
Концепции современного естествознания

Лекция 9 11 апреля 2009

Чем Земля лучше Марса?

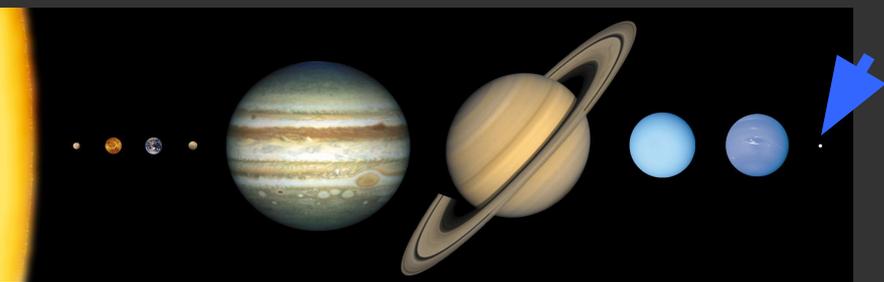
М.А. Волошина НГУ 2009

Астероиды и кометы

Два пояса астероидов:

1 – между орбитами Марса и Юпитера

2 – пояс Койпера за Нептуном



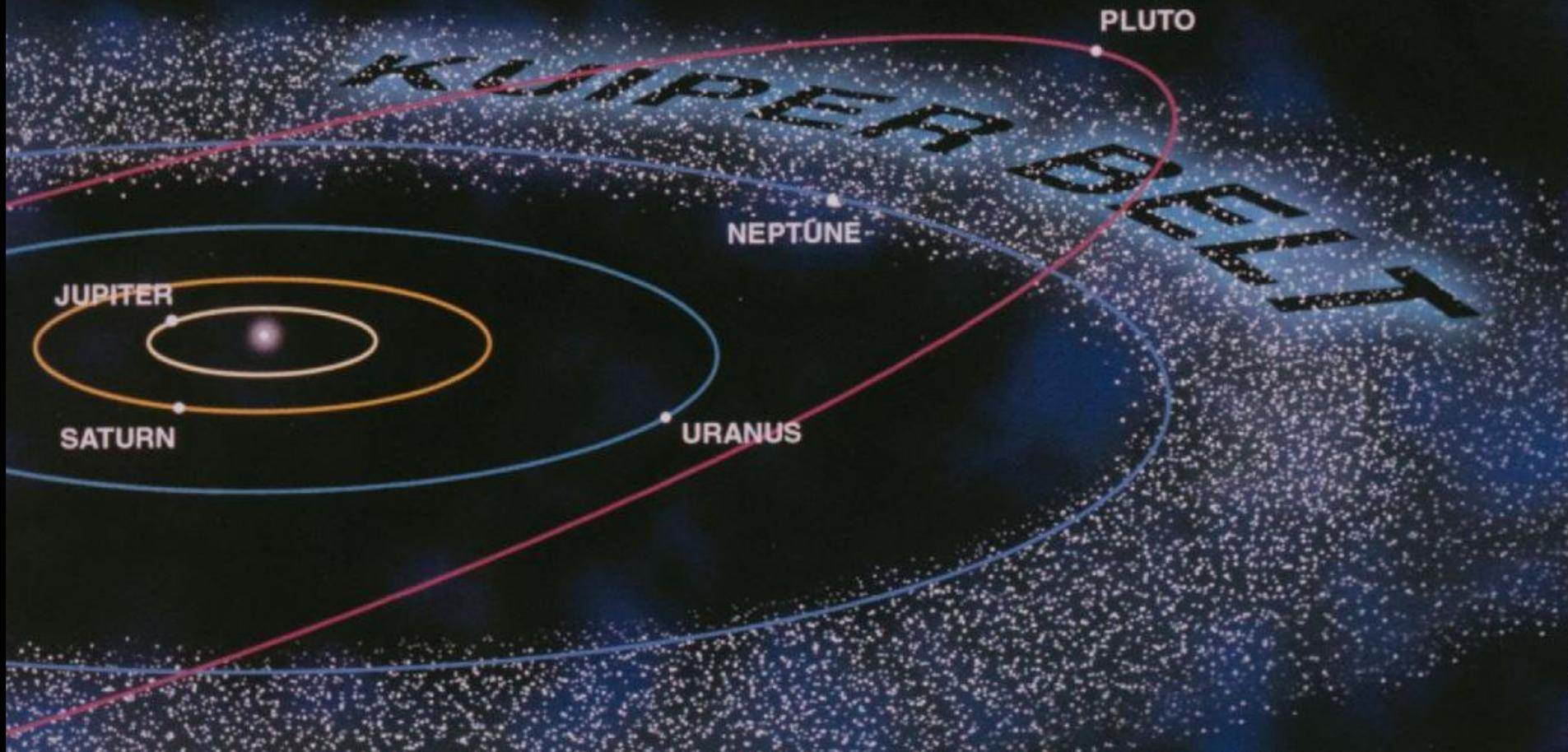
Пояс Койпера

Пояс астероидов за орбитой Нептуна
от 40 до 100 а.е.

~ 35 000 объектов \varnothing 100 км и более

Ледяные тела, кометы

Пояс Койпера



→ 100 а.е.

Крупнейшие объекты пояса Койпера

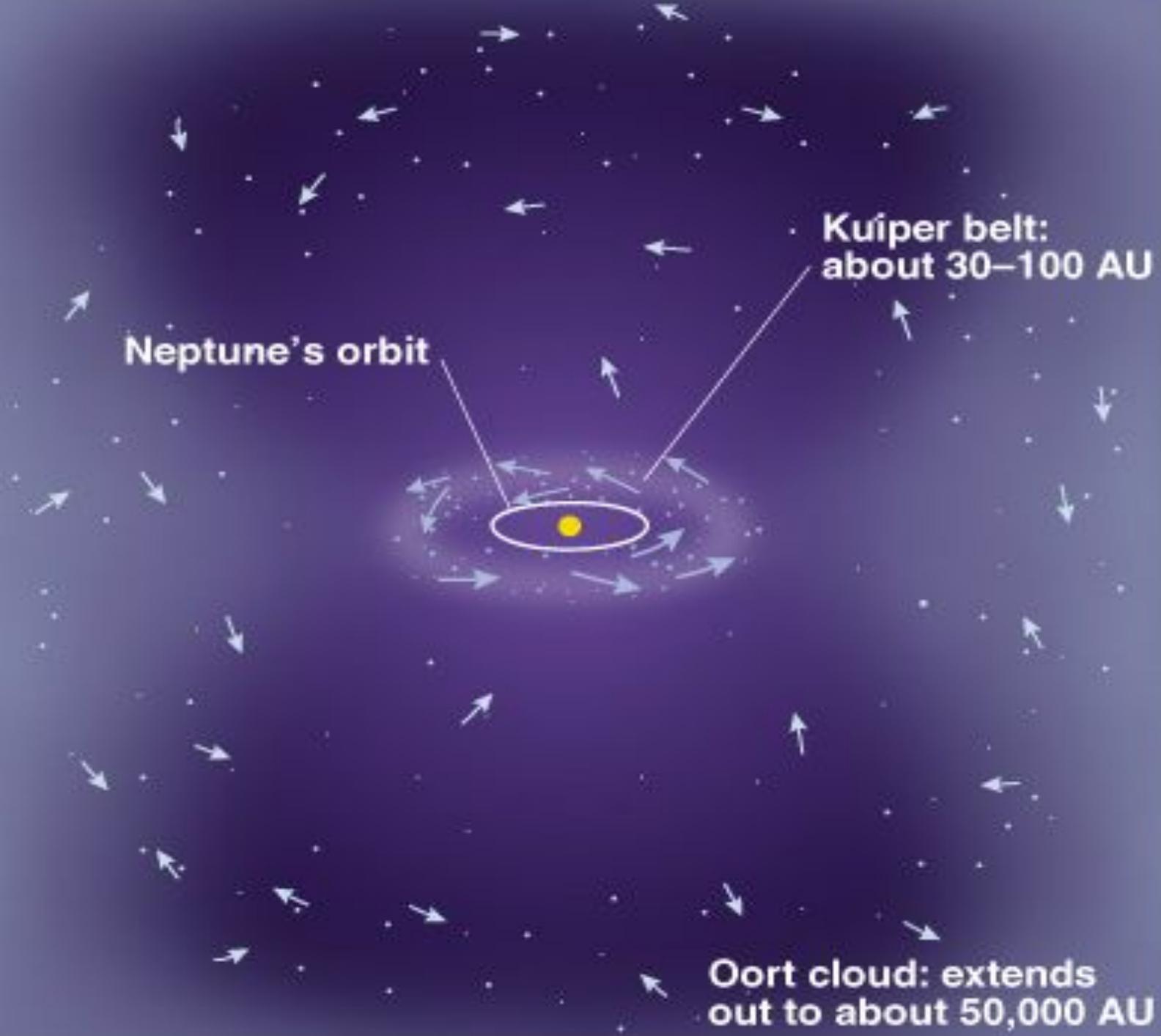


Земля R ~ 6 400 км

Облако Оорта – граница Солнечной системы

В 50-е годы датский астроном Ян Оорт заметил, что афелии (самые удаленные от Солнца точки) орбит многих комет заключены в большом сферическом облаке вокруг Солнечной системы.

Граница облака Оорта – **50-100 000** а.е. – почти световой год



Neptune's orbit

Kuiper belt:
about 30–100 AU

Oort cloud: extends
out to about 50,000 AU

Облако Оорта



**СЕДНА, возможно, принадлежит к облаку Оорта.
Большая полуось орбиты – 940 а.е. Год – 11 500 лет
Размер немного меньше Плутона**

Кометы состоят в основном из льда и пыли.

Содержат железо-кремниевые включения

Ядро кометы Wild 2



Может ли Земля столкнуться с астероидом?

Вероятность оценивается
для астероидов

больше **1 км** – 1 : **250 тысяч** лет

больше **10 км** – 1 : **100 миллионов** лет

След. Слайд – астероиды, пересекавшие орбиту Земли за 2 мес. 2002г.

Земля

Процесс образования планет условно разделен на два этапа.

На первом этапе – менее 1 млн. лет, из пылевого компонента облака образовалось множество промежуточных тел размером в сотни километров – **планетезимали**

На втором этапе планетезимали за счет гравитации сталкивались и образовывали планеты.

Энергия столкновений расплавляла их и делала планеты горячими.

