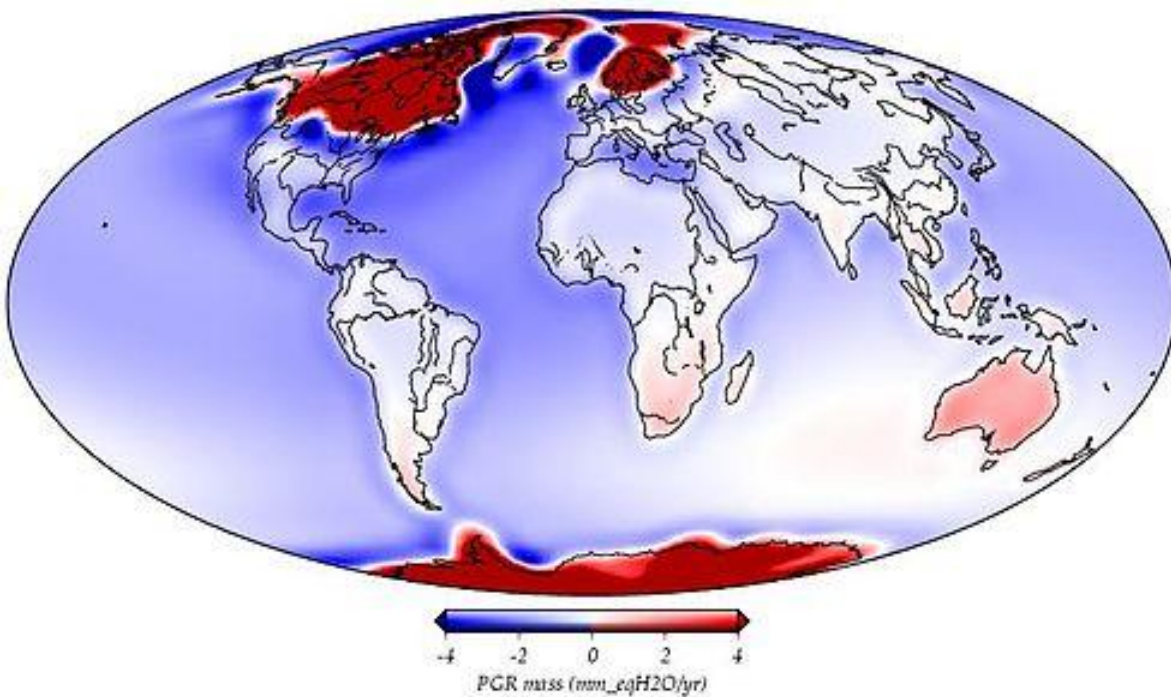
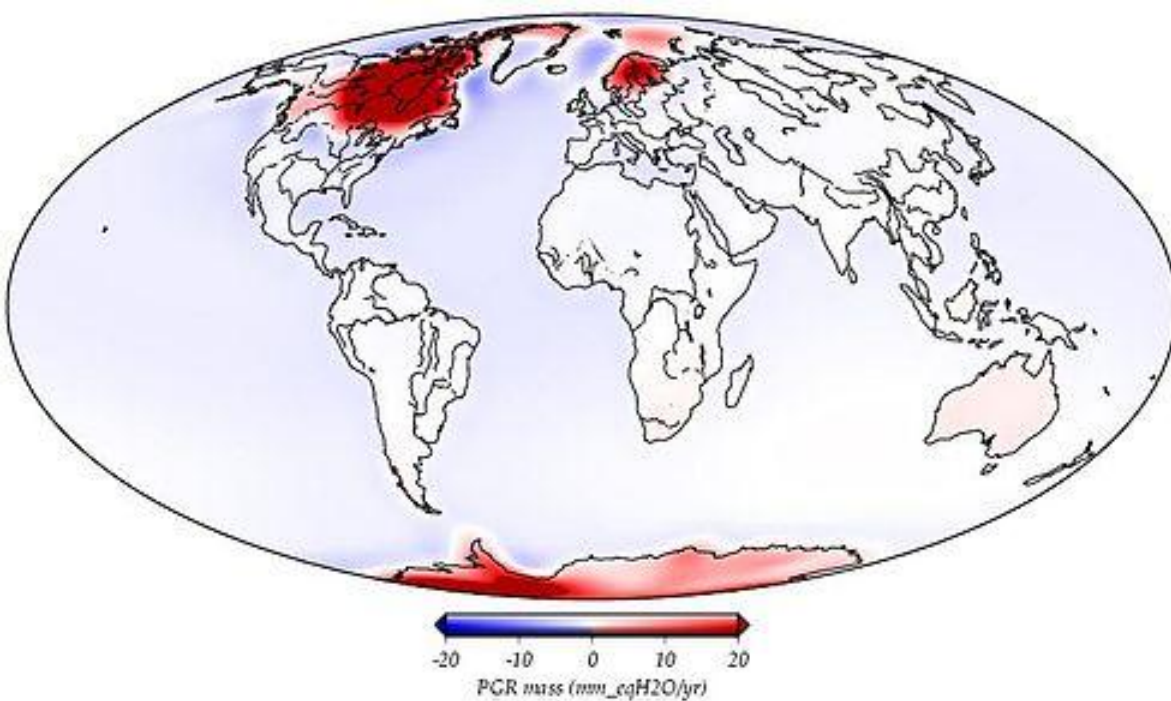
Спутник
**Европейского
космического
агентства GOCE,**
вышедший на орбиту
Земли в марте 2009-го,
выполнил все
необходимые
измерения для точного
построения модели
геоида.



