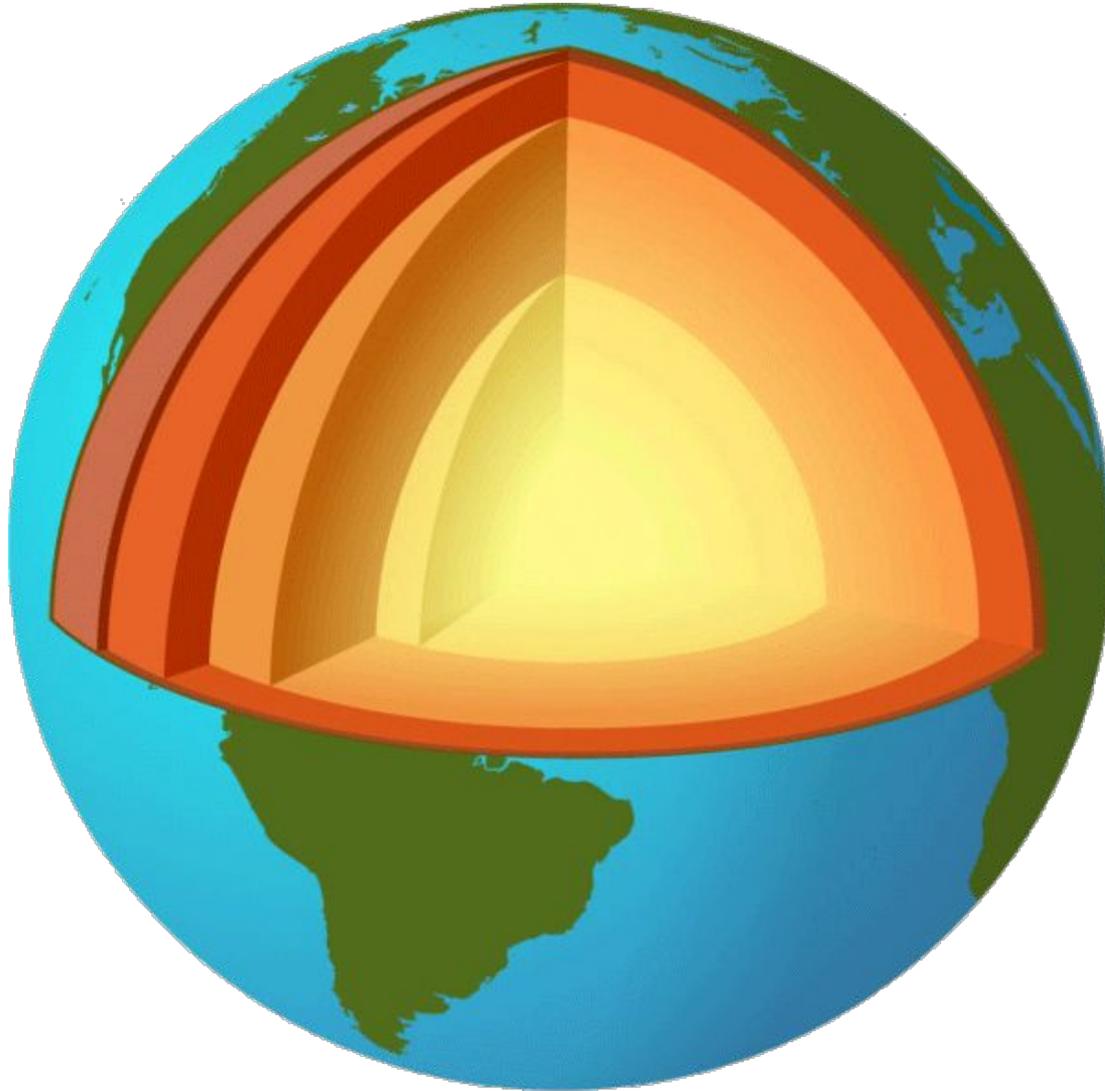
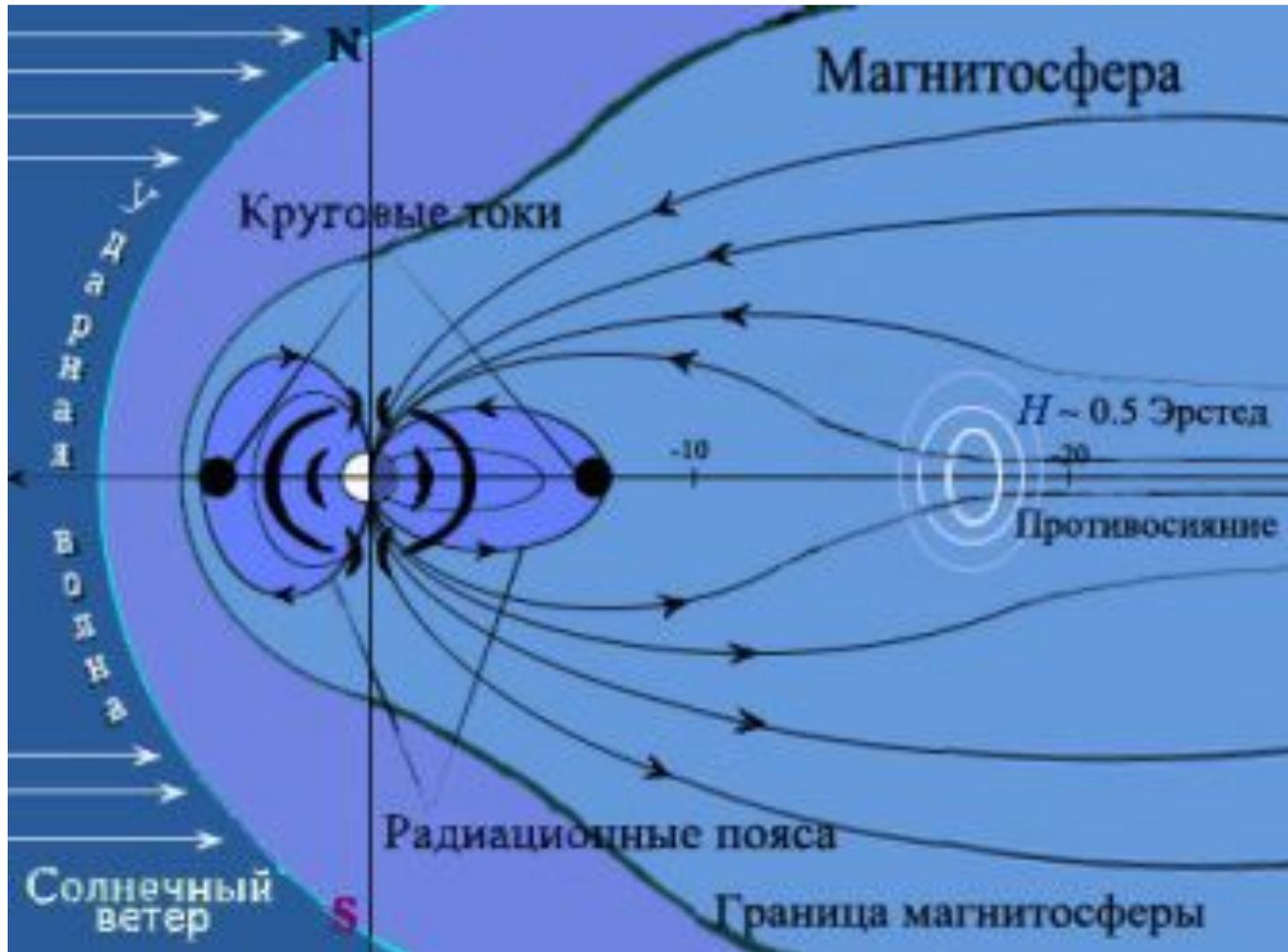


Оболочки Земли



Магнитное поле Земли (магнитосфера)