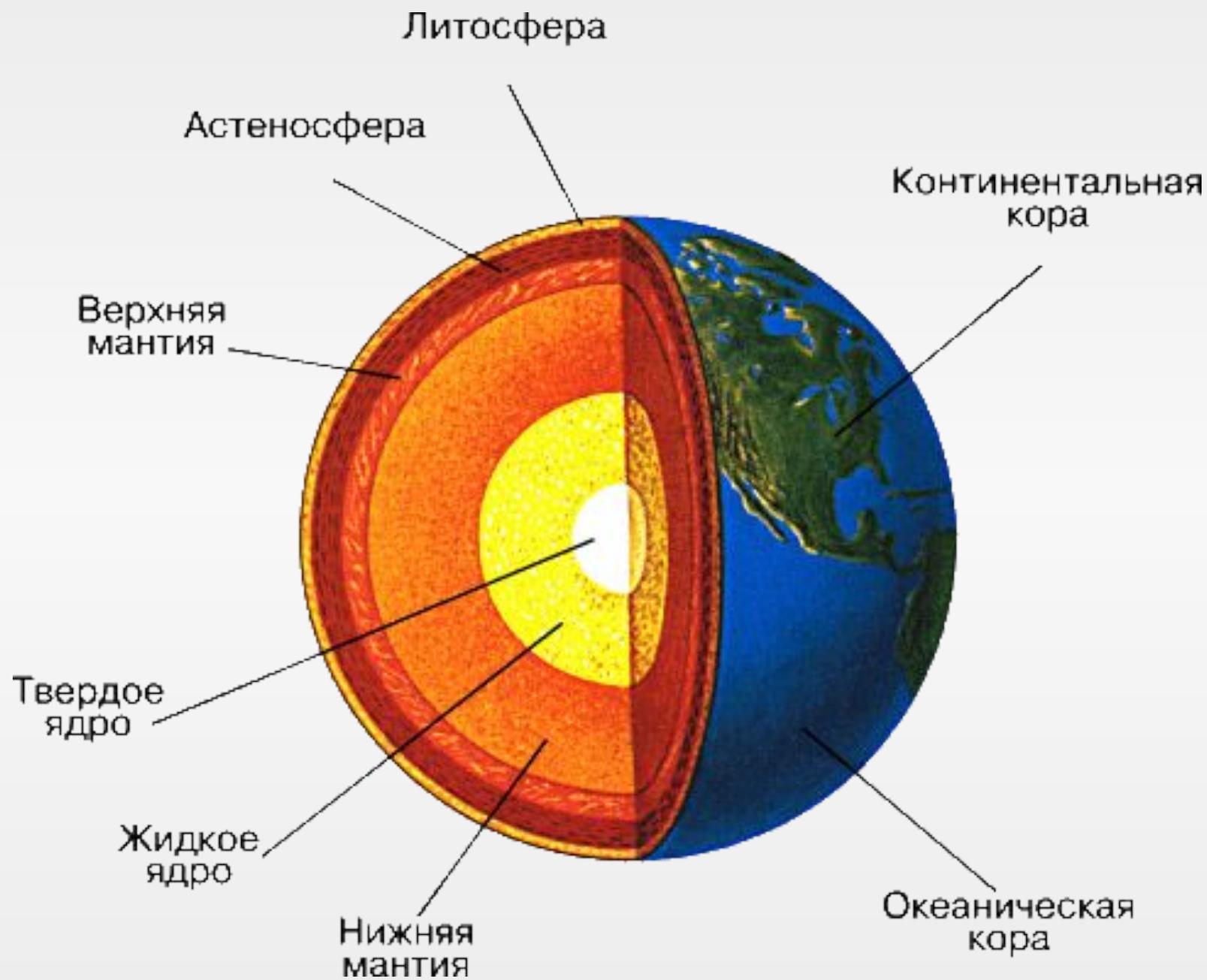
Этот этап длился десятки миллионов лет – пока орбиты планет не были расчищены.



(c) ISAS/JAXA
Image: Koji Kanba

Планеты разогревались за счет энергии

1. **Столкновений**
2. **Гравитационной конвекции** – тяжелые элементы опускались к центру, а легкие – поднимались на поверхность
3. Распада **радиоактивных** элементов в недрах



Температура в центре железного ядра Земли до сих пор ~ **6 500 K** – больше, чем на поверхности Солнца

Внутреннее ядро твердое из-за высокого давления

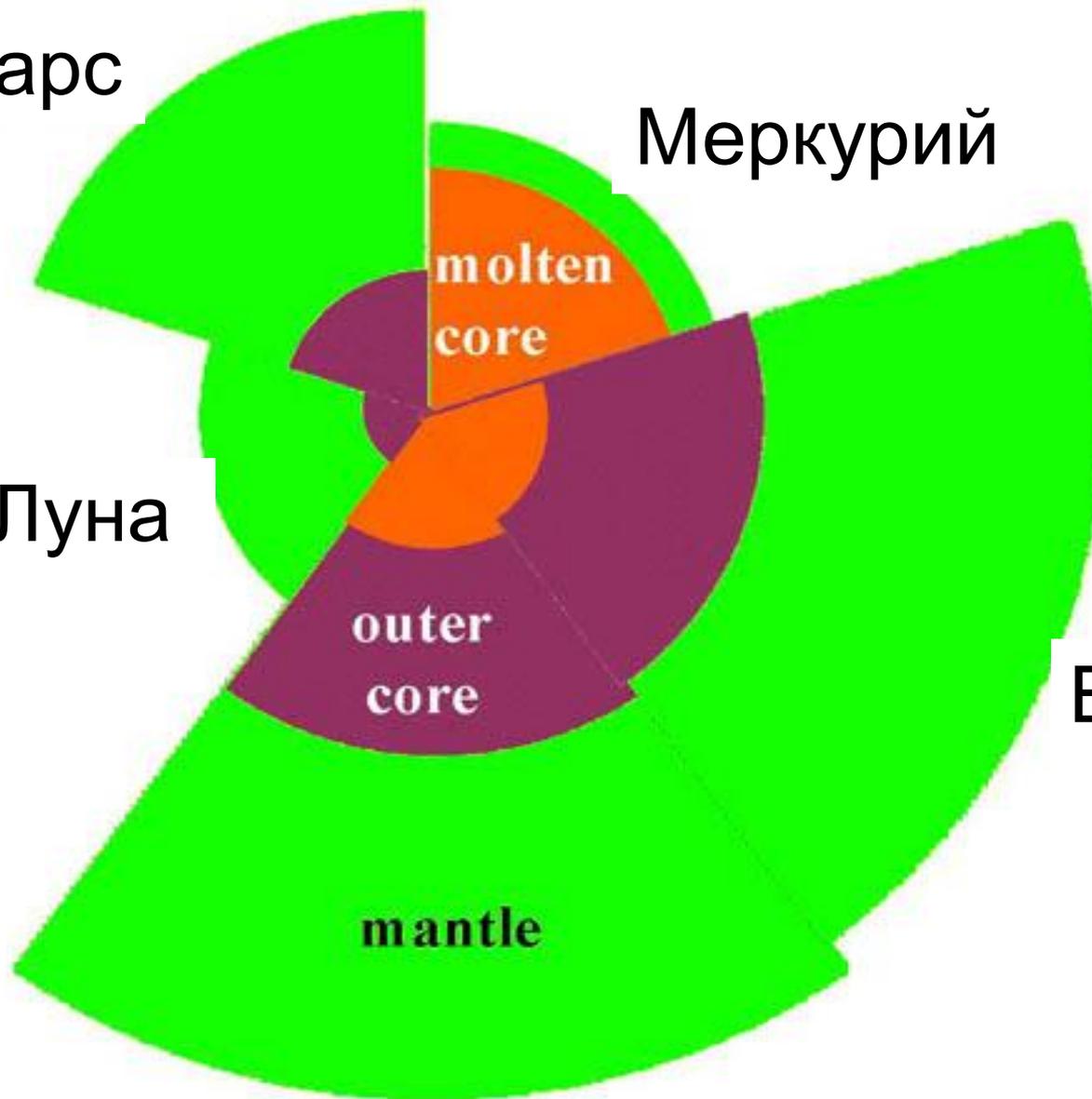
Марс

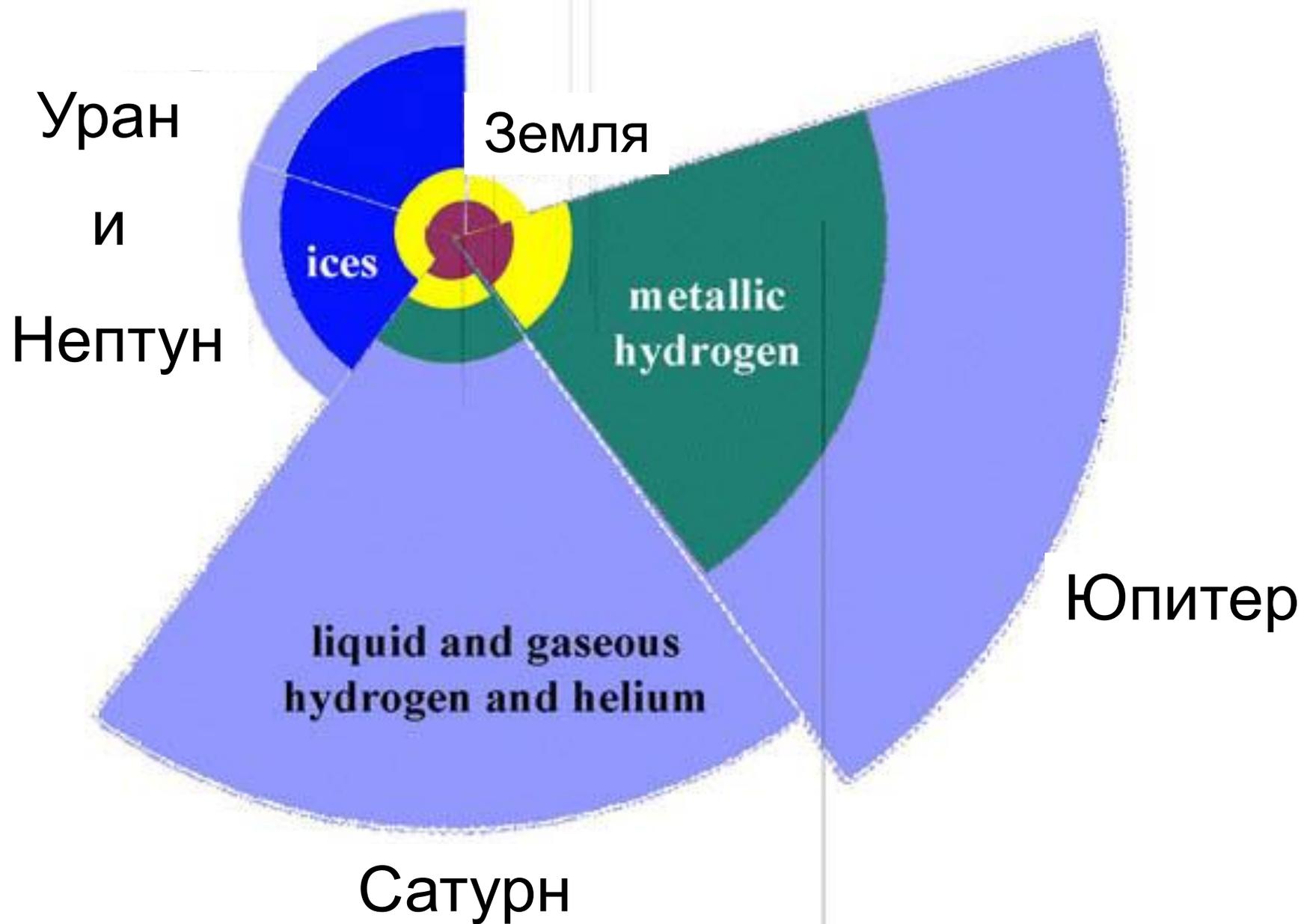
Меркурий

Луна

Венера

Земля





Определение возраста Земли

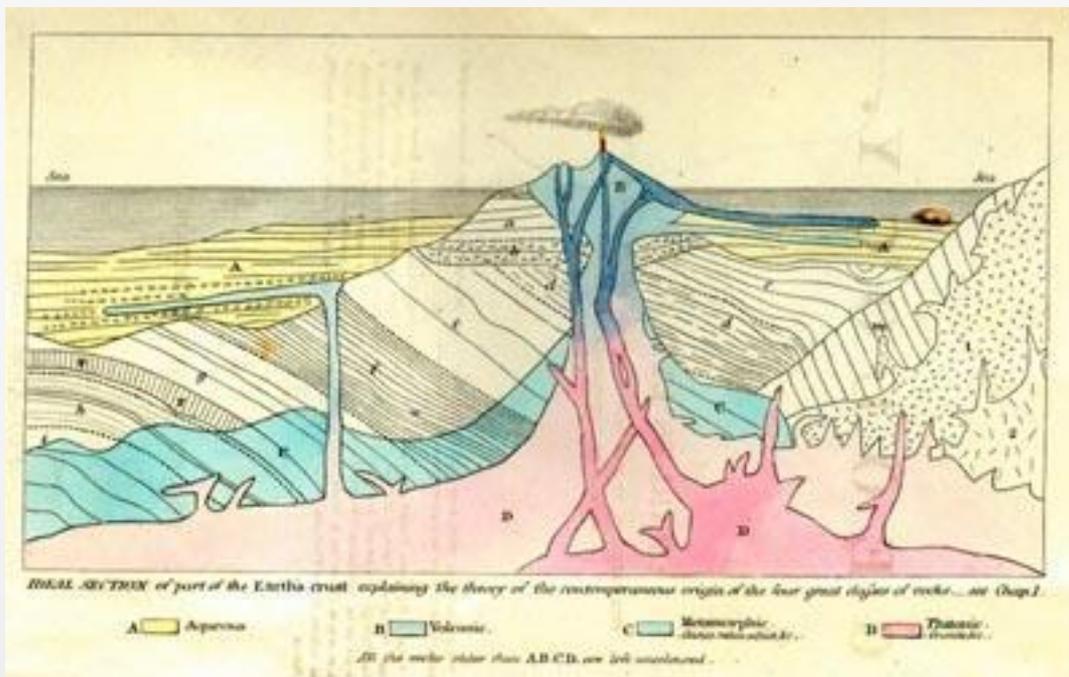
Принцип актуализма. (Чарлз Лайель, 1830)

Геологические процессы в прошлом должны были протекать примерно с той же скоростью, что и ныне.