При появлении или исчезновении ледниковой нагрузки в областях древних и современных ледников тоже нарушается изостатическое равновесие. При нарастании массы льда покровных ледников земная кора прогибается, при таянии льда происходит ее поднятие. Такие вертикальные движения земной коры называются *гляциоизостазией* (от лат. *glades* – лед). Гляциоизостатические опускания наиболее резко выражены под центральными частями современных ледниковых щитов – Антарктиды и Гренландии, где ложе ледников местами прогнуто ниже уровня моря. Поднятия особенно интенсивны в областях, недавно освободившихся от материковых льдов (например, в Скандинавии, Канаде), где их суммарные значения за послеледниковое время достигают нескольких десятков метров. Современные скорости поднятия по инструментальным измерениям местами доходят до 1 м в столетие, например на шведском побережье Ботнического залива.



Знаменитые «параллельные дороги Глен Рой», одну из первых научных статей которым посвятил юный Чарльз Дарвин. Верхняя хорошо видимая береговая линия поднимается до отметки 350 м, и нижняя — 260 м. Фото 10.03.2009 г., горная Шотландия.

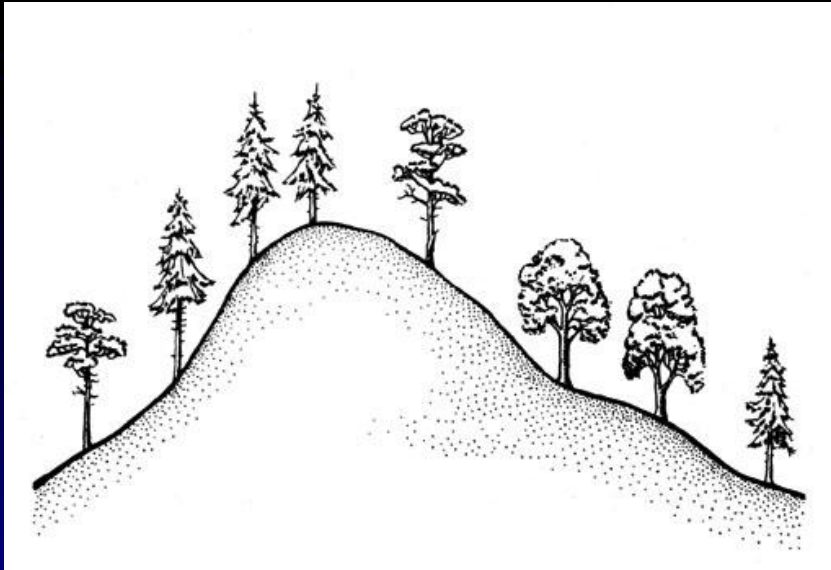
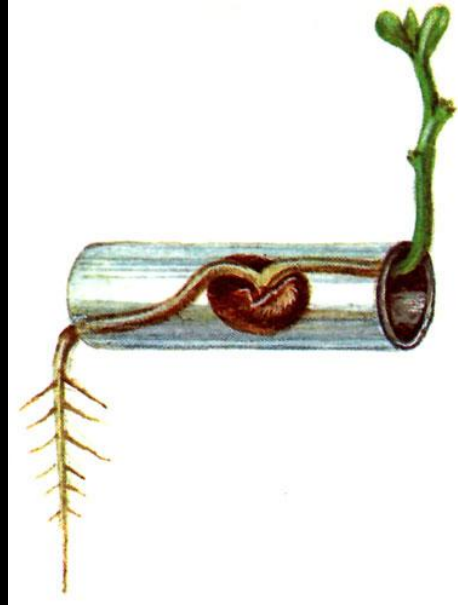
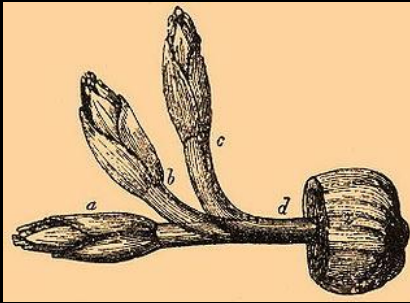