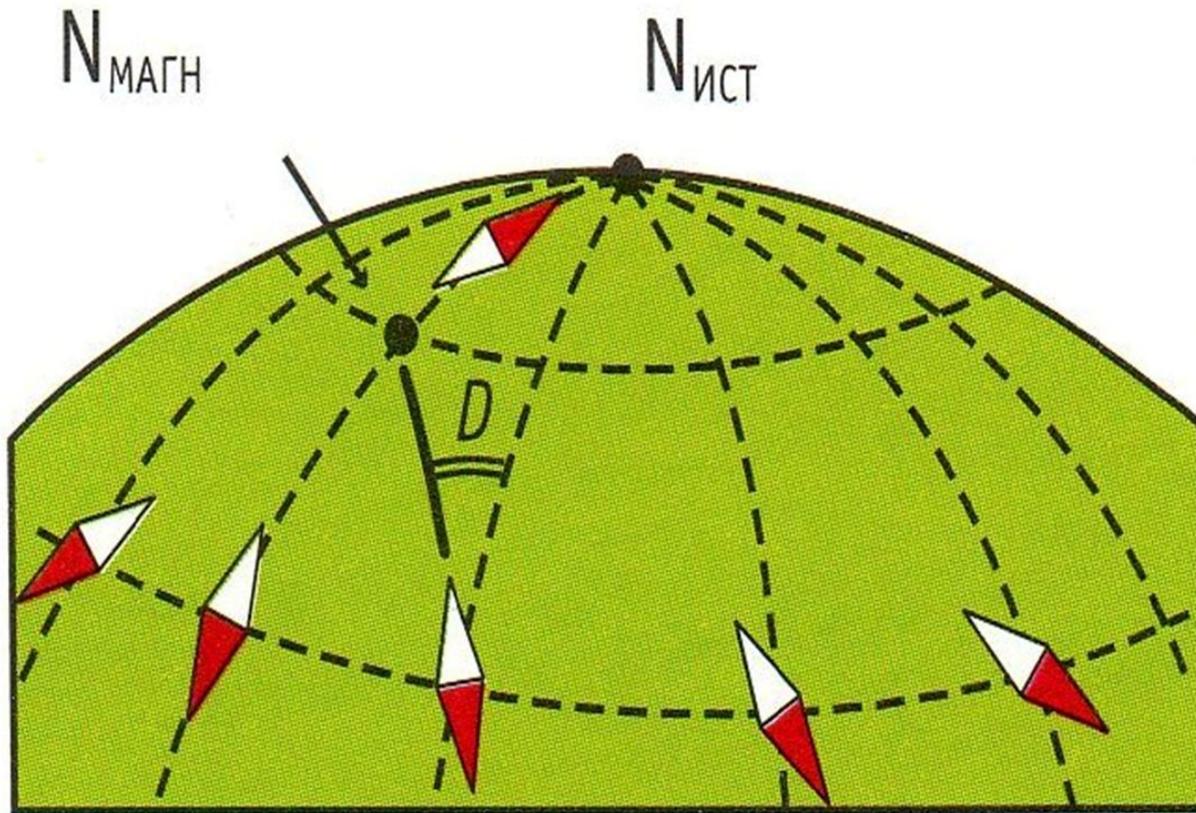


Свойства магнитного поля Земли

1. Магнитное склонение

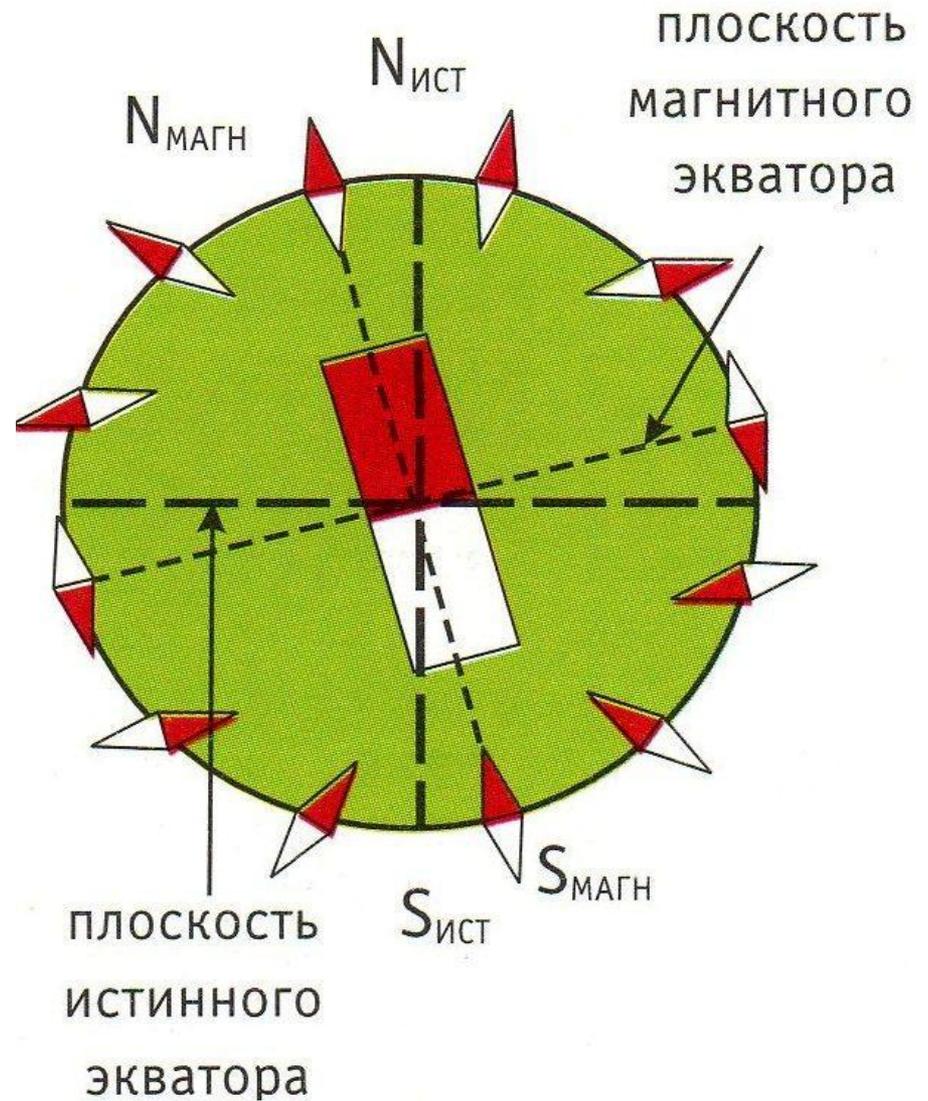
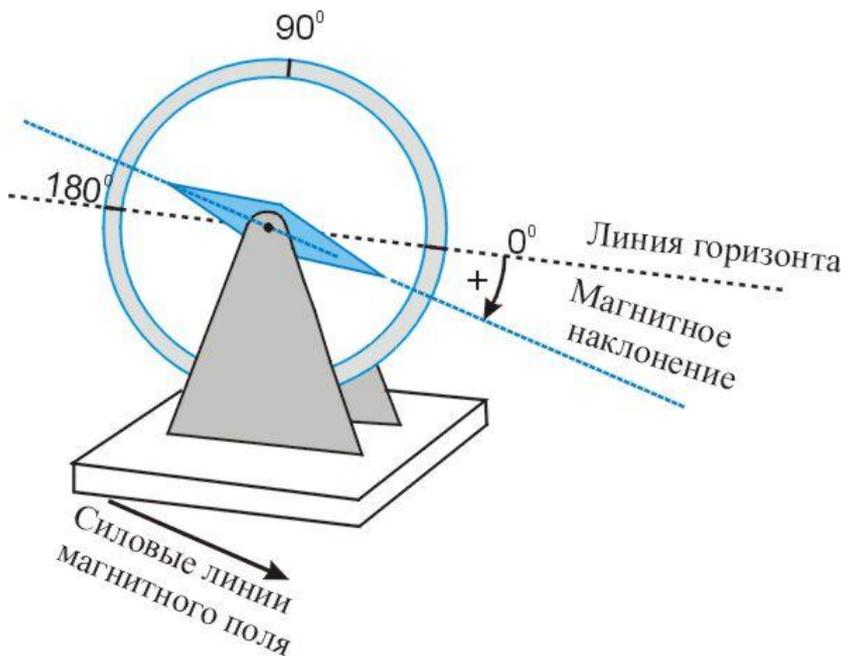
впервые зафиксировал

Христофор Колумб 13 сентября 1492 г

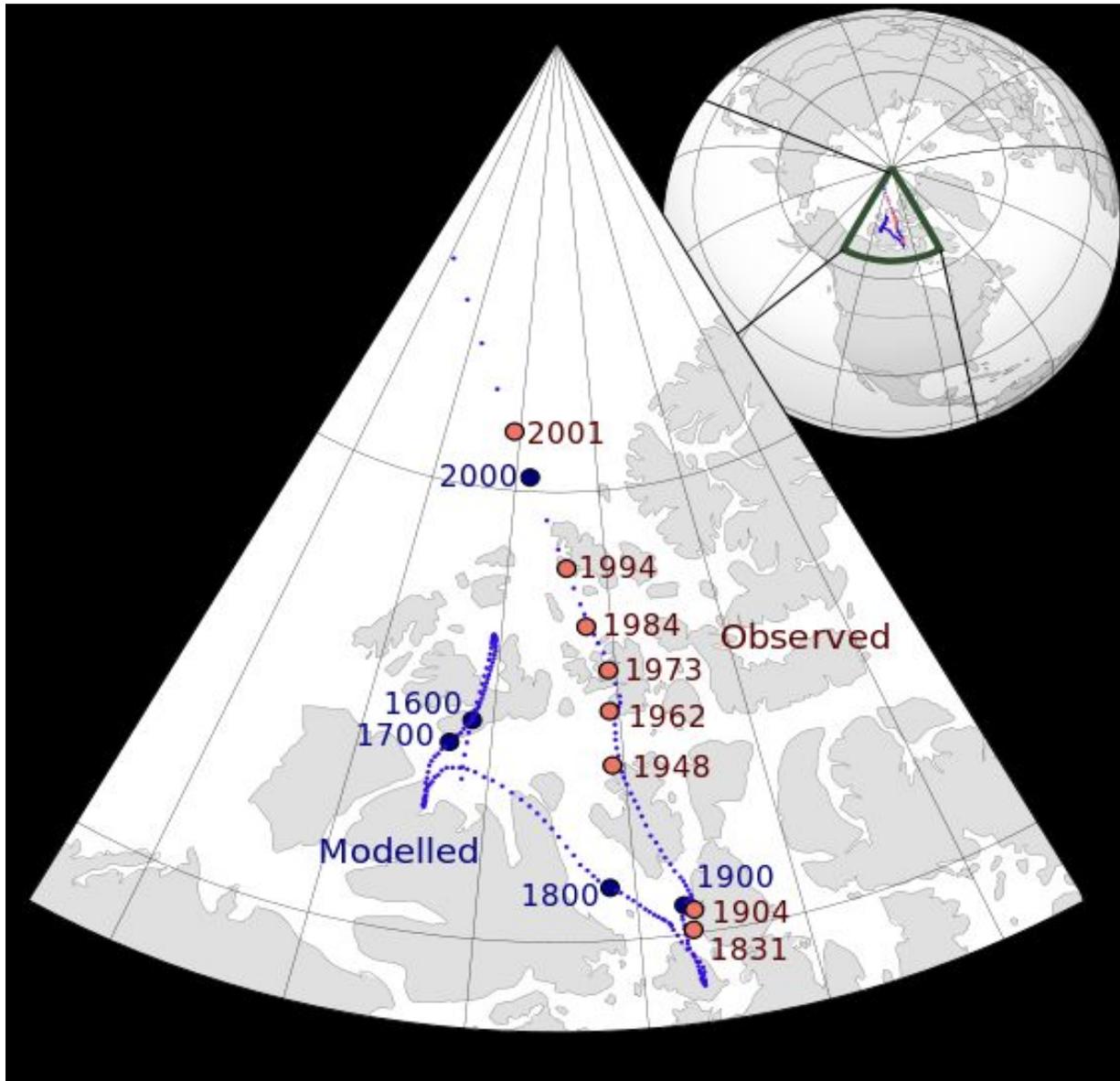


2. Магнитное наклонение

1544 г. —
Георг Хартман
описал
магнитное
наклонение



3. Перемещение северного магнитного полюса – западный дрейф



Объяснения наблюдений магнитного поля Земли

1600 г. – **Уильям Гилберт** предположил наличие естественного магнита в недрах Земли

1700 г. **Эдмунд Галлей** предположил вращение внутреннего магнита и сформулировал идею оболочечного строения Земли

Наблюдения геомагнитного поля

В 1831 г. английским полярным исследователем **Джоном Россом** в Канадском архипелаге был открыт северный магнитный полюс — область, где магнитная стрелка занимает вертикальное положение, то есть наклонение равно 90° .

В 1841 г. **Джеймс Росс** (племянник Джона Росса) достиг другого магнитного полюса Земли, находящегося в Антарктиде.

Карл Гаусс выдвинул теорию о происхождении магнитного поля Земли и в 1839 году доказал, что основная его часть выходит из Земли

Геомагнитное поле

Геомагнитное поле состоит из **главного геомагнитного поля**, источники которого находятся во внешнем электропроводящем ядре Земли,

аномального, создаваемого намагниченными горными породами, и **внешнего** геомагнитных полей.

Вклад главного геомагнитного поля составляет более 95%. В соответствии с общей теорией геомагнетизма Гаусса главное геомагнитное поле состоит из дипольной и недипольной частей. В первом приближении теории геомагнитное поле является полем диполя, наклоненного к оси вращения Земли на угол 10-12 градусов. Аномальное поле составляет около 3% геомагнитного поля, а внешнее, связанное с солнечно-земными взаимодействиями, – менее 1%.

Геомагнитное поле, Земля - электромагнит

Западный дрейф магнитного поля:

в северном и северо-западном направлении со скоростью около 10 км в год. В 2009 году скорость движения северного полюса составляла 64 километра в год

По современным данным магнитное поле Земли совершает один полный “оборот” примерно за 1600 лет.

Напряженность геомагнитного поля меняется в разных точках земной поверхности: на магнитных полюсах она составляет около 0,7 эрстед, а на магнитном экваторе - около 0,4 эрстед.