Первый метод.

Лайель определял возраст **по толщине осадочных пород**

Время, необходимое для образования только тех пород, что доступны для прямого изучения, оказалось **несколько сотен миллионов лет.**



Основы геологии, 1830



Чарльз Лайель

Определение возраста Земли

Второй метод – **радиоизотопный**
(Эрнест Резерфорд, 1990-е)

- Основа: период полураспада изотопа не зависит от внешних условий.
- Датировку породы проводят одновременно по нескольким изотопам:

Уран и торий → свинец и гелий

Калий → аргон и кальций

Рубидий → стронций

Радиоизотопный метод
определяет время, прошедшее
с тех пор, как порода в
последний раз была в
расплавленном состоянии

Периоды полураспада используемых для датировок элементов

^{238}U – 4,51 млрд. лет

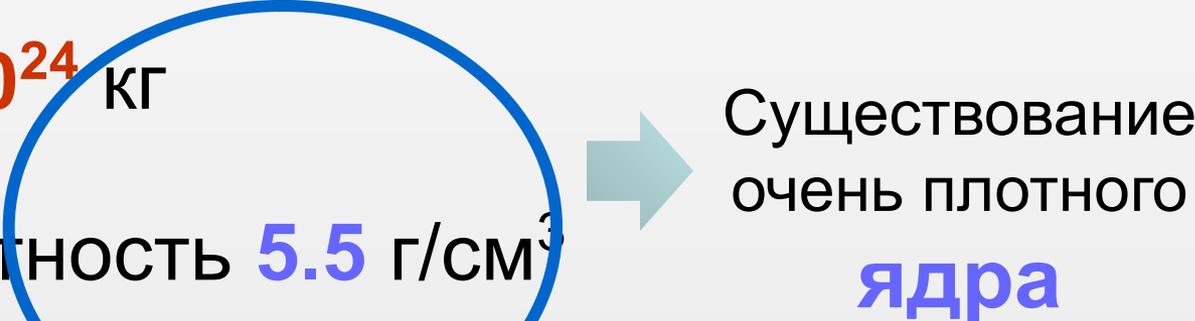
^{235}U – 0.710 млрд. лет

^{232}Th – 13,9 млрд. лет

^{40}K – 1.30 млрд. лет

^{14}C – 5 730 тыс. лет.

- Древнейшие породы на **Земле** – **4.2** млрд лет (недавно найдены в Австралии)
- Каменные **метеориты** – половина от **3.6** до **4.6** млрд. лет, остальные моложе (обломки планет и астероидов?)
- **Лунный** грунт – не менее **4.4** млрд
- Фаулер, Хойл, 1961: Последний космический ядерный синтез, повлиявший на состав протосолнечного вещества, мог произойти **4,7 + 0,1** млрд. лет назад.

- Возраст ЗЕМЛИ **4.6 млрд.лет**
 - Среднее расстояние от Солнца **150 млн. км**
 - Самое большое в Солнечной системе
соотношение масс спутник : планета: **1 : 81**
(выше только Харон / Плутон)
 - Радиус ~ **6 400 км**
 - Масса ~ **$6 \cdot 10^{24}$ кг**
 - Средняя плотность **5.5 г/см^3**
 - Плотность коры **2.3 г/см^3**
- 
- Существование
очень плотного
ядра

Рецепт Земли

железо – 32,1 %

кислород – 30,1 %

кремний – 15,1 %

магний – 13,9 %

сера – 2,9 %

никель – 1,8 %

кальций – 1,5 %

алюминий – 1,4 %

остальные элементы – 1,2 %.

Углерод (в коре)
– 0.27%

Земля в Гадее



© 2001 Brooks/Cole Publishing/ITP

4.6 млрд. лет назад Земля была

- Быстро вращающейся, горячей – более **1000°** и безводной
- Продолжались бомбардировки кометами и астероидами
- Континентов нет
- Высокая вулканическая активность



Примерно через 200 млн. лет Земля остыла до температуры, когда могла существовать жидкая вода

Вода и атмосфера были

- 1) принесены кометами
- 2) пары вулканов

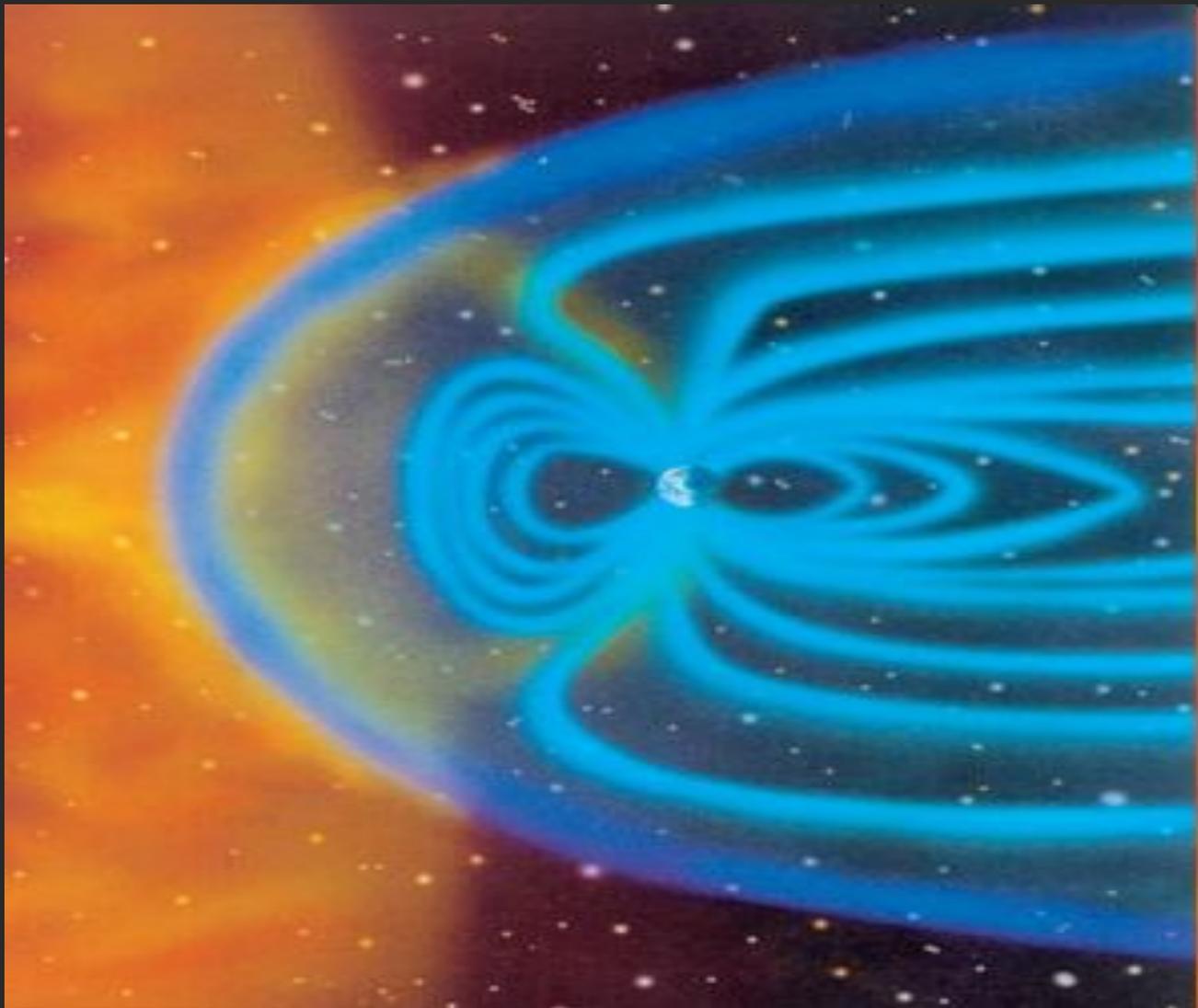
Гадей 4.6 – 4.0 млрд. лет назад

- Луна была гораздо ближе ~ 17 тыс.км (сегодня – 384 тыс. км)
- Сутки в гадее длились около **6 часов**
(становятся длиннее ~ на 4 часа каждый миллиард лет)