Модель динамики современного рельефа поверхности. Красные области поднимаются из-за удаления ледяных покровов. Синие области опускаются из-за повторного заполнения океанических бассейнов.

Значение

Значение силы тяжести исключительно велико. Она определяет истинную фигуру Земли – геоид. Подкоровые течения в астеносфере вызывают тектонические деформации и движения литосферных плит, создавая крупные формы рельефа Земли. Сила тяжести обуславливает гравитационные рельефообразующие процессы: эрозию, оползни, осыпи, обвалы, селевые потоки, движение ледников в горах и т. д. Сила тяжести определяет максимальную высоту гор на Земле. Она удерживает атмосферу и гидросферу, ей подчиняется перемещение воздуха и водных масс. Сила тяжести помогает людям и многим животным удерживать вертикальное положение.

Геотропизм – ростовые движения органов растений под влиянием силы земного тяготения – обуславливает вертикальное направление стеблей и первичного корня. Недаром гравитационная биология, возникшая в эпоху, когда человек начал обживать мир без тяжести – Космос, включает растения в число своих экспериментальных объектов. Силу тяжести необходимо учитывать при рассмотрении буквально всех процессов в географической оболочке. Без учета силы тяжести нельзя рассчитать исходные данные для запусков ракет и космических кораблей, невозможна гравиметрическая разведка рудных полезных ископаемых и нефтегазоносных структур.



Геотропизм, способность органов растений принимать определённое положение под влиянием земного притяжения. Геотропизм обуславливает вертикальное направление осевых органов растения: главный корень направляется прямо вниз (положительный геотропизм), главный стебель - прямо вверх (отрицательный геотропизм). Если под каким-либо внешним воздействием, например будучи согнут или повален ветром, главный стебель растения выведен из свойственного ему вертикального положения, то в молодой, ещё растущей части происходит изгиб и верхняя его часть поднимается и снова оказывается правильно ориентированной. Кончик главного корня, выведенного из вертикального положения, изгибается вниз. Закончившие рост части растений не способны к геотропическим изгибам; поэтому у растений, которые полегли под действием ветра или дождя, приподнимается только молодая, растущая верхушка стебля. Кажущееся исключение составляют злаки, у которых узлы очень долго сохраняют способность возобновлять рост; под влиянием полегания нижняя сторона нижних узлов сильно разрастается и поднимает расположенную выше часть соломины.



Кроме стеблей, растущих под влиянием Геотропизм вертикально, - ортотропных, встречаются и горизонтально растущие стебли - плагиотропные; это большей частью корневища и столоны (усы). Изменение геотропической реакции может происходить и под влиянием внешних воздействий, например пониженной температуры, вызывающих прижимание побегов к земле у альпийских или полярных растений, а также под влиянием некоторых газов, например этилена.

Тепловое поле Земли

Тепловое поле существует за счет неравномерного нагревания вещества Земли – горных пород, вод и воздуха, в результате чего возникает пространственная неравномерность распределения температуры. Источниками термического поля являются внутренние и внешние процессы.

Внешний источник – солнечная радиация, проникает на глубину лишь в несколько метров. Действие радиации проявляется в верхней зоне земной коры, которая называется гелиотермической. Ниже ее располагается пояс постоянных температур, где температура соответствует среднегодовой для данной местности. Пояс постоянных температур фиксируется на различных глубинах: Москва – 20 м (+4,2°), Париж – 28 м (+11,8°), Якутск – 116 м (-37°).