1 эрстед равен напряжённости магнитного поля в вакууме при индукции 1 гаусс

Fe немагнитно при температуре выше +769°C (Т пл. 1538,85°C), в недрах температура выше, т.е. не м.б. постоянного магнита

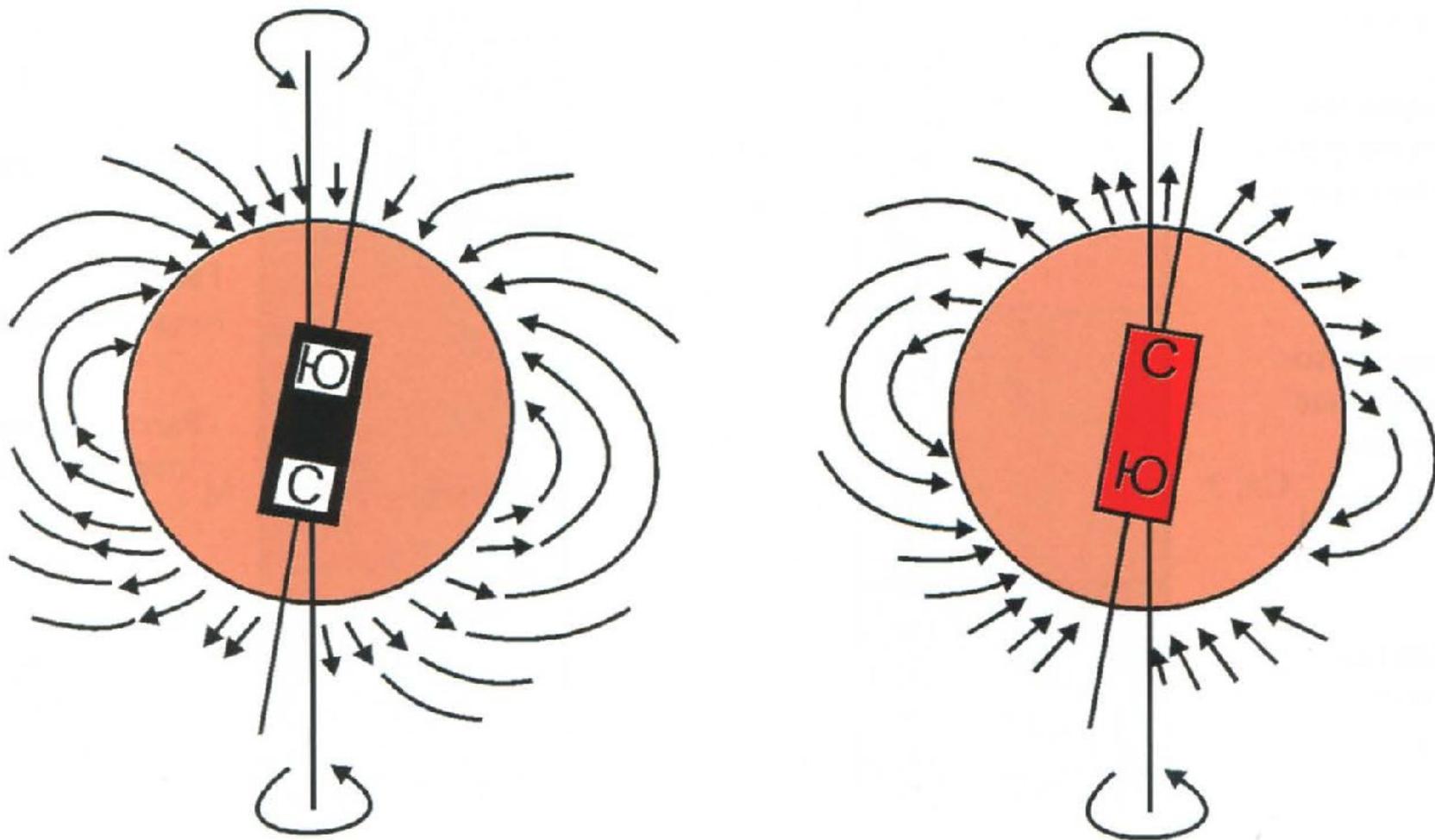
Выводы о геомагнитном поле

Электромагнитное поле Земли создается токовыми петлями в жидком металлическом ядре, в котором происходит конвекция.

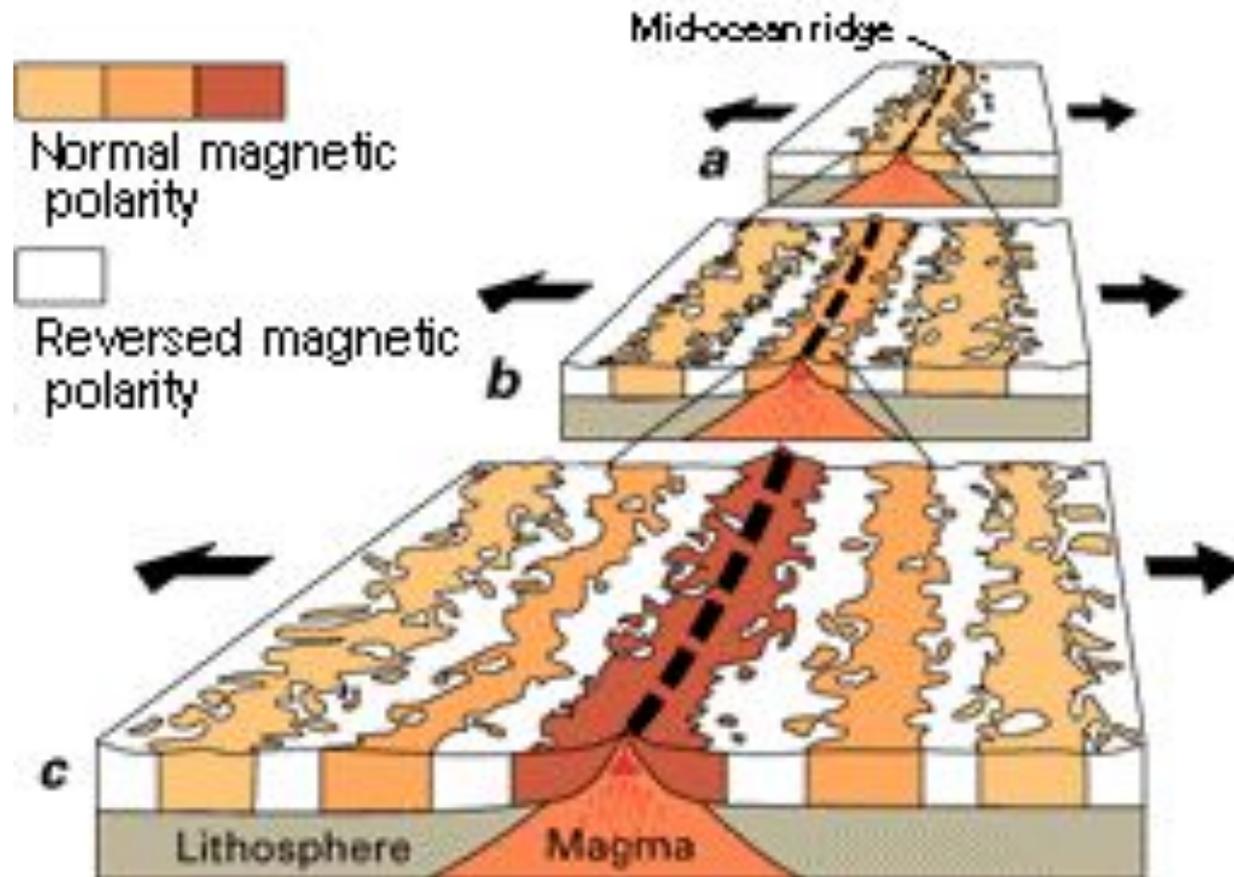
не следует путать сами конвективные потоки (направленное перемещение масс) с электрическими токами (направленным перемещением зарядов).

Западный дрейф объясняется смещением конвективных потоков и электрических токовых петель в западном направлении

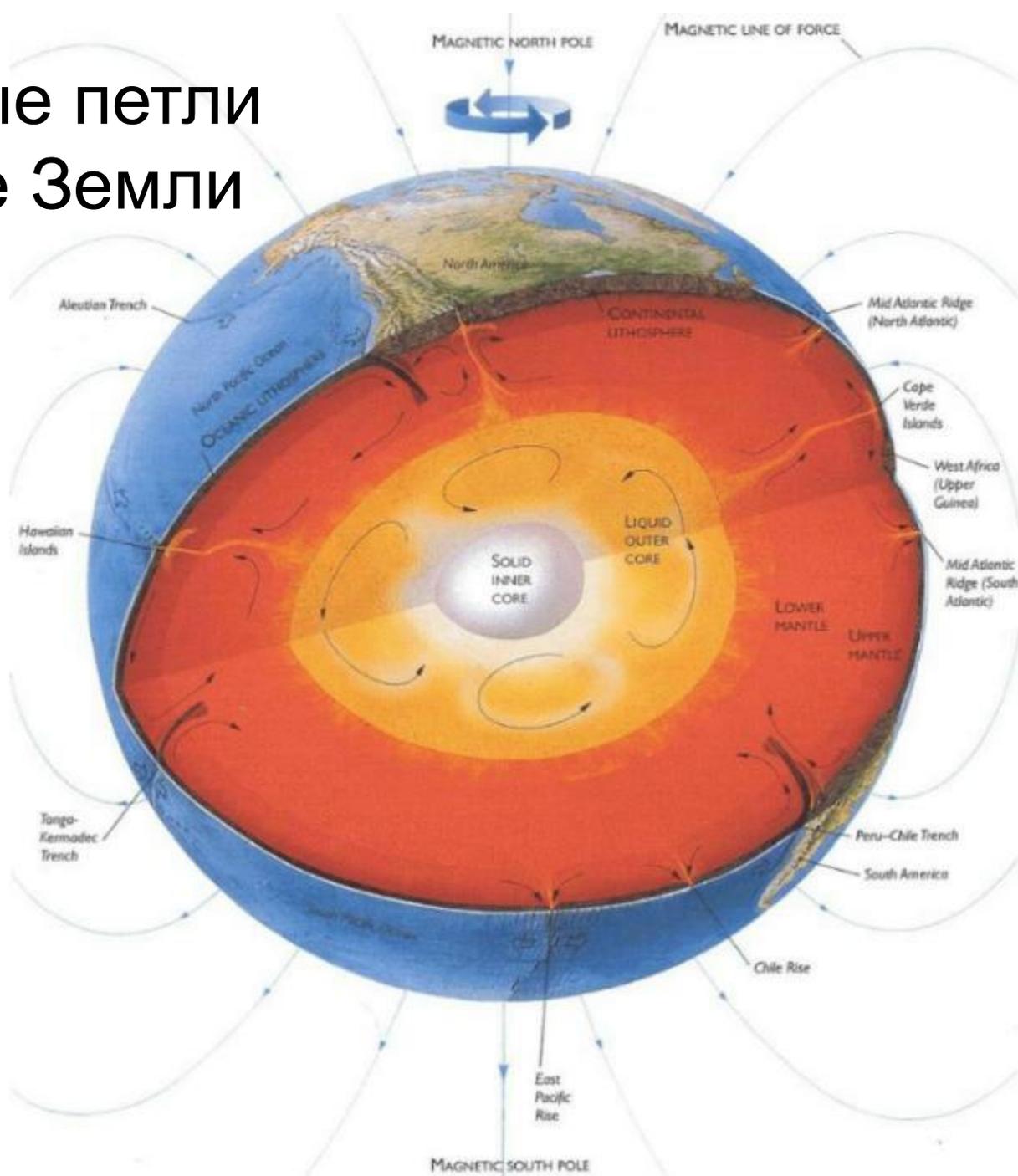
4. Инверсия геомагнитного поля



Изменение «направления» намагниченности горных пород



Токровые петли в ядре Земли



2. Гравитационное поле Земли – поле силы тяжести

Ускорение свободного падения составляет на полюсах $9,83 \text{ м/с}^2$, на экваторе - $9,78 \text{ м/с}^2$.

