



Микромир и Вселенная 2019

КОСМОС И МЫ

Образование Солнечной системы

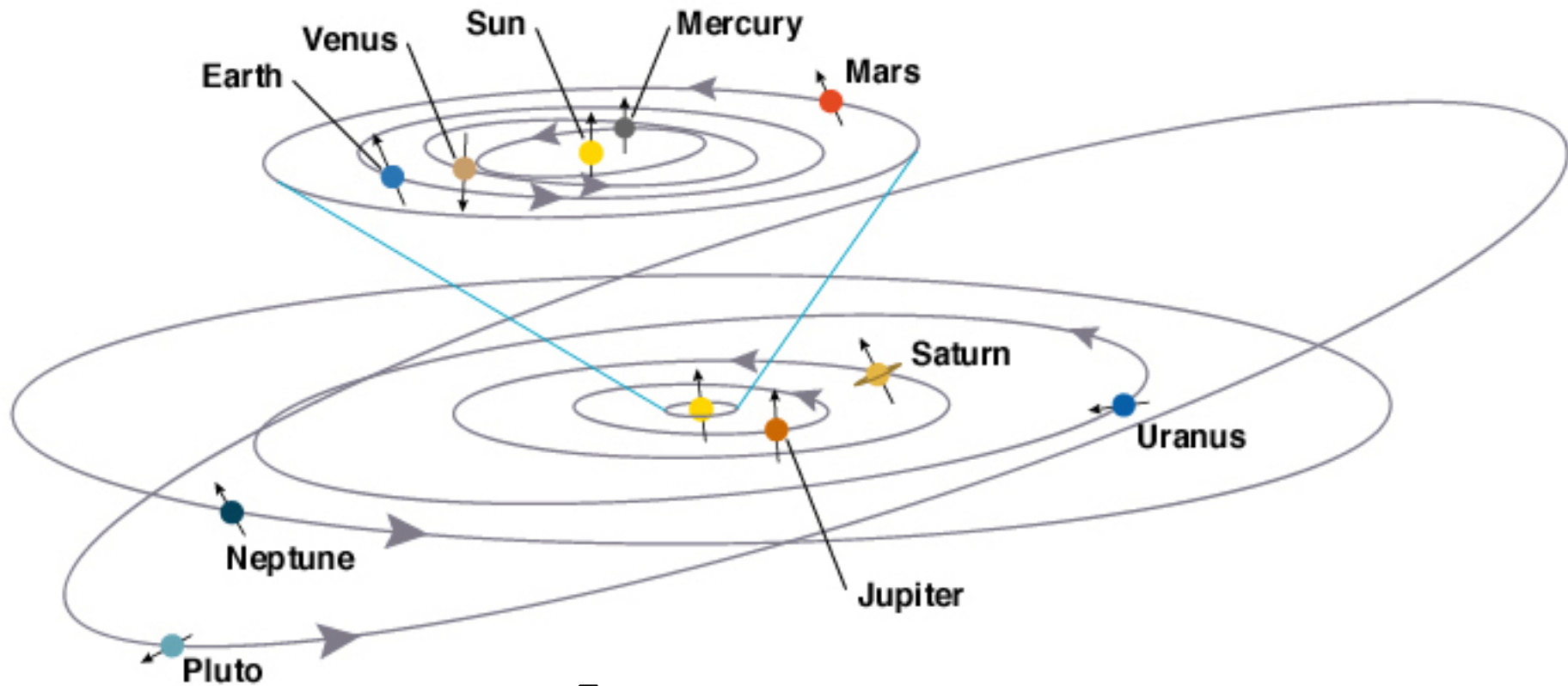
Млечный путь

Возраст $4,6 \cdot 10^9$ лет



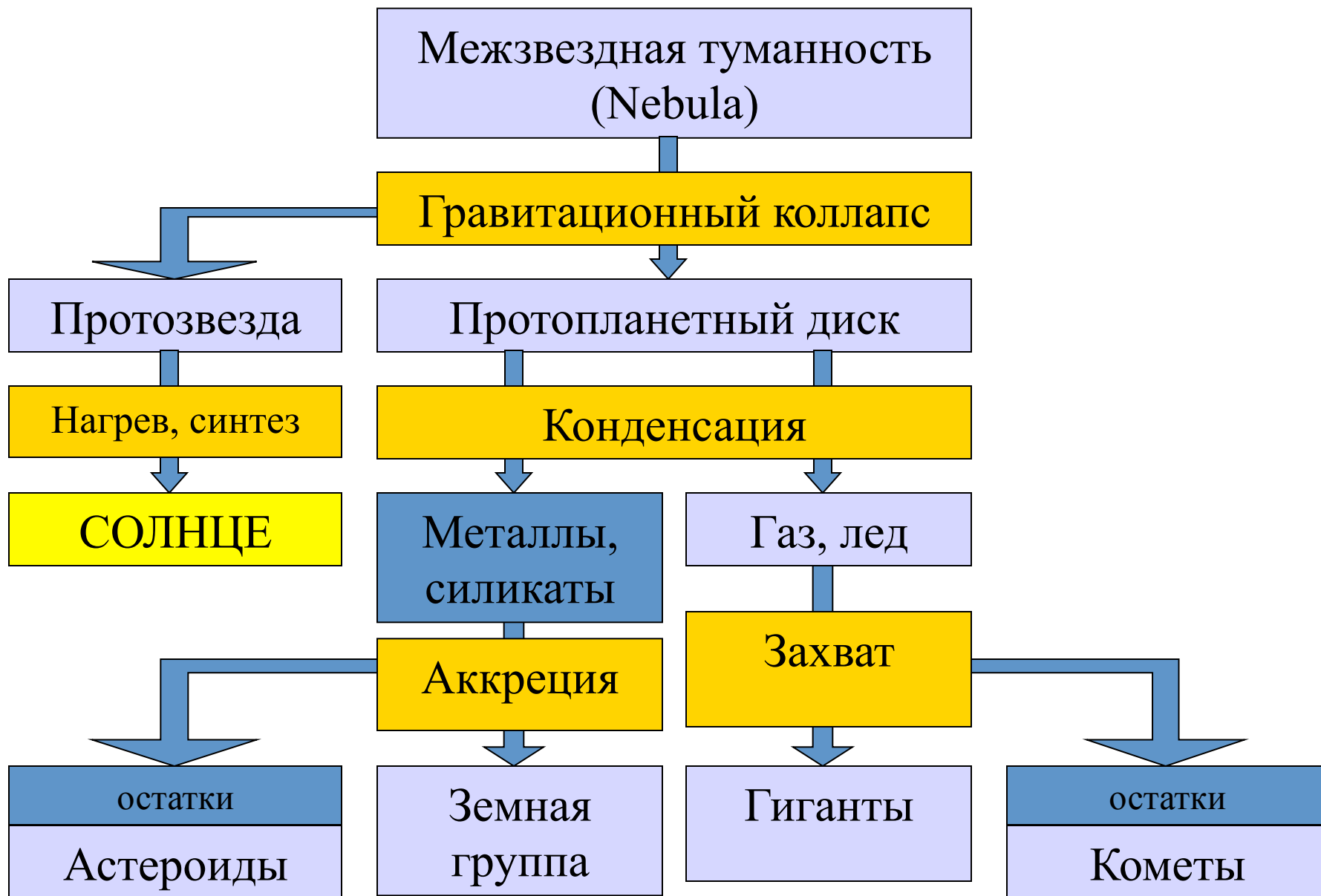