Дальнейшее увеличение температуры с глубиной (в среднем 0,3°С на 100 м) связано с **внутренними источниками** – распадом радиоактивных элементов, гравитационной дифференциацией вещества, приливным трением, процессами метаморфизма и фазовыми переходами вещества.

Большинство исследователей главным источником внутреннего тепла считает гравитационную дифференциацию вещества. Скорость возрастания температур с глубиной зависит от теплопроводности, проницаемости горных пород и генерации тепла источниками.

Основная потеря внутреннего тепла Земли ($4 * 10^{12}$ Вт) происходит за счет теплового потока, меньшую роль играют вулканизм, землетрясения, гидротермальные источники. Плотность теплового потока из недр определяет энергетическое состояние поверхности Земли и тектонические особенности региона. Эта величина различна в среднем составляет ($\text{мВт}/\text{м}^2$):

- для глубоководных океанических впадин – 28–65,
- в пределах щитов – 29–49,
- в геосинклинальных областях и срединно-океанических хребтах – 100–300 и более.

Среднее значение для Земли равно 64–75 $\text{мВт}/\text{м}^2$, что в несколько десятков тысяч раз меньше потока лучистой энергии Солнца.

Как показали измерения в буровых скважинах и шахтах, с глубиной температура под действием теплового потока из недр Земли закономерно возрастает. Величина такого увеличения в градусах при углублении на 100 м называется геотермическим градиентом, а расстояние в метрах, при углублении на которое температура повышается на 1°C, – геотермической ступенью. Среднее значение геотермического градиента составляет 3°C, однако крайние значения превышают его в 25 раз.

На величину геотермической ступени оказывают влияние различные факторы. Это прежде всего количество радиоактивных элементов в горных породах, теплопроводность, условия залегания горных пород (наличие складчатых структур), подземные и поверхностные воды. Рост температуры с глубиной происходит неравномерно.

Расчеты, выполненные на основании данных о теплопроводности горных пород, тепловом потоке из недр и других, показывают, что геотермическая ступень сохраняется более или менее одинаковой до глубины 15–20 км. Ниже рост температур уменьшается и в пределах границы Мохоровичича не превышает 900-1000°. На глубине около 100 км температура примерно 1300°, в то время как при сохранении величины геотермической ступени она должна достигать 3000°. Для более глубоких зон Земли получены такие показатели:

- 400 км – 1400–1700°C;
- 2900 км – 2200–4700°C;
- 5000 км – 5000°C.
- Температура в очагах вулканов 800–1300°C.

Большую роль в исследовании геотермического градиента сыграла **Кольская скважина**. При её заложении расчёты велись в соответствии с $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ на километр. Проектная глубина Кольской скважины была 15 км. Соответственно, это означало, что ожидаемая температура была порядка $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако, градиент $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{км}$ был только до трёх километров, а дальше градиент стал увеличиваться таким образом, что на глубине 12 км температура составляла $220\text{ }^{\circ}\text{C}$. Предполагается, что на проектной глубине температура составит $280\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Помимо общетеоретического значения описание геотермического градиента имеет значительный практический смысл, особенно в свете ожидаемого глобального топливно-сырьевого кризиса. Значение геотермического градиента окажет решающую роль на распространение геотермальной энергетики. Данные геотермии используются при поисках и разведке полезных ископаемых (нефти, подземных вод), проектировании инженерных сооружений, прогнозировании землетрясений.