Массу земного шара M можно определить, зная его размеры и величину ускорения свободного падения g

Генри Кавендиш определил гравитационную постоянную, массу и среднюю плотность Земли - $5,45 \text{ г/см}^3$ (по современным данным - $5,52 \text{ г/см}^3$).

Таким образом, средняя плотность оказалась примерно в два раза выше, чем плотность горных пород у ее поверхности. Сл-но, внутренние области земного шара сложены каким-то весьма плотным веществом.

Подтверждение: железные метеориты

2. Гравитационное поле Земли – поле силы тяжести

Ускорение свободного падения составляет
на полюсах $9,83 \text{ м/с}^2$, на экваторе - $9,78 \text{ м/с}^2$.

Генри Кавендиш в 1798 г. определил гравитационную постоянную, массу и среднюю плотность Земли - $5,48 \text{ г/см}^3$ (по современным данным - $5,52 \text{ г/см}^3$).

3. Сейсмические волны

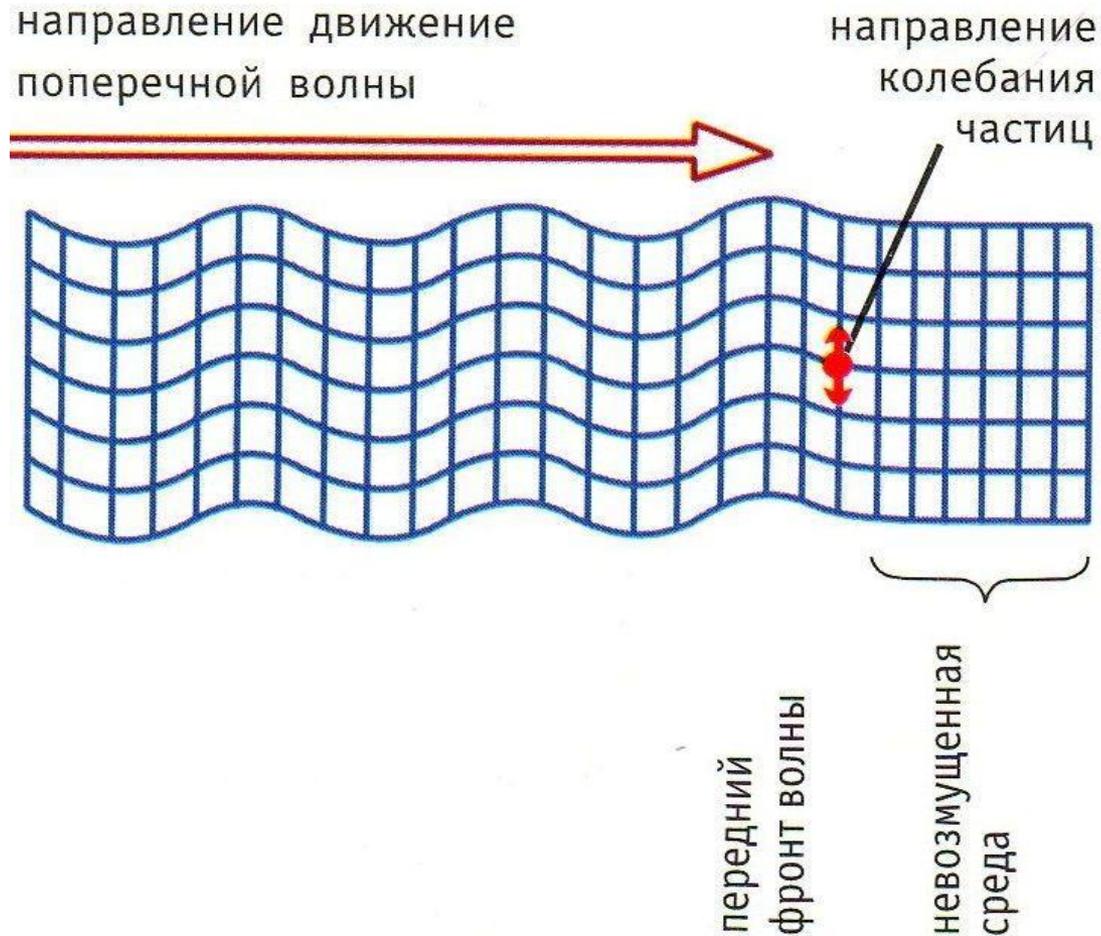
Ричард Диксон Олдгэм (1906 г.) обнаружил несколько типов сейсмических волн, меняющих скорость в различных средах, рассчитал размеры ядра

Продольные сейсмические волны



Продольные волны распространяются во всех средах

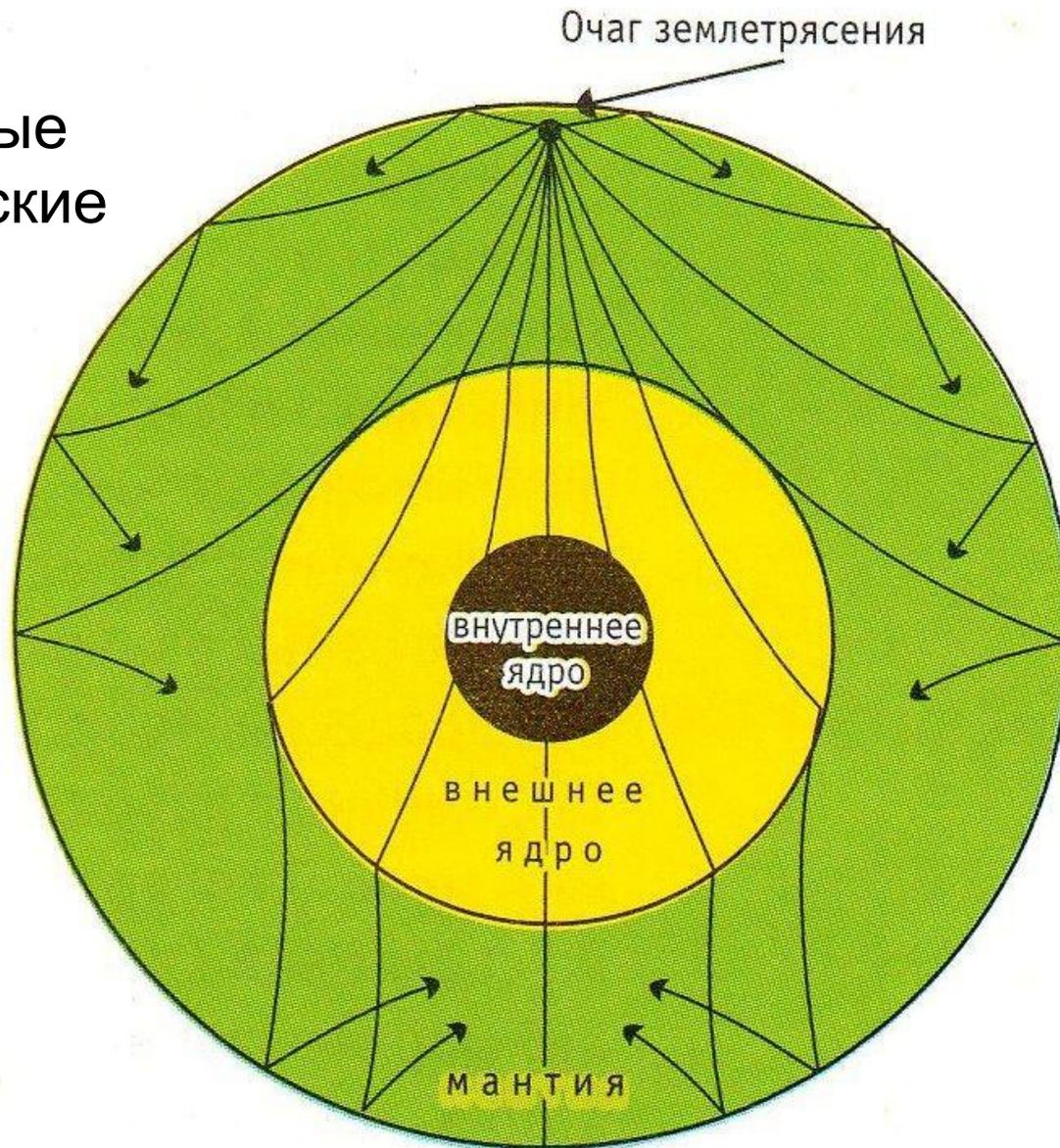
Поперечные сейсмические волны



Поперечные волны распространяются только в твердых средах, не проходят через жидкости