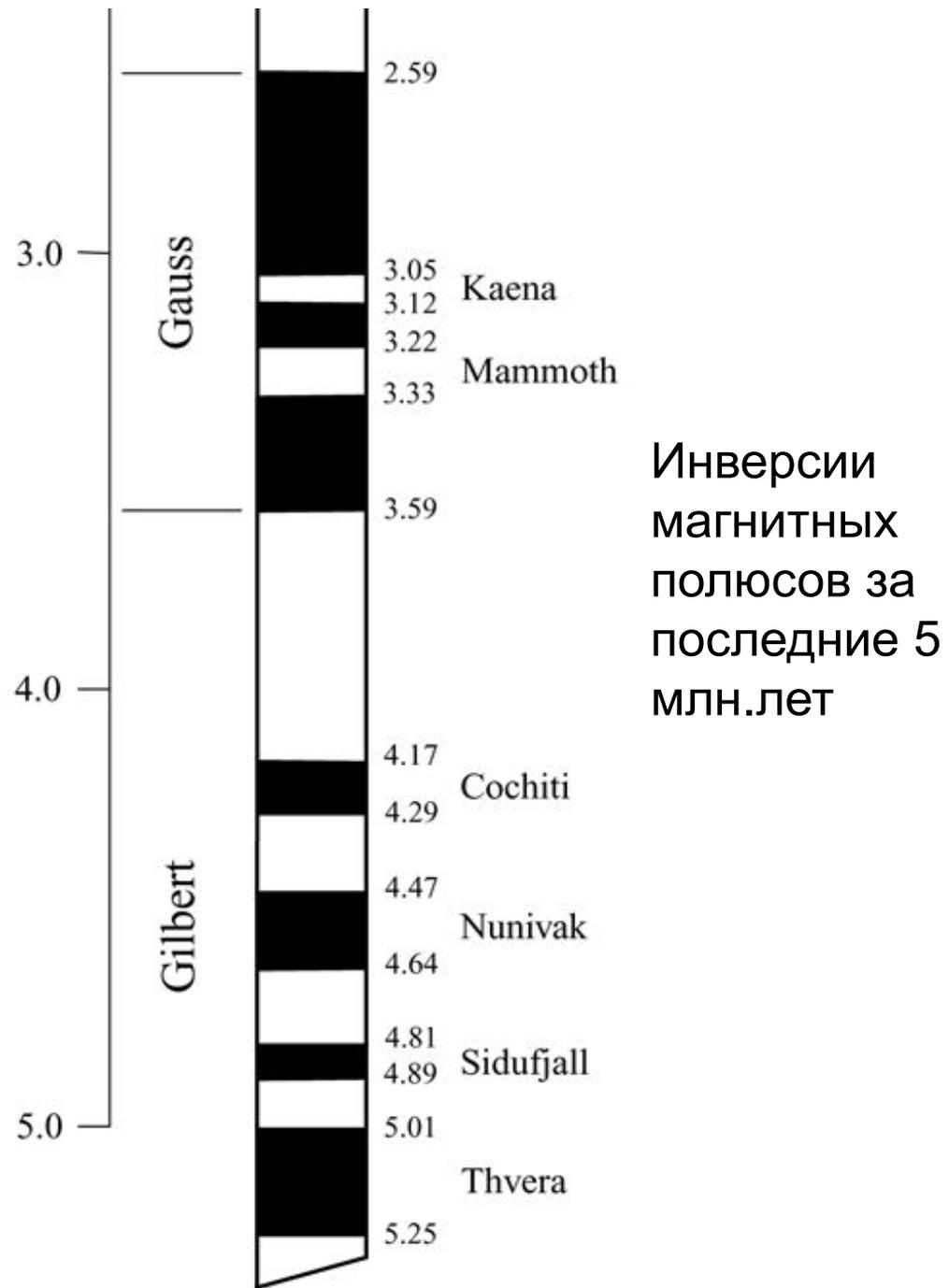
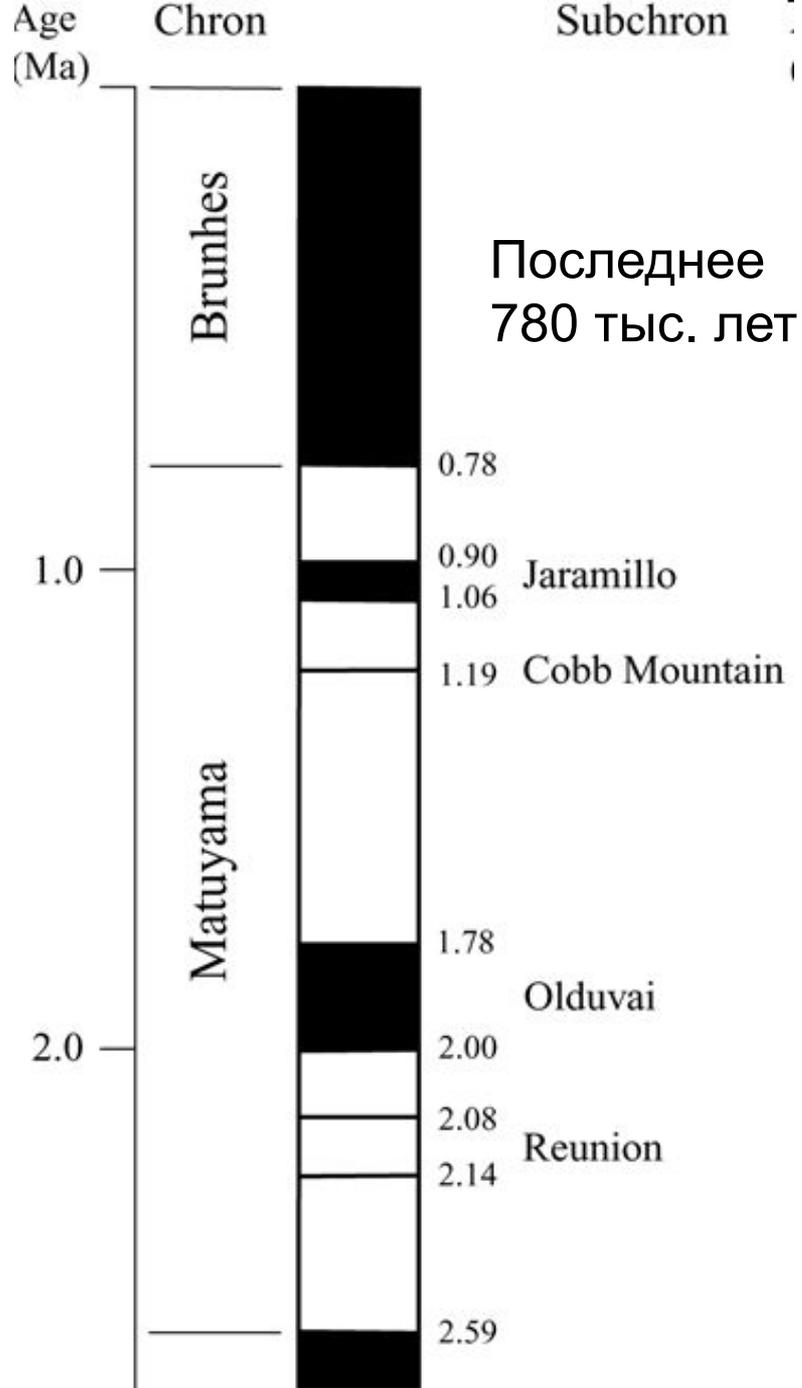
Гипотеза возникновения Луны от столкновения Земли с другой протопланетой размером с Марс



4.5 млрд. лет назад –
возраст лунных пород



Магнитное поле Земли – защита от солнечного ветра
(потока ионов: гелиево-водородной плазмы)



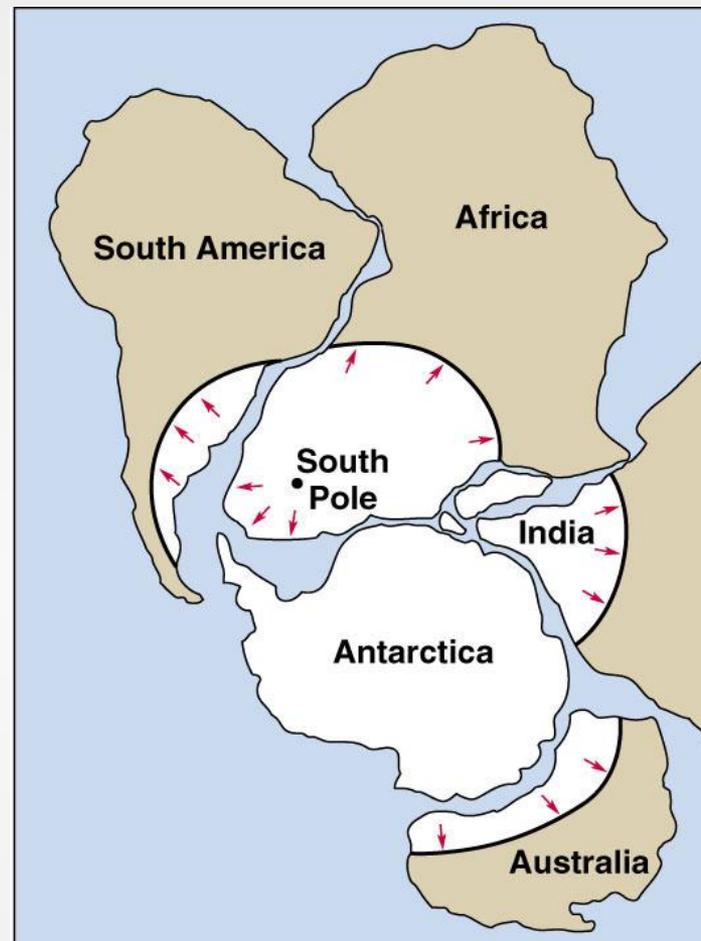
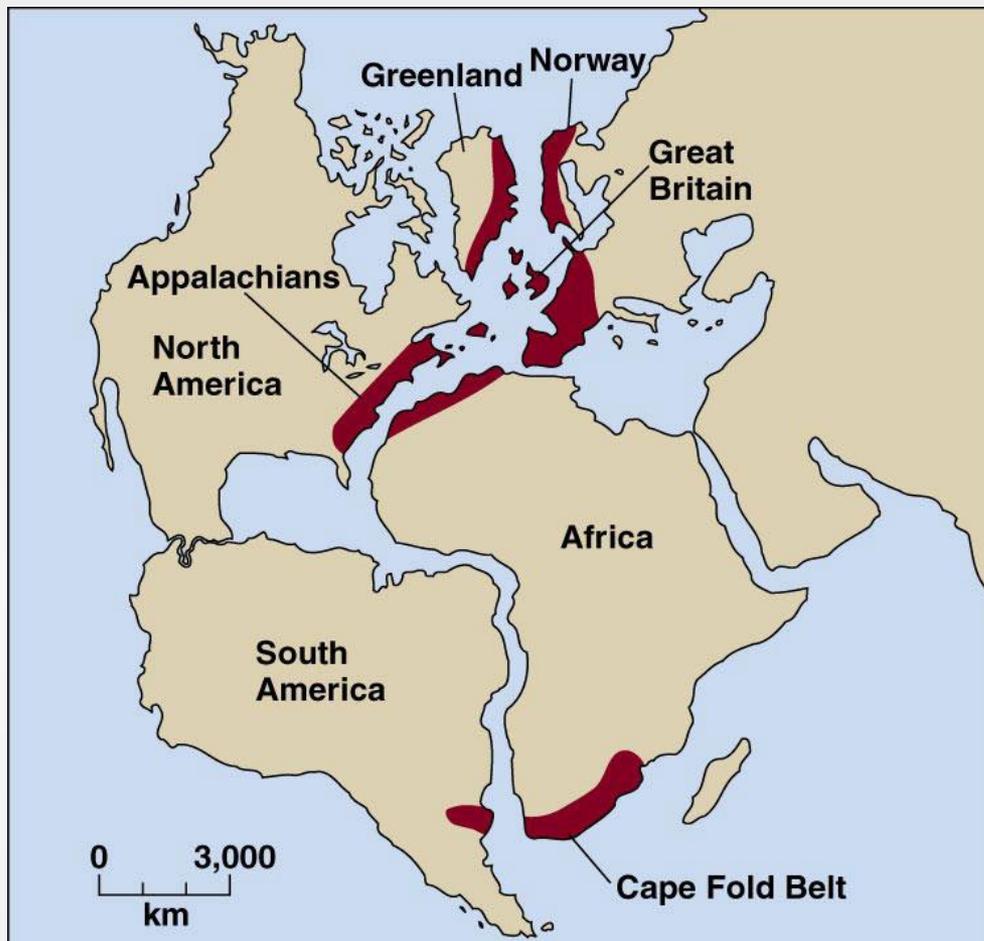
Дрейф континентов (спрединг)