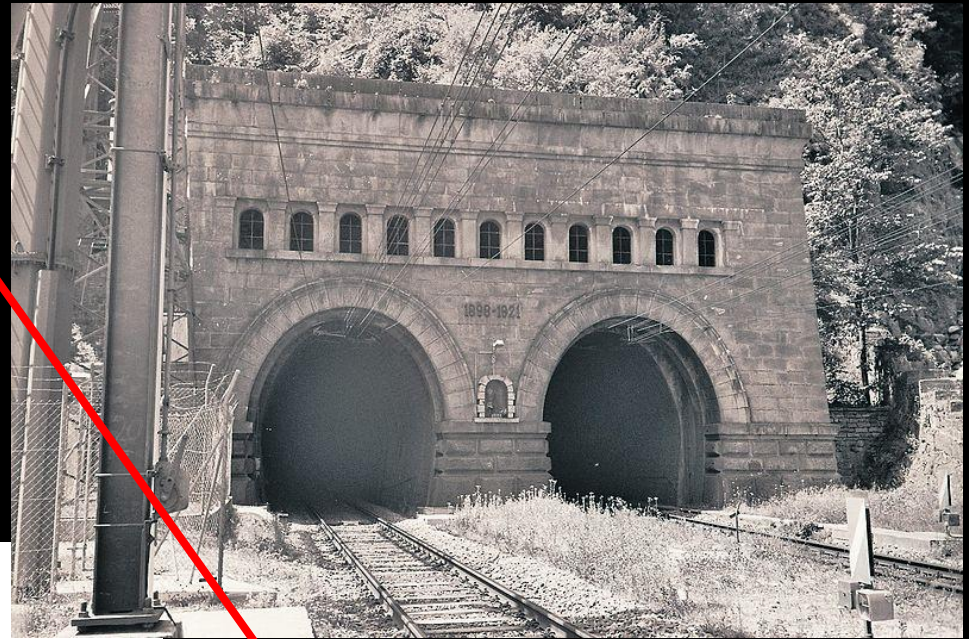


Геотермическая ступень:

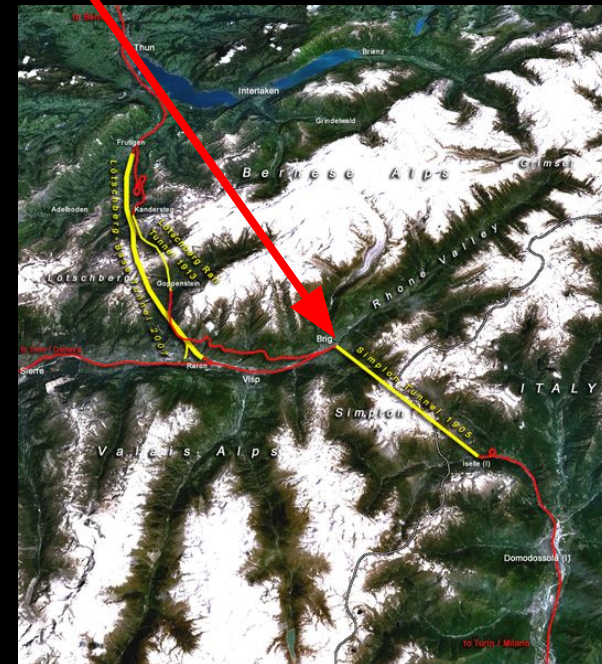
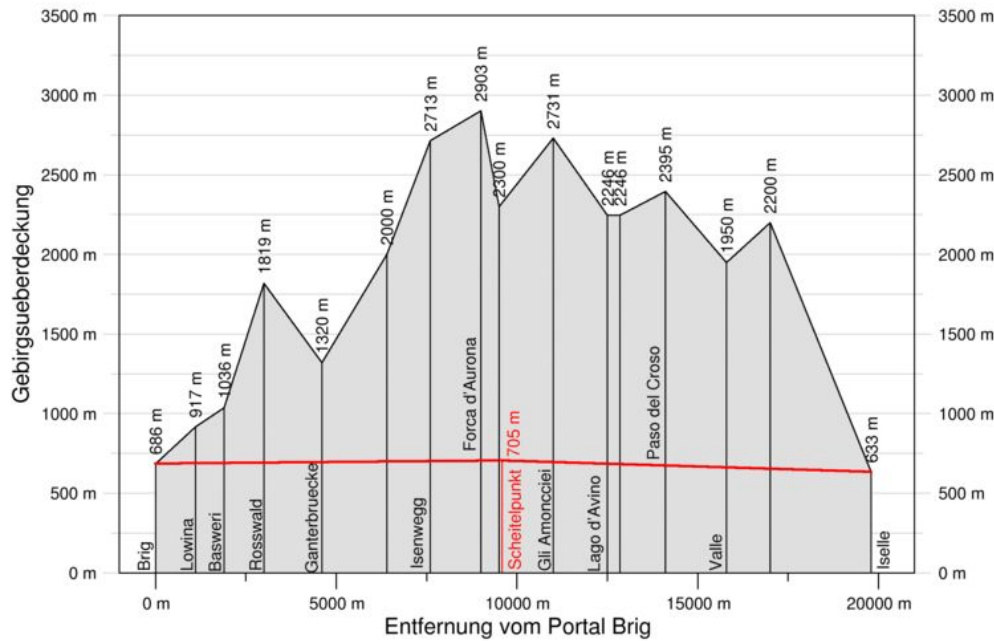
- Архангельск – 10 м;
- Санкт-Петербург – 19,6 м;
- Баку (Сураханы) – 26 м;
- Якутск – 26 м;
- Донбасс – 33 м;
- Харьков – 37,7 м;
- Москва – 38,4 м;
- Иоганесбург (юг Африки) – 111 м;
- Пятигорск (район теплых источников, северный склон Кавказа) – 1,5 м.