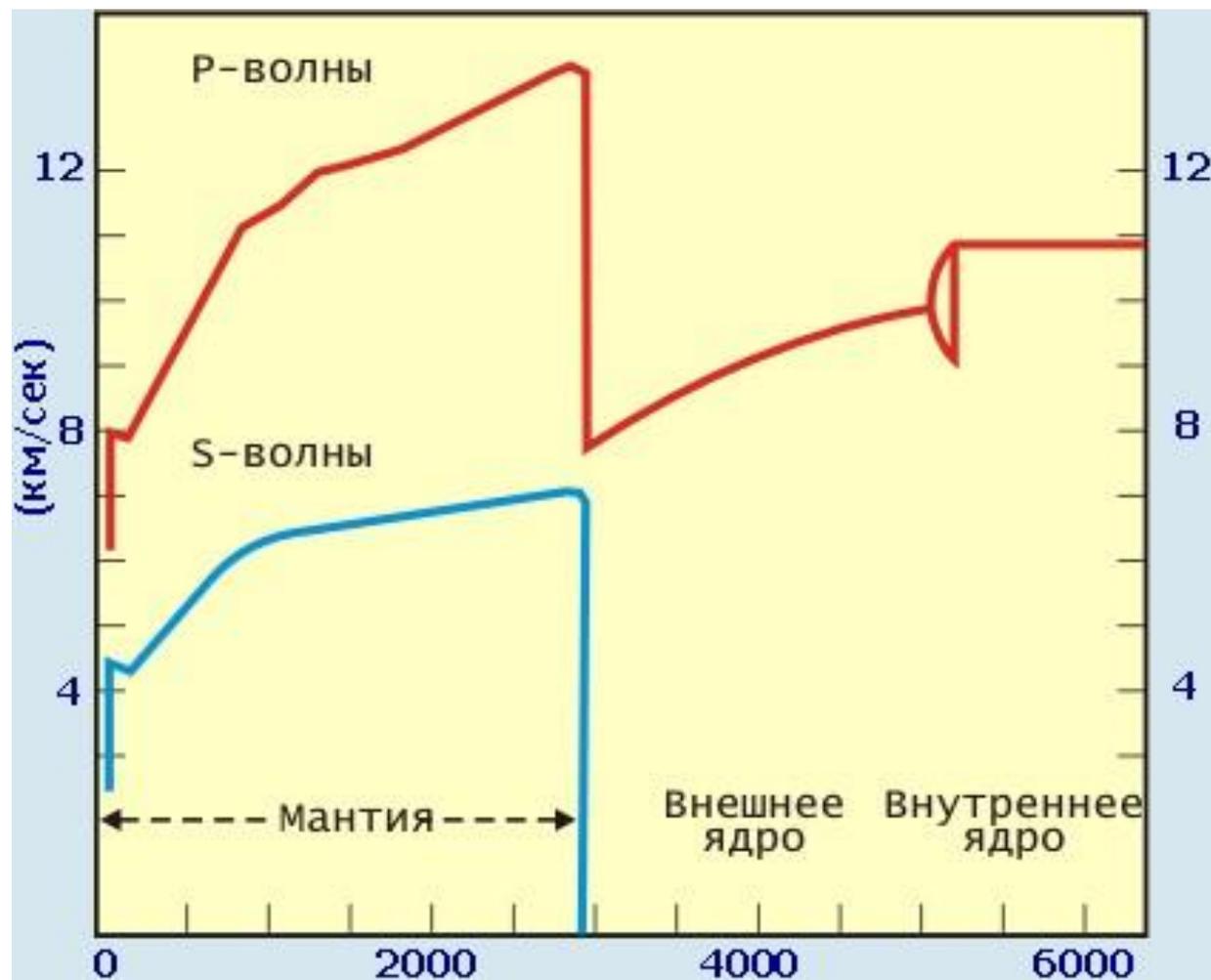
Землетрясения как метод исследования

Продольные
сейсмические
волны

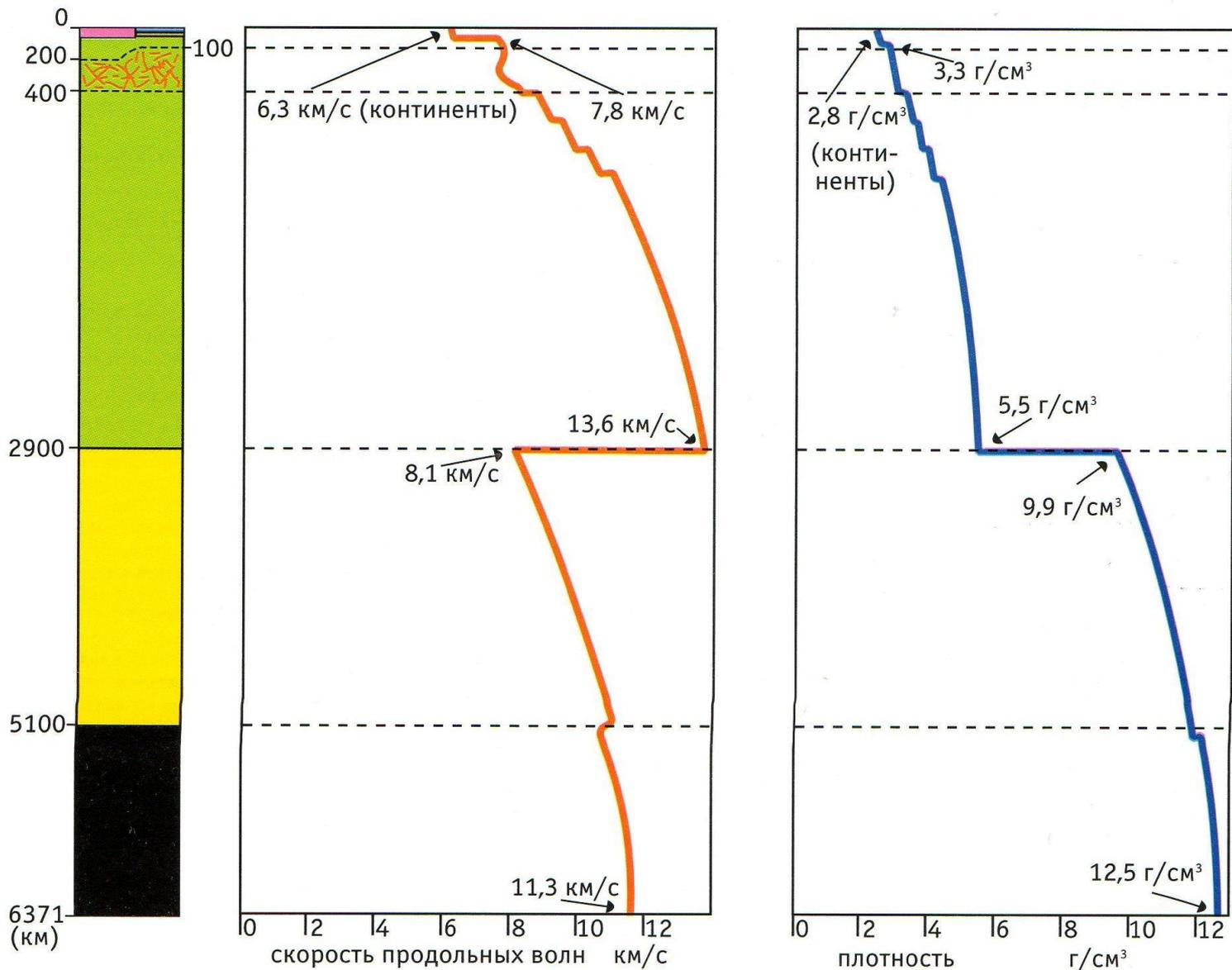


Скорость сейсмических волн P и S

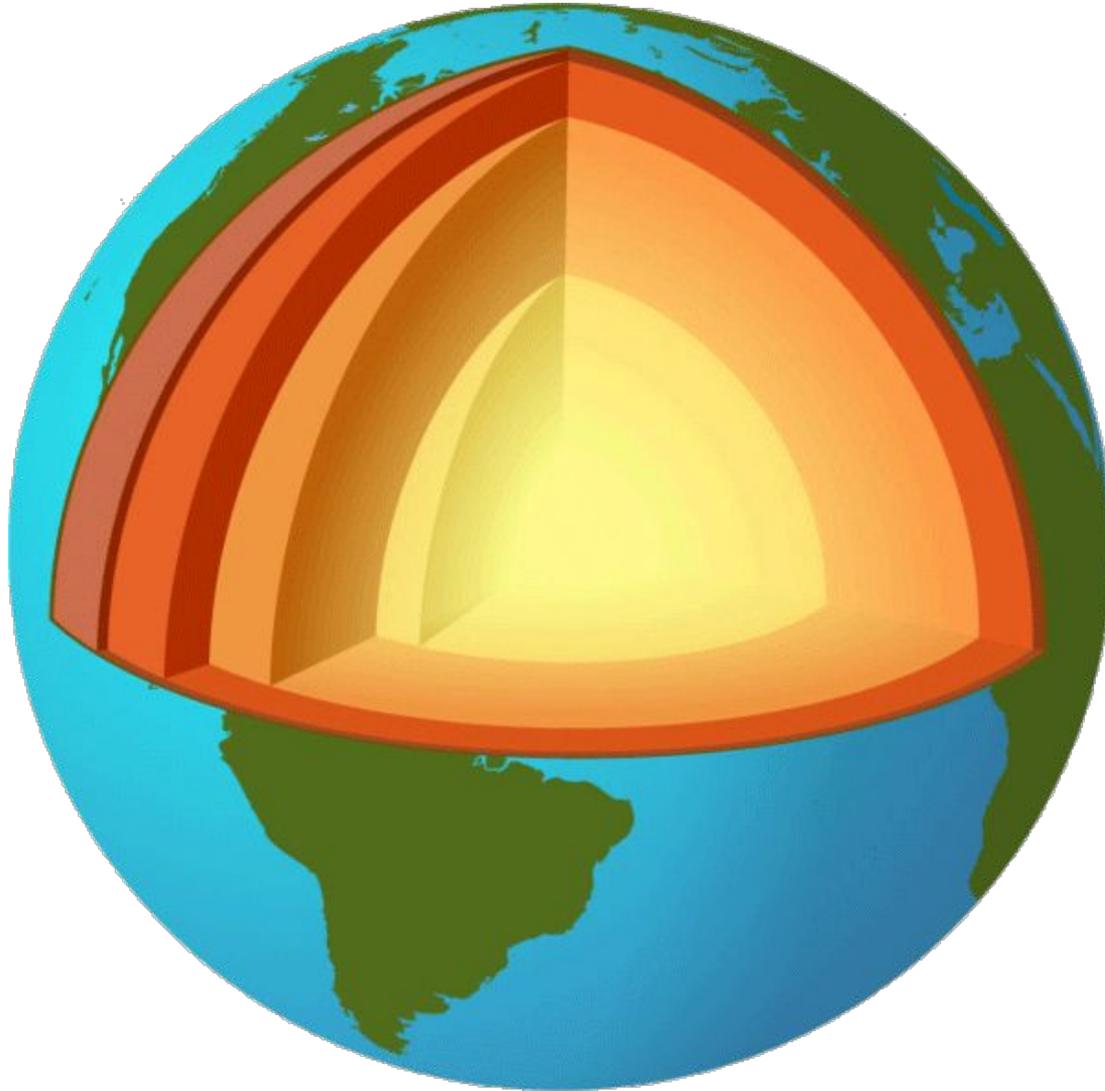
Бено Гутенберг установил границу жидкого ядра (~ 1950 г.)