1912



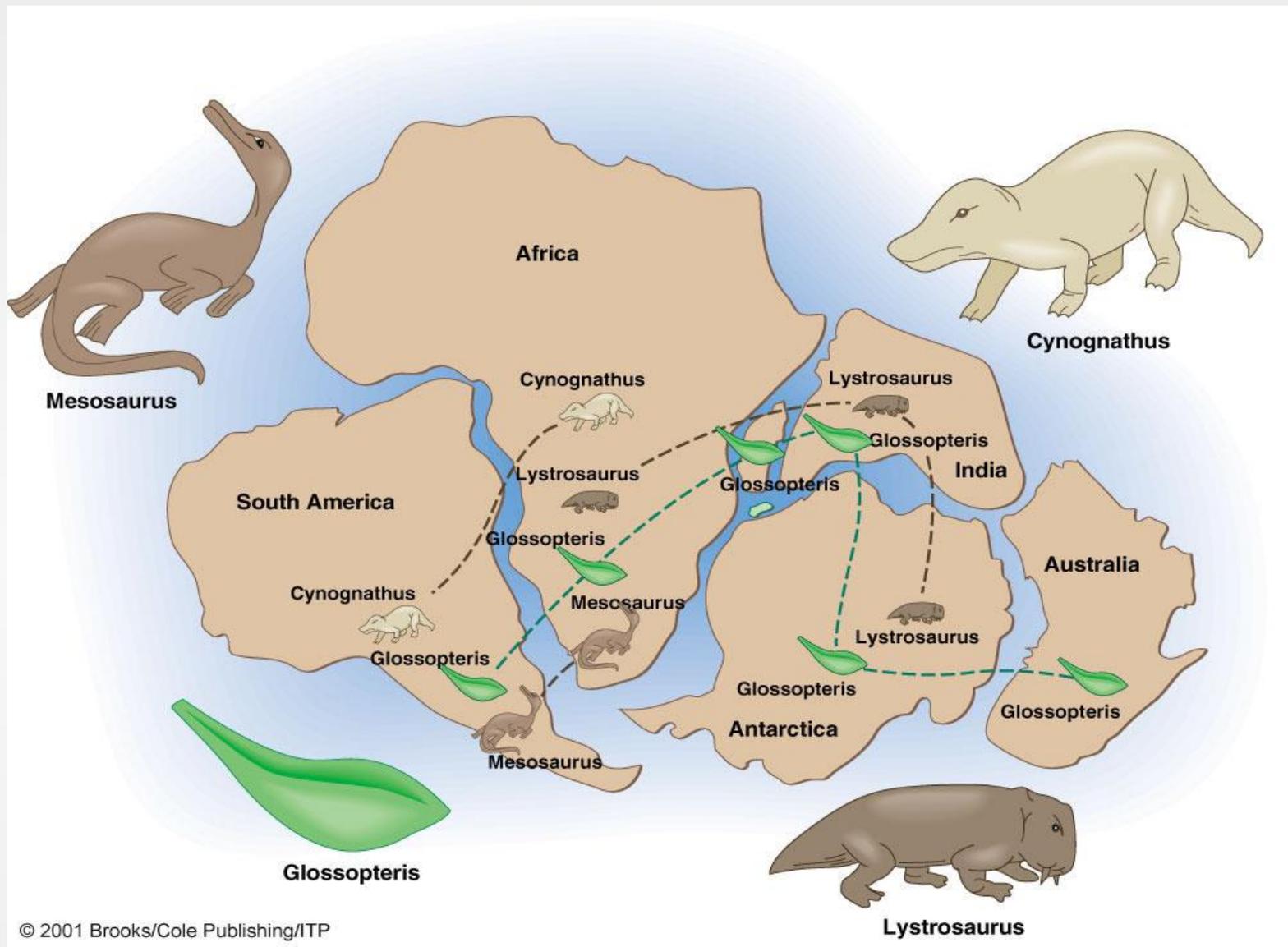
Альфред Вегенер



Горные цепи

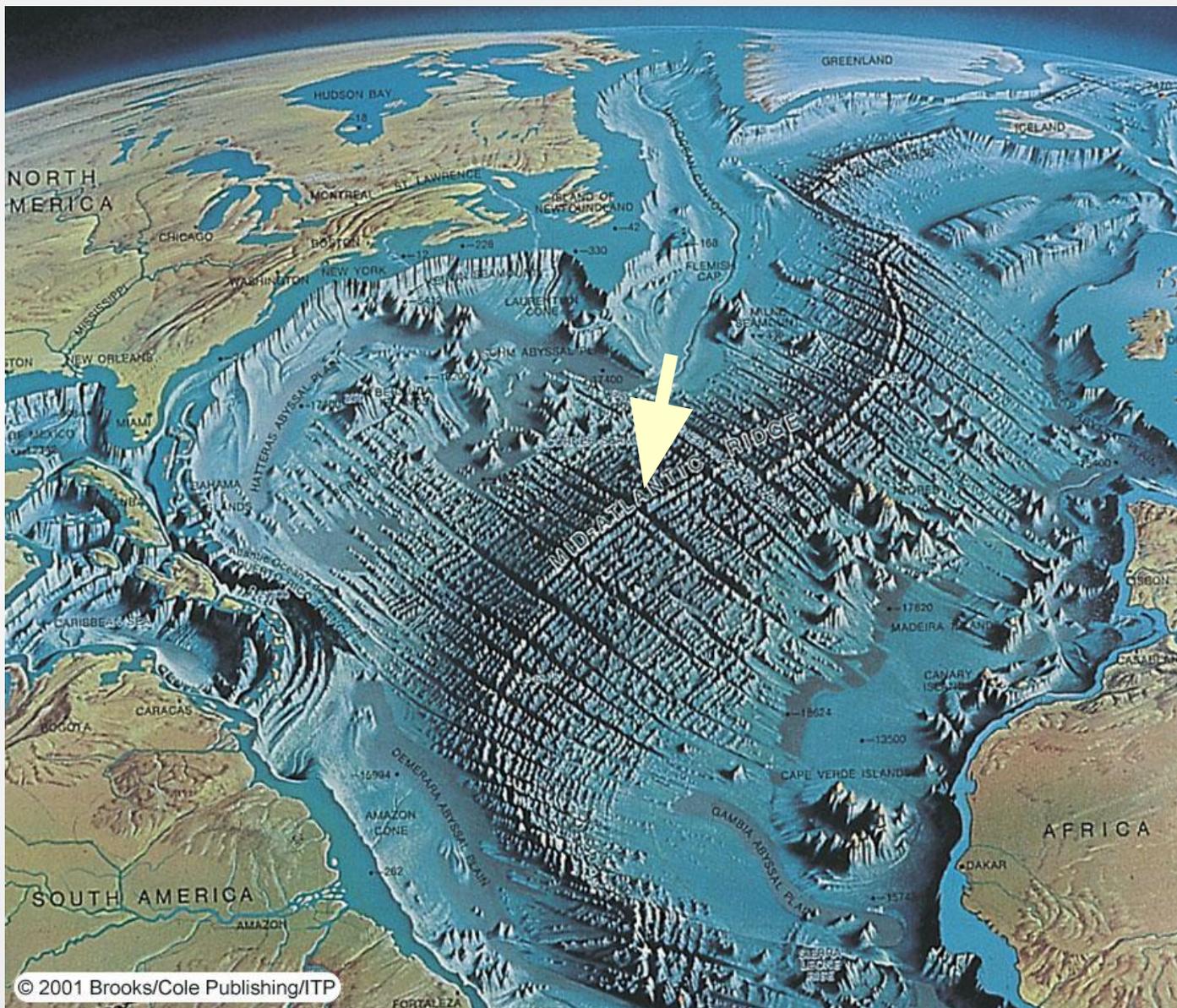
Пангея 200 млн. лет назад

Следы древнего оледенения

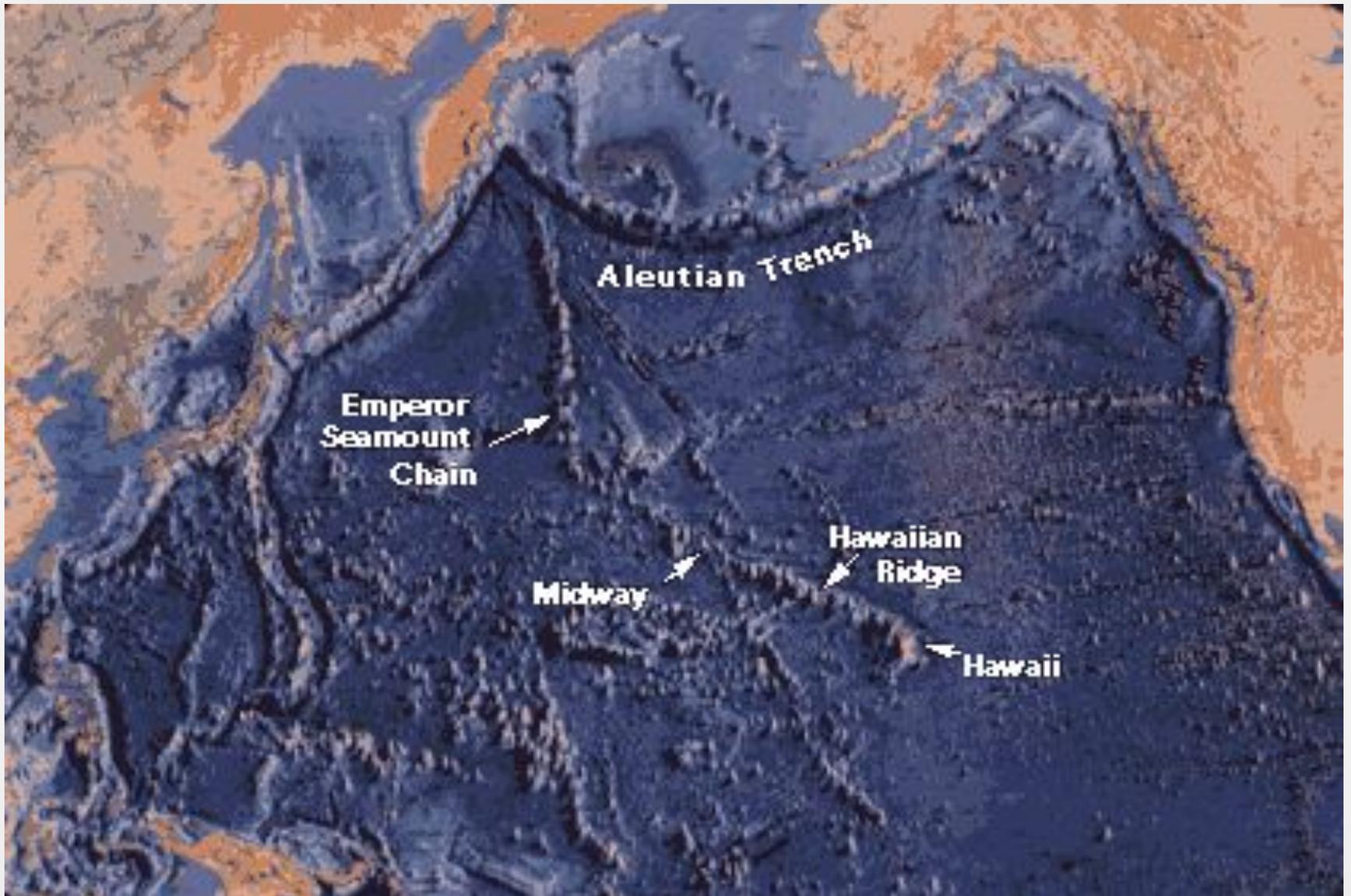


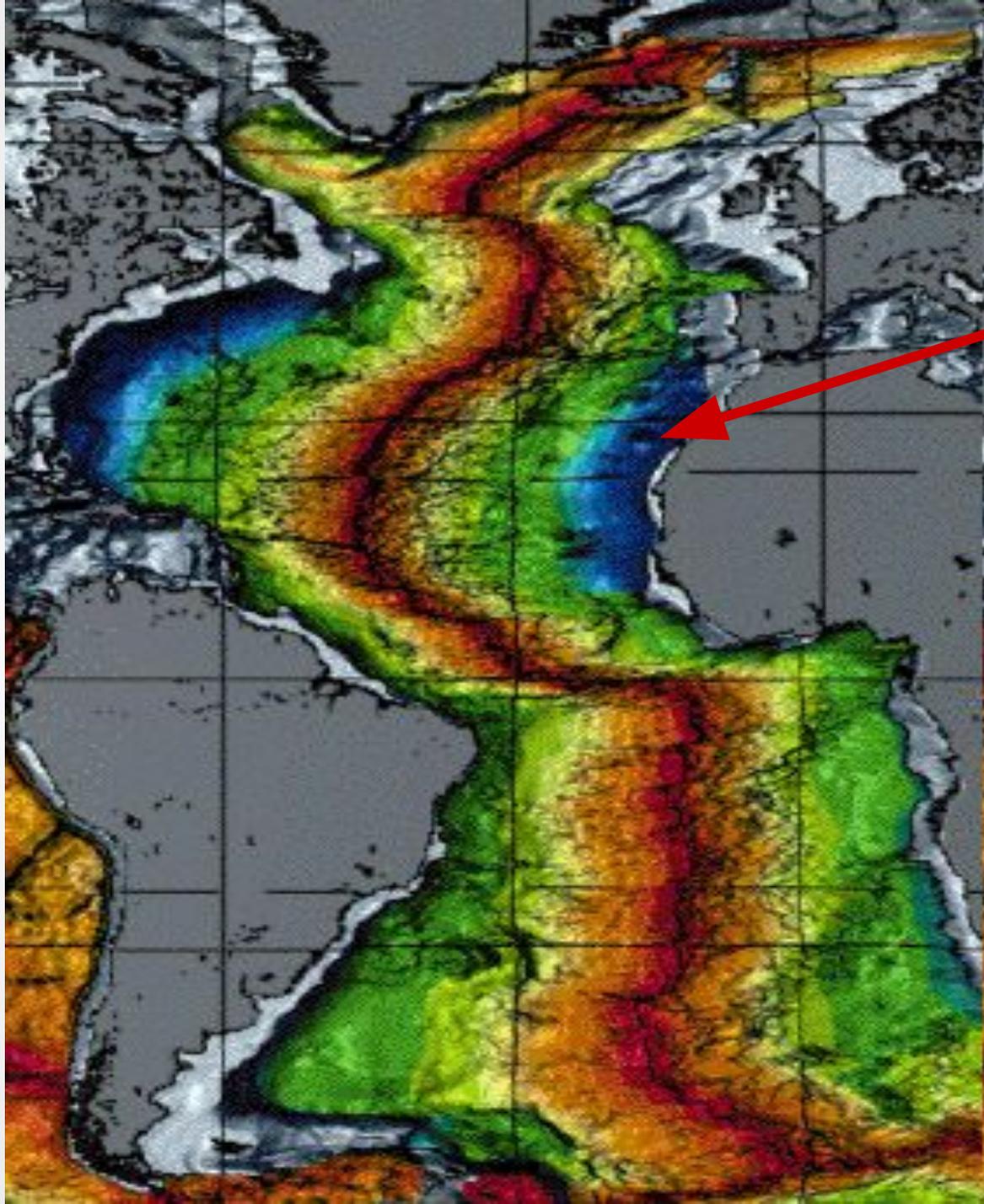
Ареалы ископаемых видов

Срединный Атлантический хребет



Тихоокеанские срединные хребты





Самые старые
участки
океанической
коры

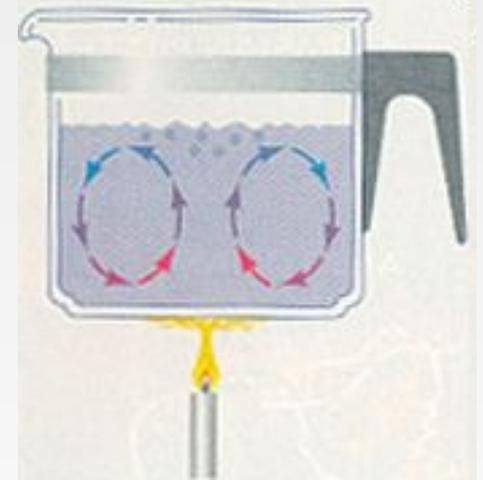
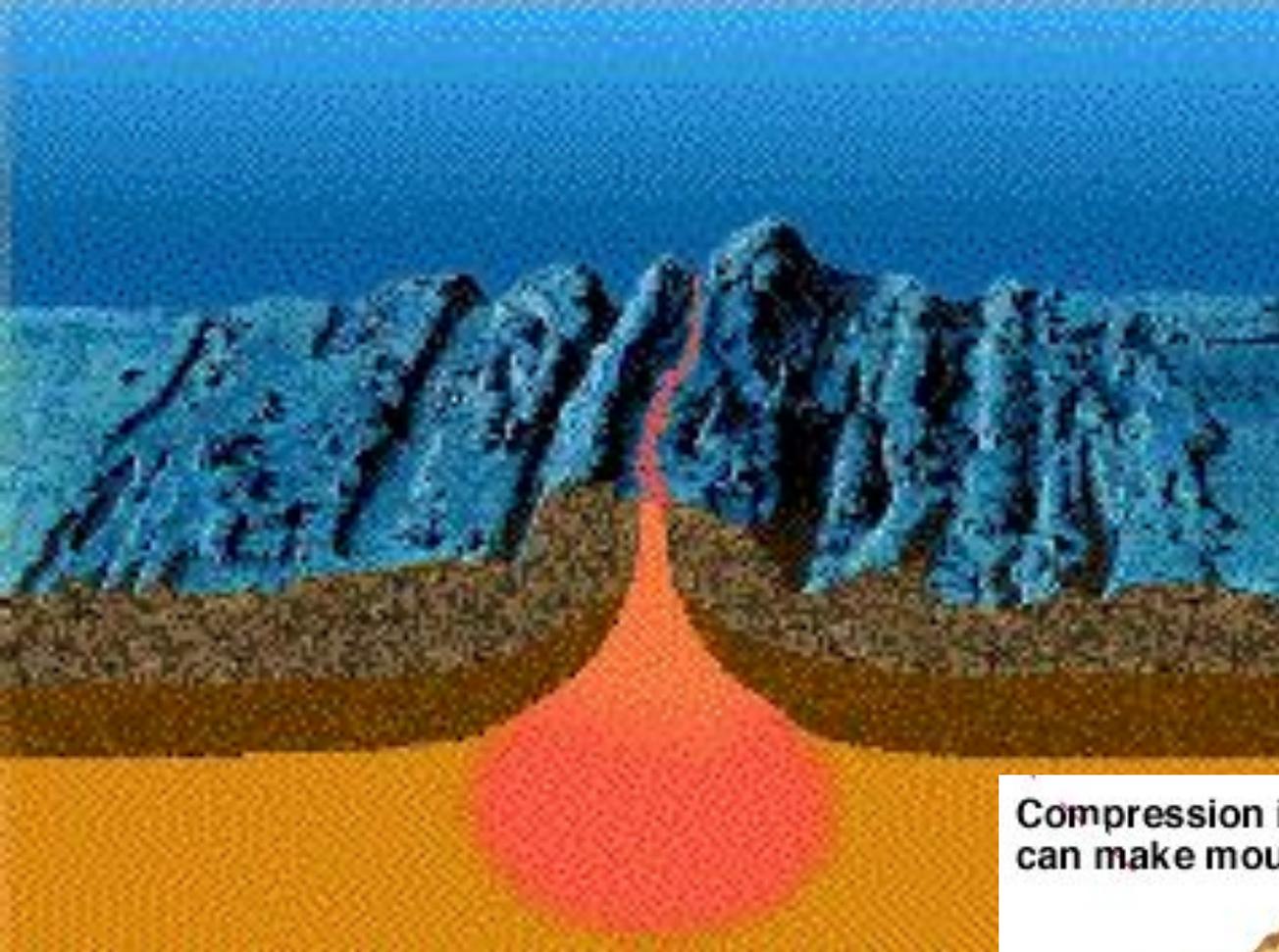
~ 200 млн. лет

Скорость
роста

1 см в год

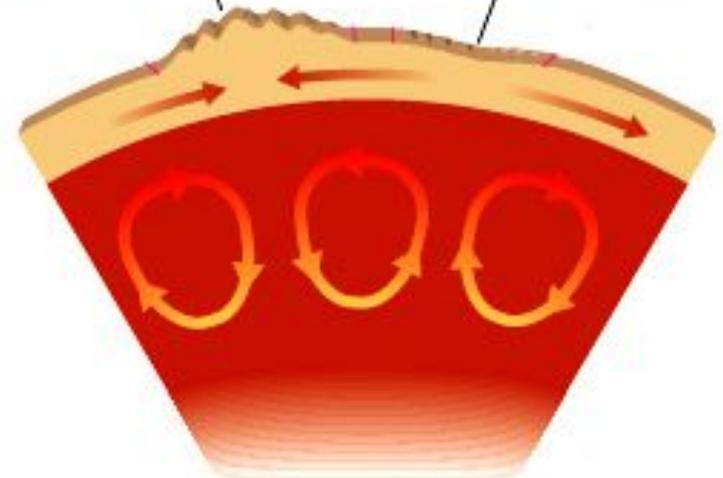
= 10 км за

млн. лет

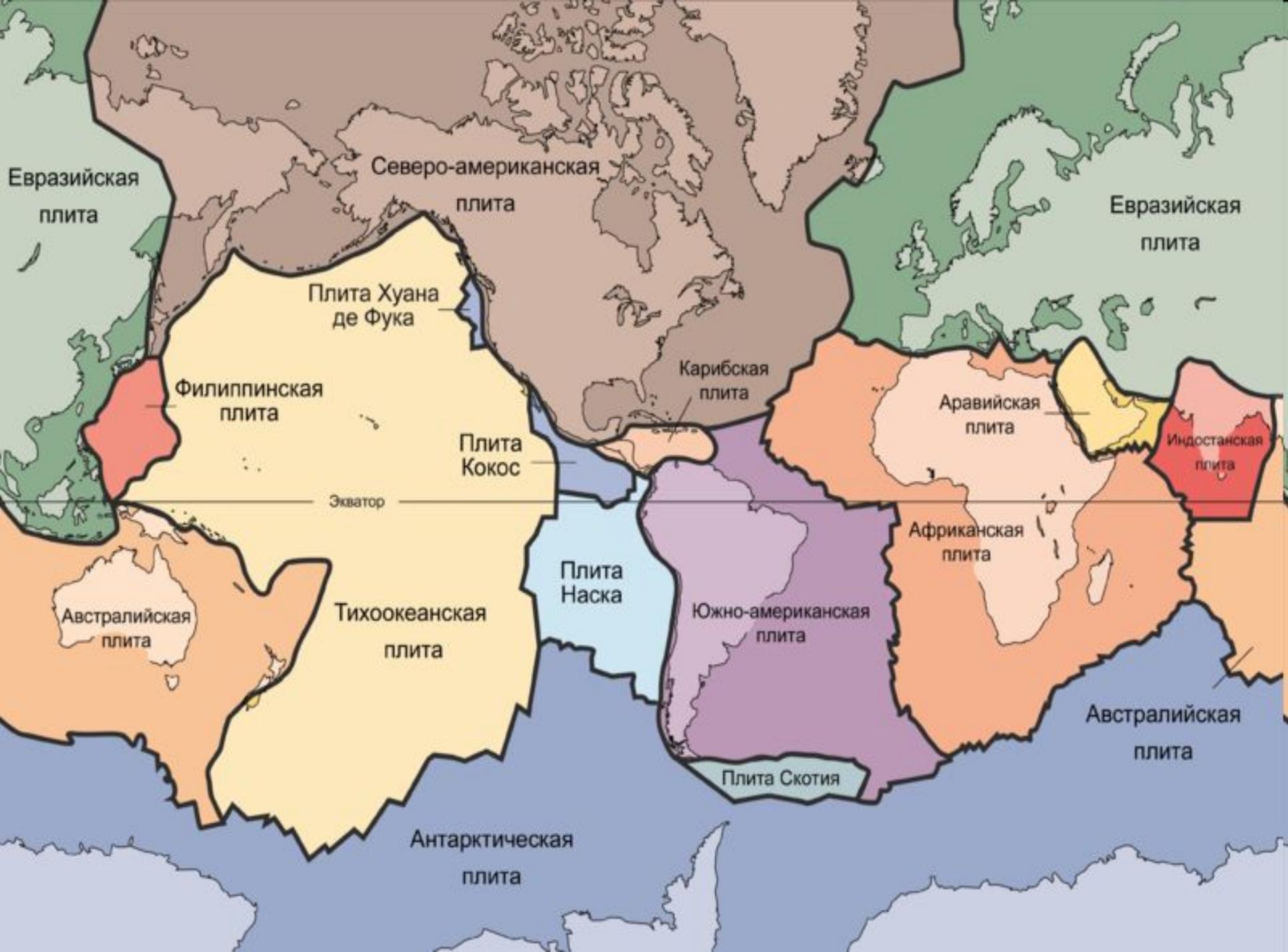


Compression in crust
can make mountains.

Extension can make
cracks and valleys.



Сила двигающая
плиты – **конвекция**



Почему нет жизни на Марсе?

Граничные условия жизни

Рецепт жизни

1. **Жидкость** – среда для химических реакций
2. **Источник энергии**
3. **Набор химических элементов**

Все смешать, поместить на подходящую планету и выждать 100-200 млн. лет

Жидкая среда – почему?

- В **твердом теле** ограничена подвижность молекул → взаимодействий между ними, необходимых для передачи сигнала и ответных реакций.
- В **газе** не может быть макромолекул. Они разрушаются при температурах, необходимых для перехода в газообразное состояние.

Граничные условия жизни

1. Какая-нибудь **жидкость**:

Вода жидкая: **0 – 100**°C

Аммиак NH_3 **(–33) – (–78)**°C

Метан CH_4 **(–182) – (–162)** °C

Граничные условия жизни

2. Источник **энергии**

Должен быть
неисчерпаем

Свет (на Земле)

Тепло (трудно: нужен большой перепад T°)

Химические вещества – органические и неорганические.

Последние заканчиваются.

На Земле этот способ возможен, т.к. запасы пополняются фототрофами.