Симплонский туннель — железнодорожный тоннель в Альпах на дороге, связывающей швейцарский город Бриг с итальянским городом Домодоссола. Трасса туннеля расположена на 668 м над уровнем моря, а отметки вершин достигают 2700 м. Изотермы внутри горного массива располагаются параллельно рельефу гор, изгибаясь дугообразно. Поэтому под наиболее высокими массивами в трассе температура достигает $+56^{\circ}\text{C}$, хотя средняя годовая температура на их поверхности не превышает $2,9^{\circ}\text{C}$.

Симплонский туннель



Gebirgsueberdeckung ueber dem Simplontunnel



Электрическое поле Земли

Электрическое поле Земли существует во всех сферах географической оболочки, в том числе и у животных. Основная его характеристика — *напряженность* — представляет собой силу, приложенную в этом поле к единичному положительному заряду. Распределение электрических зарядов в пространстве изображают силовыми линиями: чем больше густота линий, тем больше напряженность электрического поля.



Разряда электрического угря хватит, чтобы запустить двигатели 50 автомобилей.



Явления, связанные с движением электрических зарядов, лежат в основе многих процессов, происходящих во Вселенной и на Земле. Наша планета постоянно подвергается «бомбардировке» заряженными частицами из космического пространства.

Большинство этих частиц образуется, вероятно, в пределах нашей Галактики, и поэтому их потоки называют галактическими космическими лучами (возникают за пределами Солнечной системы и в основном представлены протонами (примерно 85 %), α -частицами (около 14 %) и тяжелыми атомными ядрами).

Кроме них известны солнечные космические лучи, исходящие от Солнца и состоящие в основном также из протонов. Именно они формируют внеземные электрические потоки, заметно увеличивающиеся в периоды сильных возмущений на поверхности Солнца. При подходе к Земле эти частицы попадают в магнитное поле планеты и приобретают очень сложный характер движения, особенно вблизи полюсов.

С движением заряженных частиц в магнитном поле Земли связаны *полярные сияния* — свечение разреженных слоев воздуха на высоте 90–100 км и *молнии* — гигантские электрические искровые разряды между облаками.

Заряд на Землю поступает из грозовых туч.

В верхней части атмосферы Земли - примерно на высоте 50 км - расположен слой, содержащий много положительных ионов. Эта сферическая оболочка образует «металлический экран». В атмосфере много ионов. Положительные ионы движутся к отрицательной Земле. Такой атмосферный ток равен 1800 А. Это на всю поверхность Земли. В результате тока Земля все время разряжается, а грозы ее подзаряжают.

Молния — гигантский электрический искровой разряд в атмосфере, обычно происходит во время грозы, проявляющийся яркой вспышкой света и сопровождающим её громом. Молнии также были зафиксированы на Венере, Юпитере, Сатурне и Уране. Ток в разряде молнии достигает 10-20 тыс. А, поэтому мало кому из людей удастся выжить после поражения их молнией.



Земные (теллурические) электрические потоки захватывают обширные участки земной коры и океанской толщи, размеры которых составляют сотни и тысячи квадратных километров. Главной причиной их образования считают изменение интенсивности солнечной радиации, создающее в атмосфере, гидросфере и литосфере **переменное электромагнитное поле**.

Теллурическое поле изменчиво во времени и пространстве: плотность теллурических токов возрастает при магнитных возмущениях и в период магнитных бурь. Теллурические токи в океане по сравнению с токами на суше имеют большую плотность. Поле теллурических токов постоянно изменяется в зависимости от геомагнитного поля.

В Мировом океане дополнительными источниками электромагнитного поля являются скопления определенных микроорганизмов, создающих биоэлектрический эффект (свечение воды), насыщенные суспензией потоки (особенно в придонном слое и в подводных каньонах), вертикальная конвекция. Соотношение этих факторов различно, но, как правило, они оказывают интегральное действие.