Изменения скорости продольных волн и плотности вещества Земли



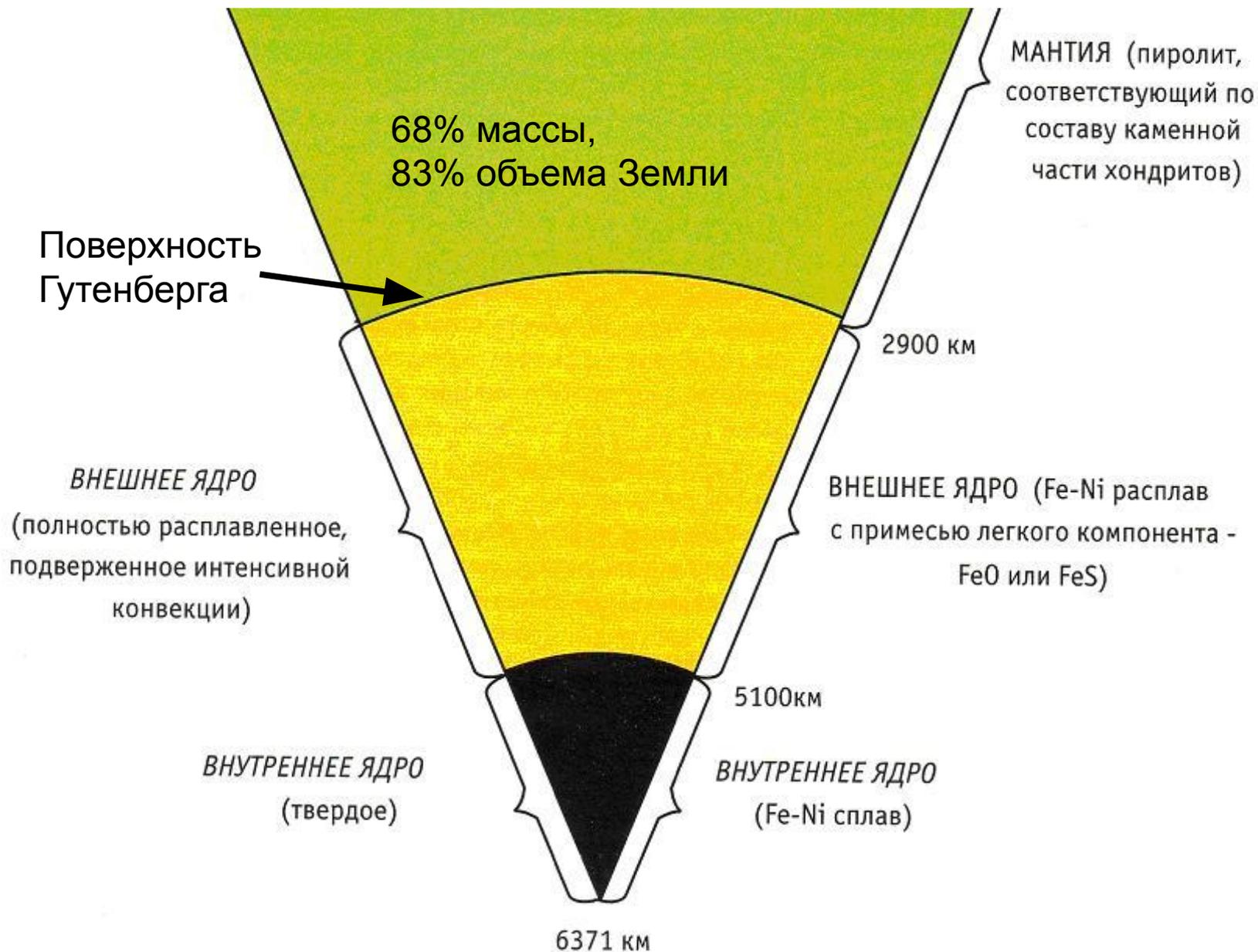
Оболочки Земли



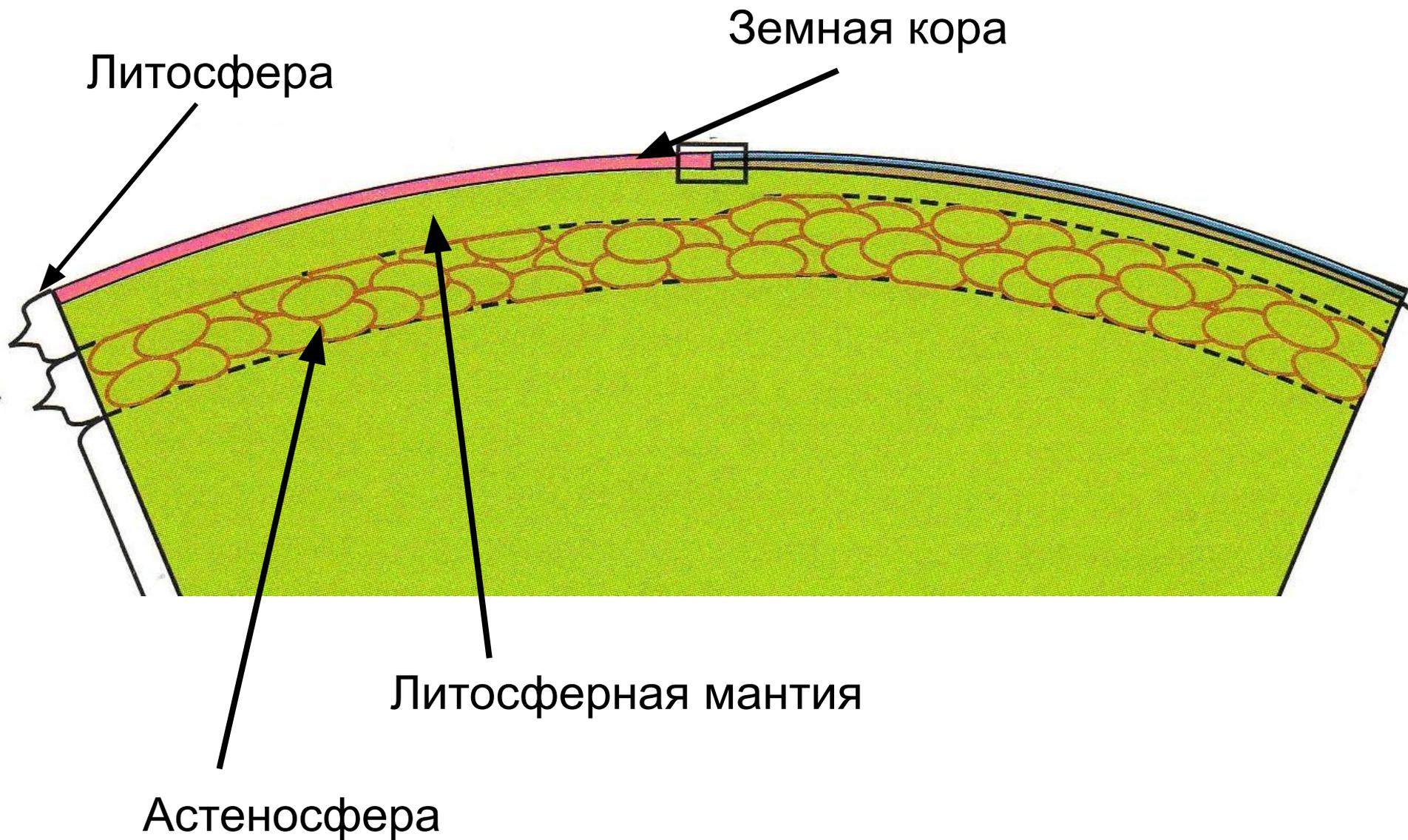
Источники сведений о глубинном строении Земли

- 1) Наблюдения за геомагнитным полем Земли
- 2) Наблюдения за гравитационным полем Земли
- 3) Измерение скоростей прохождения сейсмических волн через недра Земли
- 4) включения (ксенолиты) глубинных пород Земли в породах верхних слоев
- 5) Метеориты
- 6) Планеты земной группы
- 7) моделирование геологической эволюции Земли

Оболочки Земли



Верхние оболочки



Строение оболочек

	Геосферы	Глубина, км	Плотность, г/см ³	T н.г., °C	P, ГПа
A	Земная кора	75 (~ 40)	2,8	500 – 900	1,3 (1 атм)
B	Литосферная мантия и астеносфера	40 - 400	3,3 – 3,7	2000	21
C	Средняя мантия	400 - 650	3,7 – 4,5	2200	35
D ₁	Нижняя мантия	650 - 2700	4,5 – 5,4	3400	120
D ₂	Переходный слой	2700 – 2900	5,4 – 5,5	3700	136

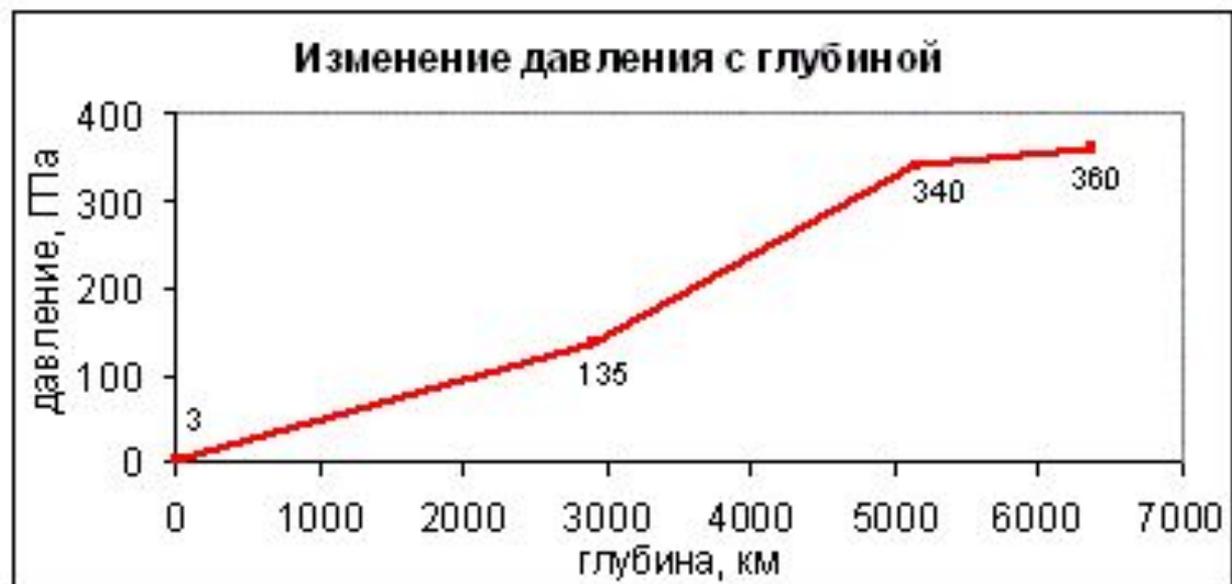
Строение оболочек (продолжение)

	Геосферы	Глубина, км	Плотность, г/см ³	Т н.г., °С	Р, ГПа
E	Внешнее ядро	2900 – 5000	10 - 12	6000	320
F (?)	Переходная зона	5000 – 5200	12 – 12,1	6500	330
G	Внутреннее ядро	5200 - 6371	12,6	6800	360