Граничные условия жизни

3. Набор химических элементов

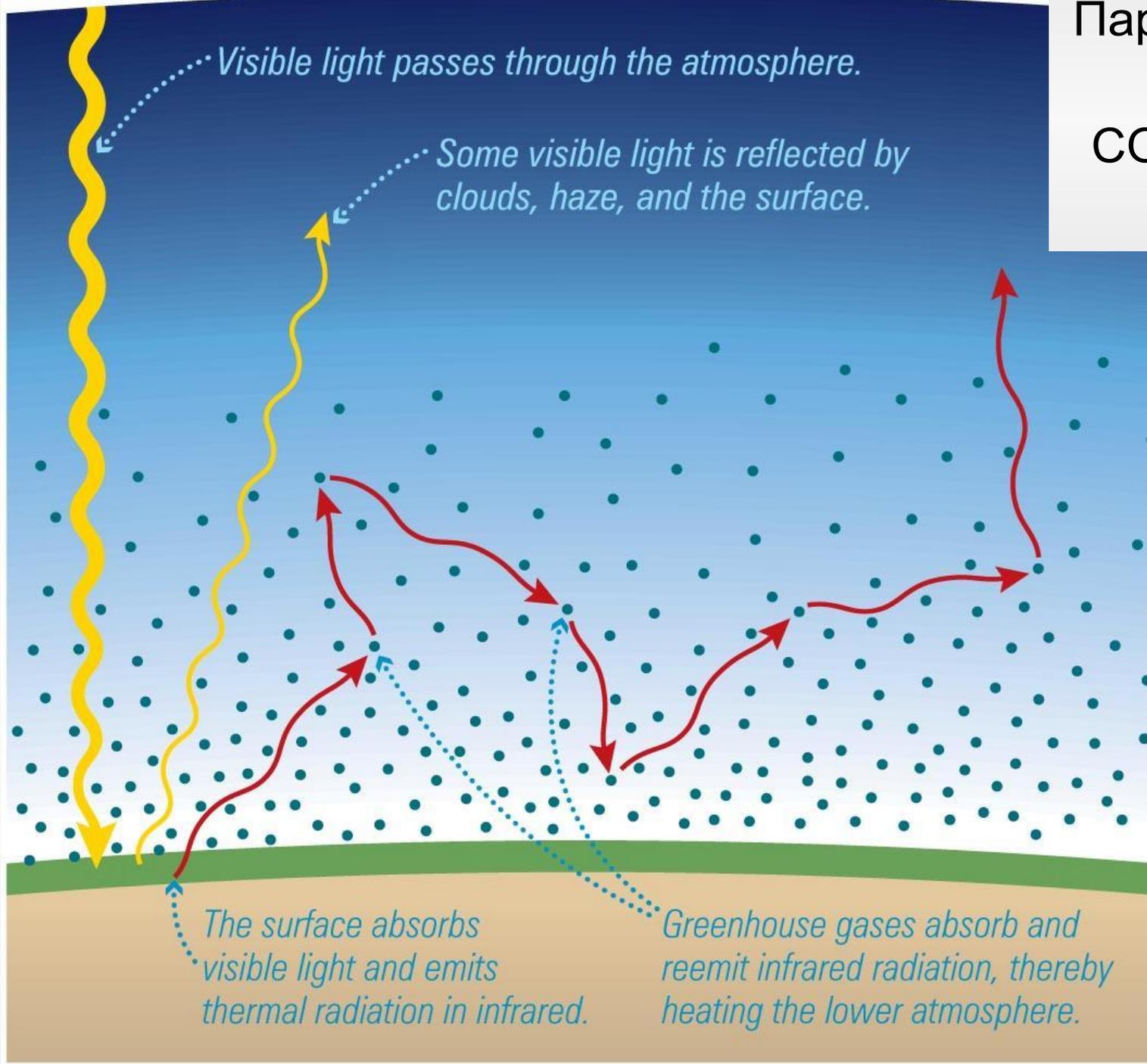
на Земле – **C, H, O, N, P, S**

Для **ЭВОЛЮЦИИ** жизни нужен их круговорот: продукты метаболизма не должны улетучиваться с планеты



Парниковый эффект

Парниковые
газы
CO₂, метан
вода



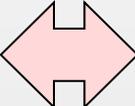
Обитаемая зона – температурные границы

Ближняя к Солнцу: температура **не выше** точки кипения воды 100°C . (Другие потенциальные растворители выкипают еще раньше).

Дальняя от Солнца: Температура **не ниже** точки замерзания **парниковых газов** (CO_2 , метан CH_4 , вода)

CO_2 замерзает при -57°C

метан замерзает при -182°C

+ 100°C  - 182°C

Атмосферы планет Земной группы

	<i>Венера</i>	<i>Земля</i>	<i>Марс</i>
CO_2	96%	0.035%	95%
N_2	3.5 %	78%	2.7 %
H_2O	0.01%	неск. %	0.03%
O_2	-----	21%	0.13%

Венера

Масса $0.8_{\text{Земной}}$

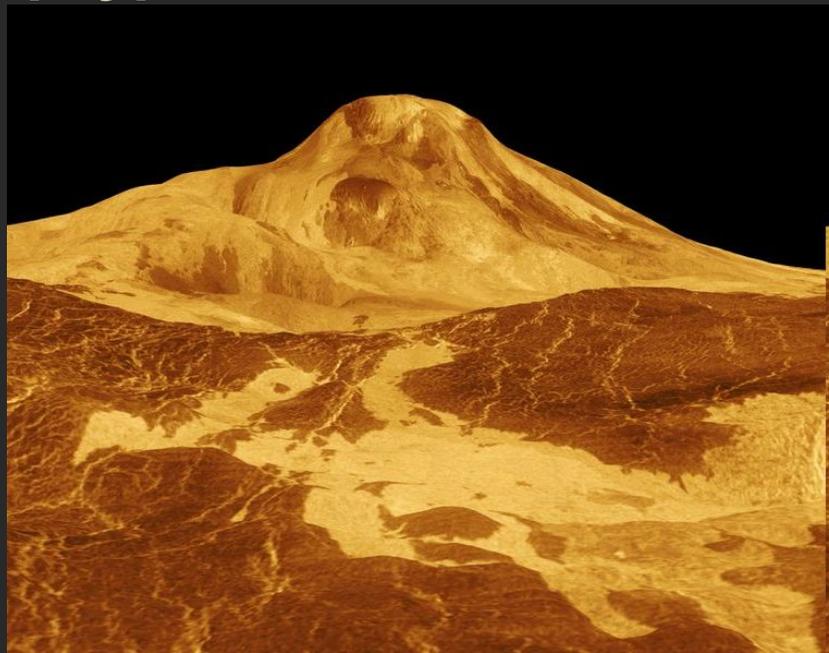
Атмосфера очень плотная, давление у поверхности 90 земных

Состав – CO_2 (96%) и азот, пары воды и кислорода (~ 0.1%)

t + 460 ° C – больше, чем на Меркурии за счет парникового эффекта

Сутки = $243_{\text{земных}}$

Год = $225_{\text{земных суток}}$



Марс



Масса $0.1_{\text{Земной}}$

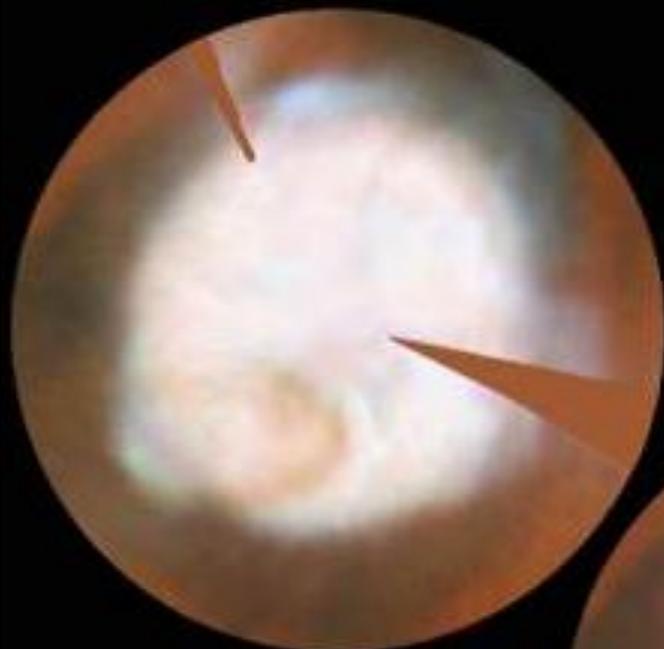
Сутки = 24 часа 37 минут

Год = 687 земных суток

Температура на экваторе от $+30^{\circ}\text{C}$ в полдень до -80°C в полночь.

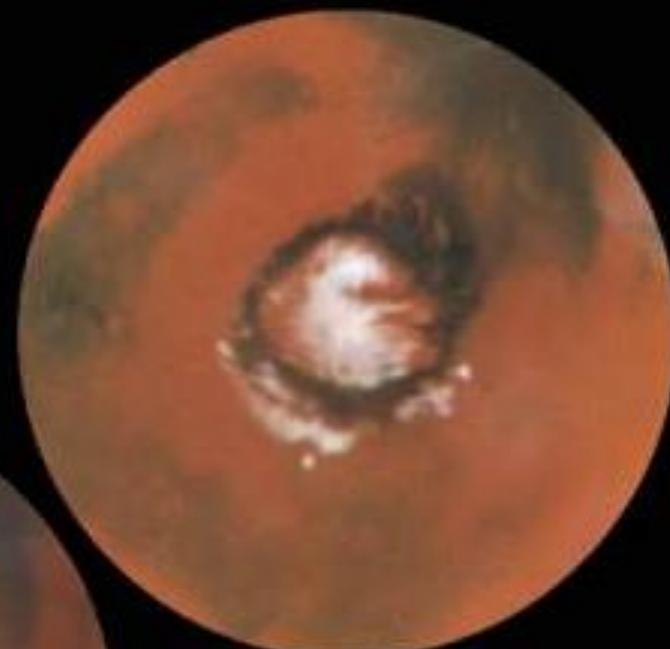
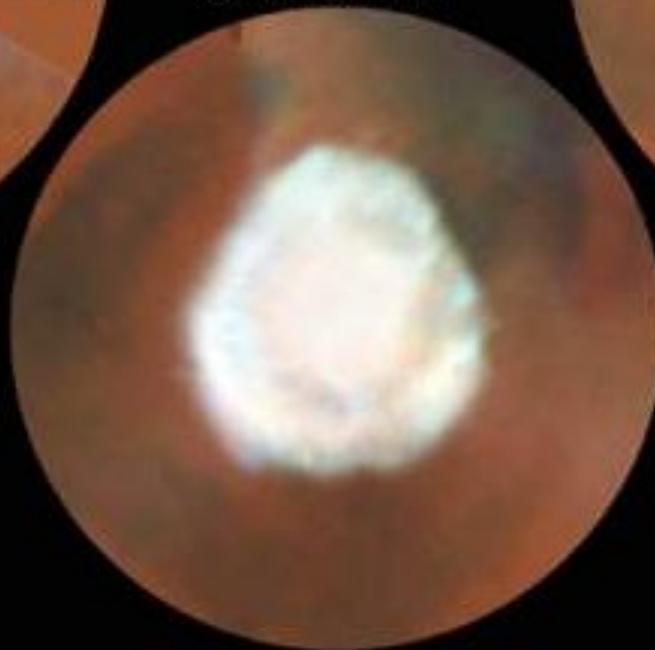
Атмосфера очень разрежена – давление в 160 раз меньше земного.

По составу похожа на венерианскую – 95 углекислого газа, 2,7 % азота, немного кислорода и воды.



October 1996

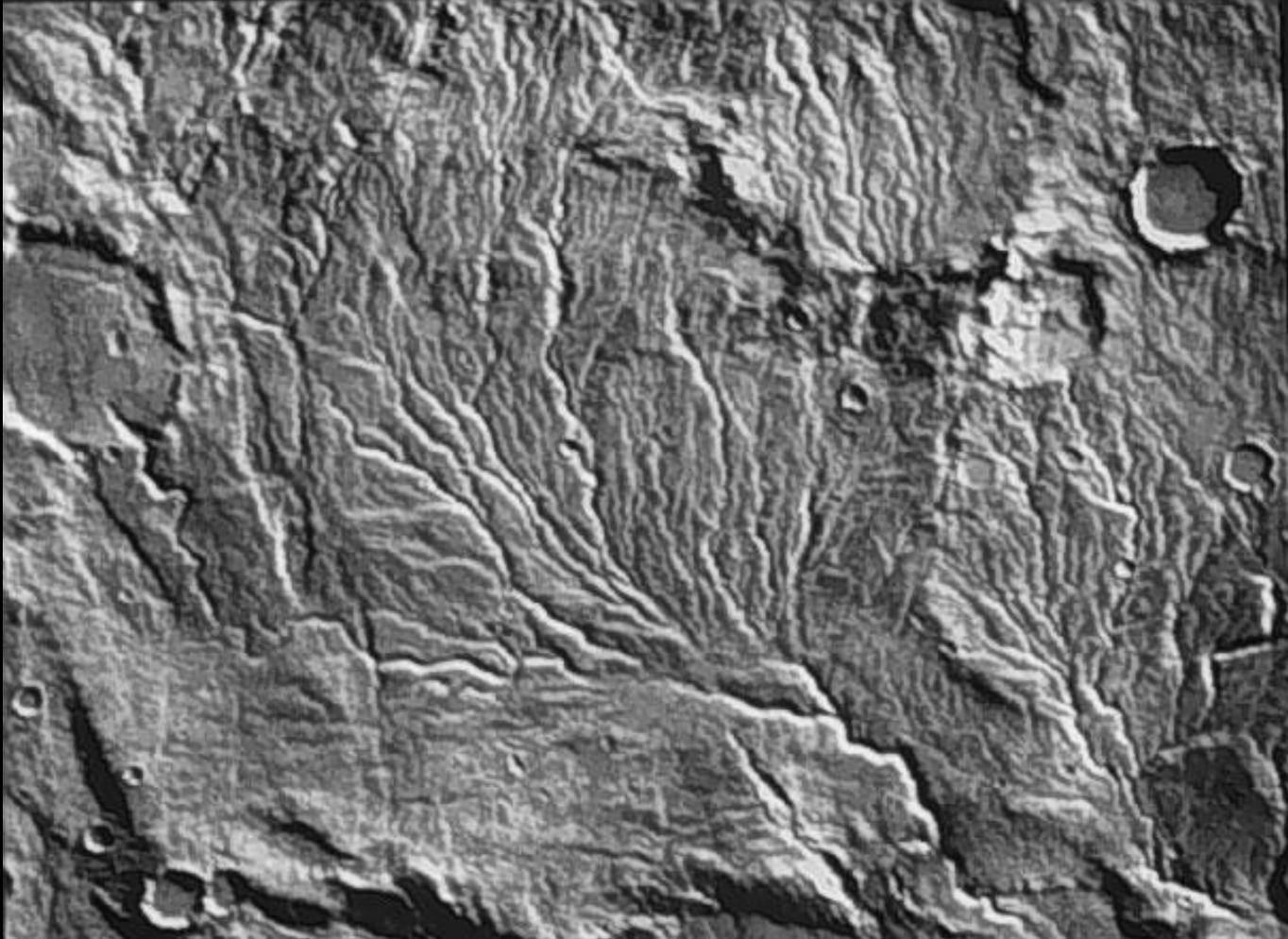
January 1997



March 1997

Сезонное таяние льда из CO_2 на Северном полюсе Марса
Телескоп Хаббл, NASA

В возрасте 1 млрд лет на Марсе были реки



Viking image from:

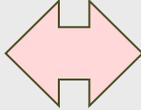
http://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/redplanet2/slide_26.html

Юпитер



- **Нет твердой поверхности**
 - Плотная атмосфера из водорода и гелия
 - Мантия из жидкого водорода
 - Ядро из железа и камня
- **Быстрое вращение – сутки около 10 часов**
- **Температура облаков -130° , но на глубине 130 км – уже $+150$**

Температурные границы обитаемой планеты

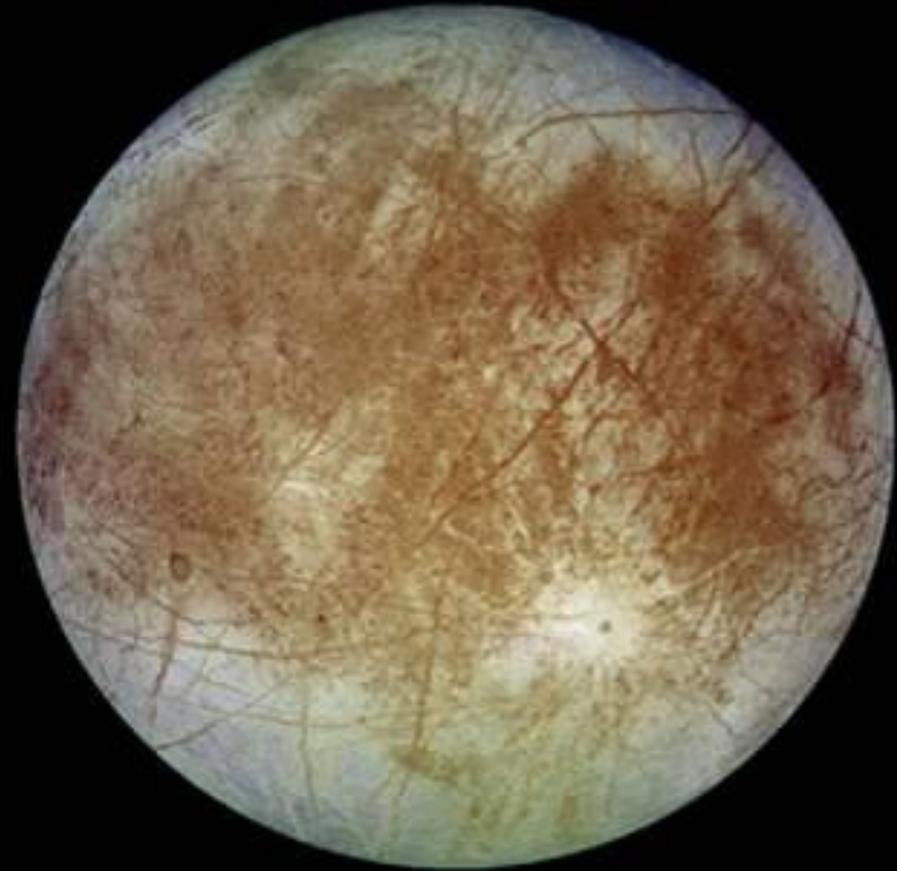
+ 100 °C  -182 °C

Жизнь на Юпитере?

Нельзя исключить. Хотя среда
слишком нестабильна.

Европа – спутник Юпитера

- По химическому составу близка к Земле
- Температура на поверхности $-150—190^{\circ}\text{C}$
- Предполагается, что под слоем льда – океан жидкой воды.
- Наиболее вероятный кандидат на существование жизни



Европа



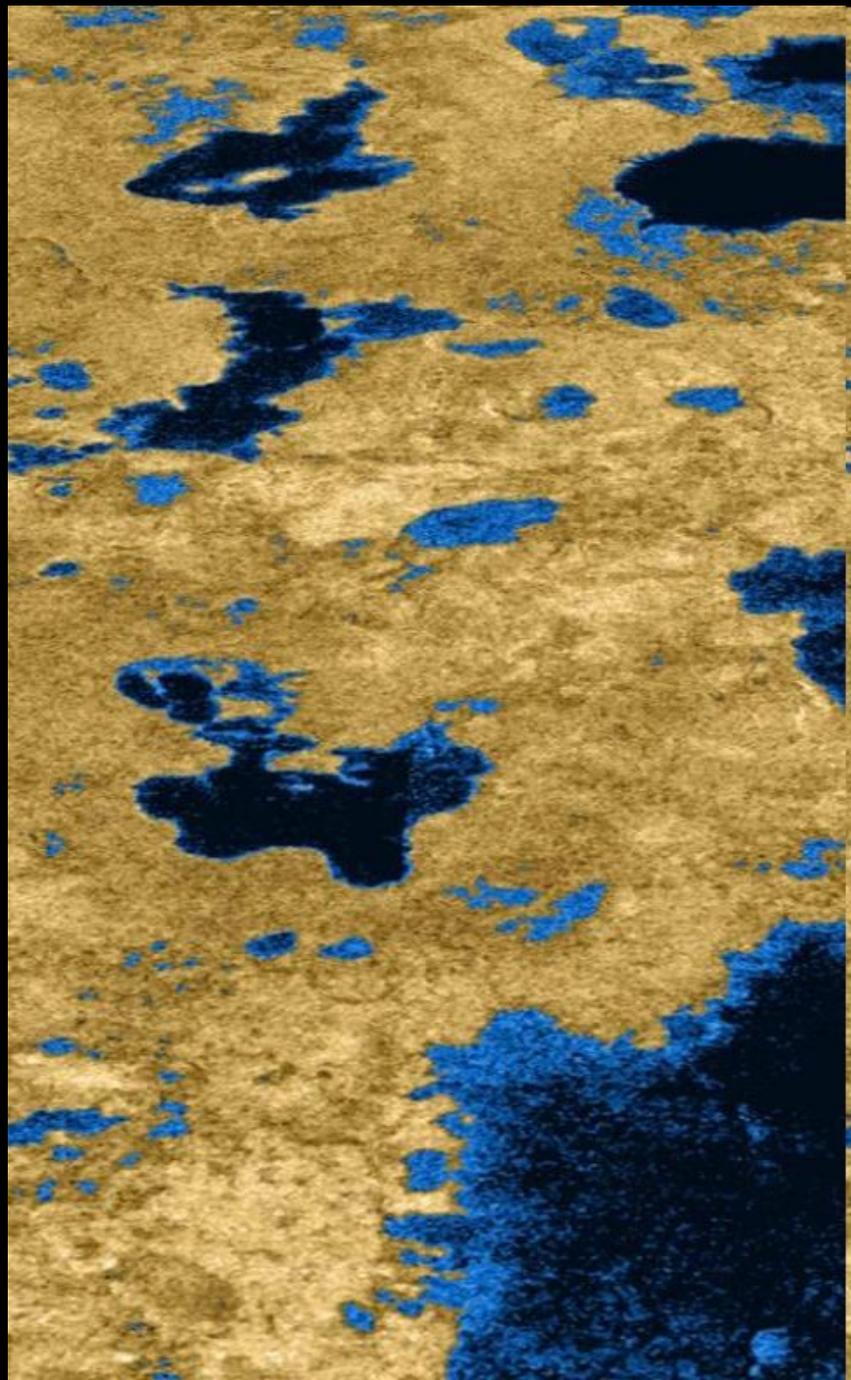
Титан

t около -180°C



Единственное тело, кроме Земли, где в атмосфере преобладает азот (95%), остальное – метан, Плотность близка к земной. Метановые моря и дожди. **Водный океан под корой?**

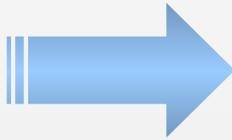
Жидкие озера на Титане
Радиолокационная съемка Кассини



Экзопланеты

Обнаружены у 10% изученных звезд

На начало 2009 г. известно **342**
экзопланеты в 290 планетных системах



ССЫЛКИ

Ссылки на источники рисунков даны под слайдами в строке заметок

Lectures of Prof. George Rieke

<http://ircamera.as.arizona.edu/NatSci102/NatSci102/syllabus/syllabus.htm>

Тектоника плит – карты материков в прошлом и будущем

<http://www.scotese.com/earth.htm>

Авторские права

Вы скачали данную презентацию с сайта **Biologii.Net**, согласившись с тем, что

Вы можете свободно

- Использовать данную презентацию в образовательных целях с сохранением авторства.
- Использовать рисунки и отдельные слайды в своих презентациях и на сайтах со ссылкой на данный сайт или автора.

Вы НЕ имеете права

- Копировать, распространять или использовать ее другим способом для извлечения коммерческой выгоды.
- Выкладывать на интернет-сайтах для скачивания.
- Использовать слайды, текст и авторские рисунки без ссылок, выдавая их за свои.

Если вы не согласны с этими условиями, удалите презентацию с вашего компьютера.

© М.А. Волошина 2009

<http://biologii.net>