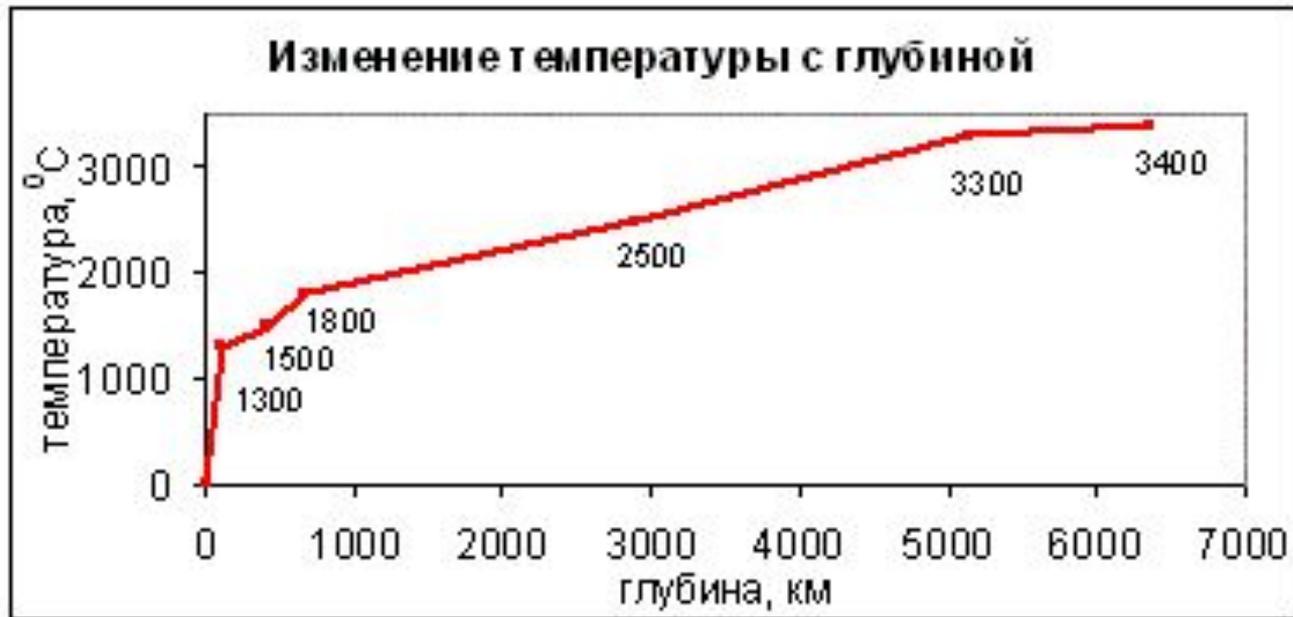
Относительная масса внутренних оболочек Земли



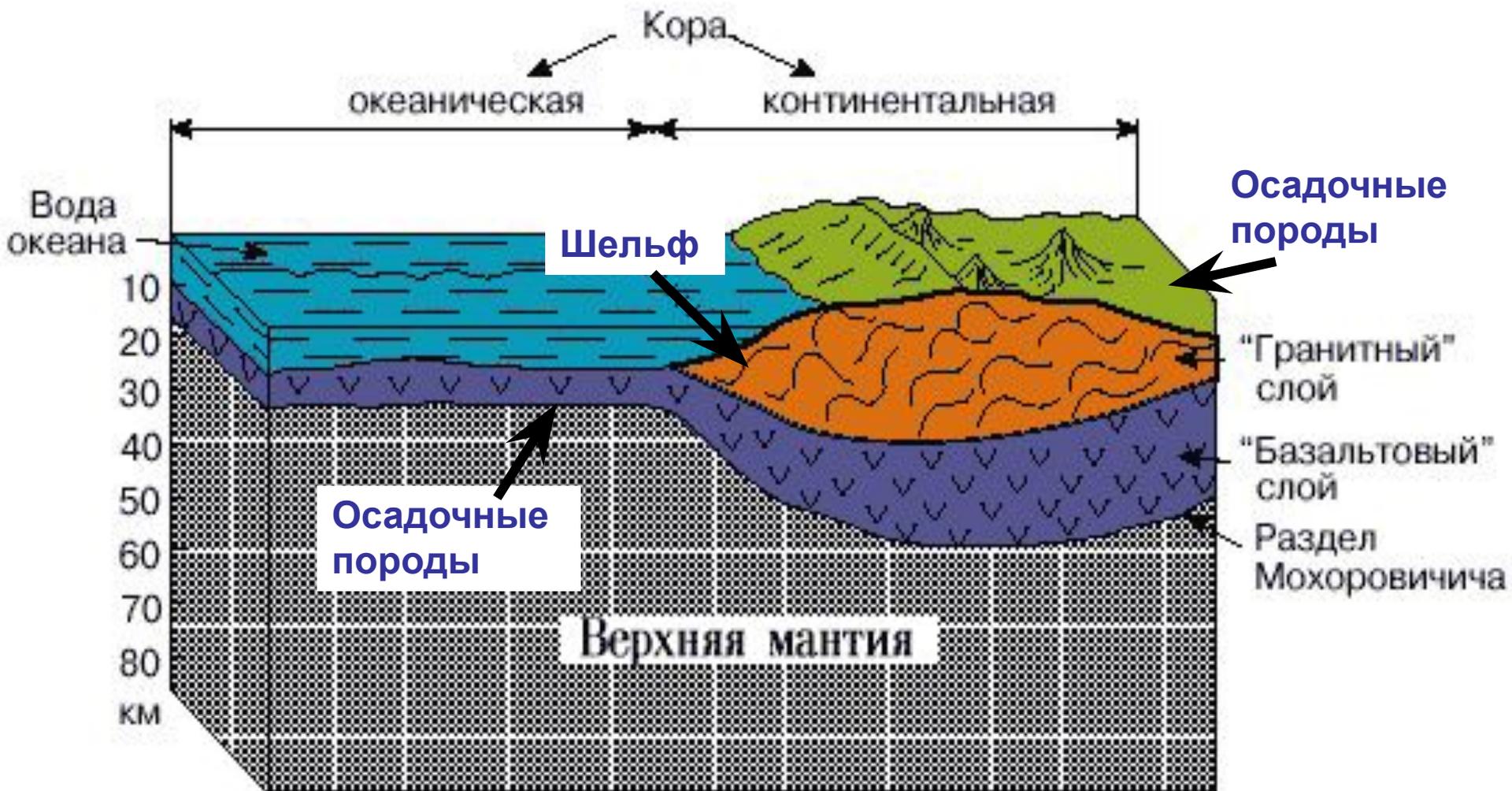
Изменение давления и плотности



Изменение температуры



Строение земной коры



Граница Мохо

Граница земной коры и мантии – граница **Мохоровичича** (**Мохо**), определена по резкому увеличению скорости сейсмических волн

Континентальная земная кора

3 слоя: «базальтовый, «гранитный», осадочный

Выделяются:

Платформы (равнинные области, где присутствуют все 3 слоя пород) – Восточно-Европейская, Сибирская, Северо-Американская, Южно-Американская, Африканская, Австралийская, Антарктическая)

Щиты (равнинные области, где кристаллические породы выходят на дневную поверхность) – Балтийский, Украинский, Алданский и др. Мощность 35 – 45 км

Складчатые области Мощность 55 – 80 км

Шельф – затопленный окраины материков

Континентальные глыбы «плавают» в мантийном веществе

Балтийский щит



Кристаллический фундамент без осадочного чехла

Платформа



Осадочный чехол на кристаллическом фундаменте.
Юг Ленинградской области, Русская платформа.

Субконтинентальная земная кора

В областях островных дуг и окраин материков

3 слоя: осадочно-вулканогенные породы (мощность 0,5 – 5 км), метаморфические породы (8 – 15 км), базальтовый слой (мощность 15 – 40 км)

Океаническая земная кора

2 слоя: базальтовый (мощность 5 – 12 км) и осадочный (мощность 1 км)

По геофизическим данным предположительно выделяется нижний слой кристаллических пород (габбро, пироксениты)

Субокеаническая земная кора – кора окраинных и внутриконтинентальных морей, повышенная мощность осадочного слоя - до 10 км

Мантия

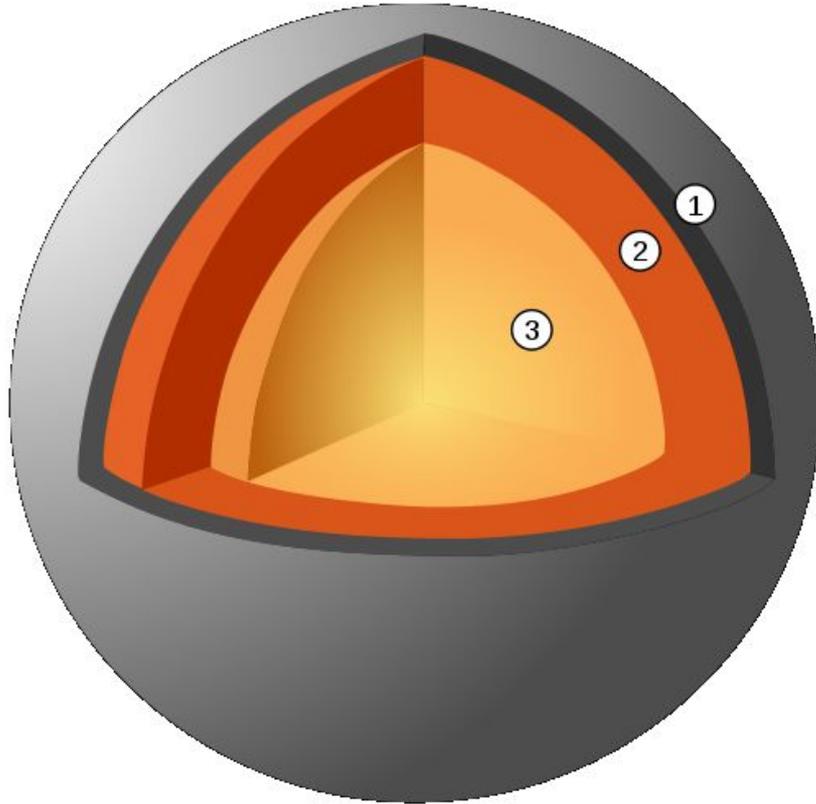
Сложена породами ультраосновного состава
в твердом, но вязком состоянии

Как определили состав мантии?

- 4) Состав пород со дна океанов (в зонах разломов коры), состав пород кимберлитовых трубок
- 5) Состав пород каменных метеоритов

Астеносфера – ослабленный менее вязкий слой,
частично расплавлен, мощность 250 км, глубина
залегания от 50 до 10 км

Меркурий

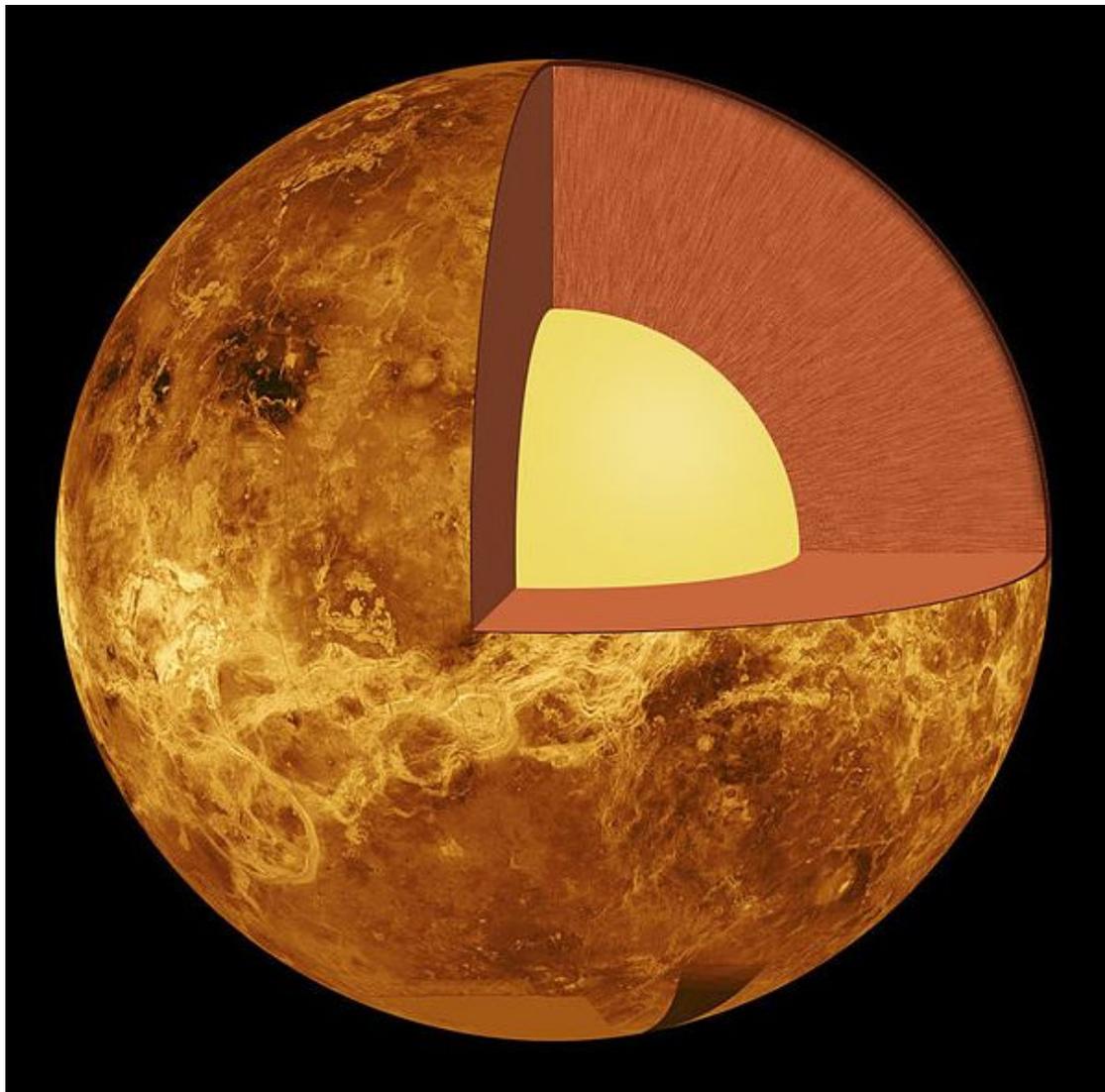


1. Кора, толщина —
100—200 км,
силикатная

2. Мантия, толщина —
600 км. силикатная

3. Ядро, радиус —
1800 км, Fe жидкое

Венера



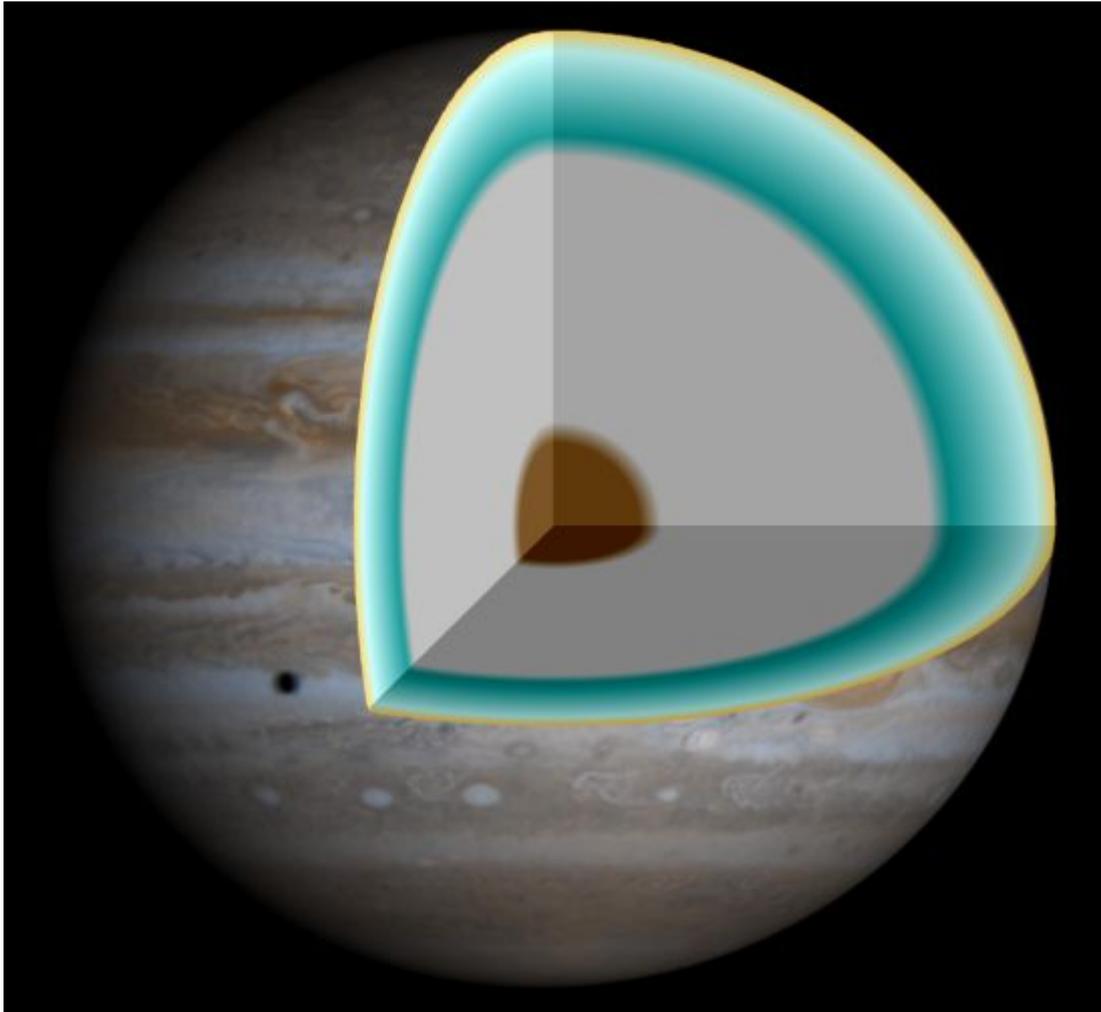
1. Кора — 16 км, силикатная.
2. Мантия, 3300 км силикатная
3. Ядро Fe, твердое

Марс



Кора – 50 км (max до 130 км),
Мантия силикатная 1800 км
Ядро – радиус 1480 км, Fe жидкое

Юпитер



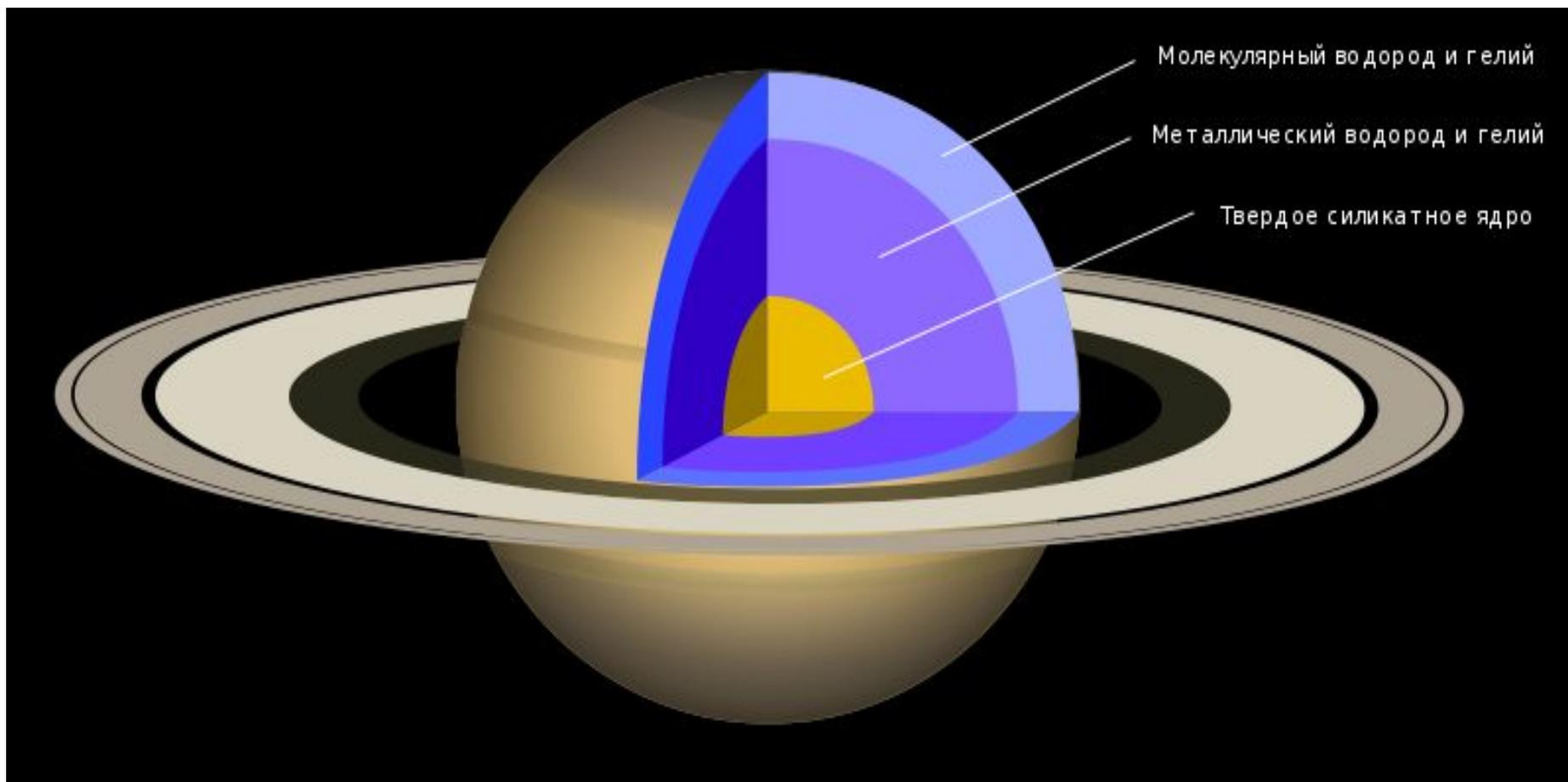
под облаками — слой смеси H_2 и He (21 тыс. км)

плавный переход от газообразной к жидкой фазе,

слой жидкого и металлического H_2 (30-50 тыс. км)

Внутри может быть твёрдое ядро (диаметр 20 тыс. км)

Сатурн



На глубине 30 тыс. км H_2 становится металлическим
ядро - силикаты, железо, лед, диаметр 25 000 км[