Солнечная система

Земная группа
Металлы, силикаты

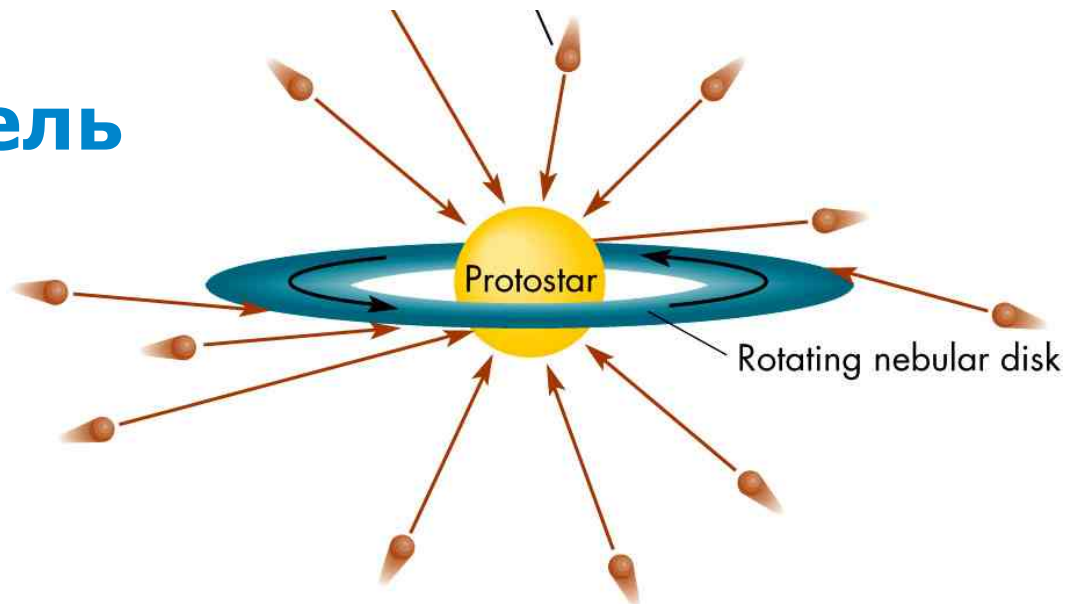


Гиганты
Водород, гелий, метан,
угарный газ

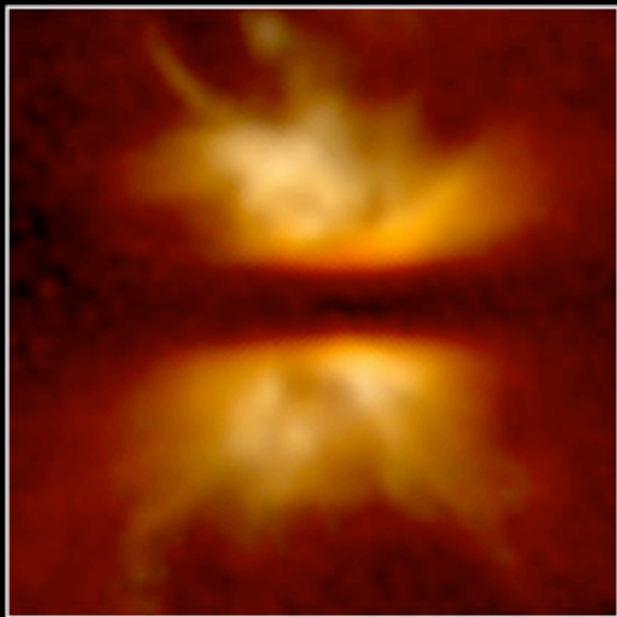
Небулярная модель



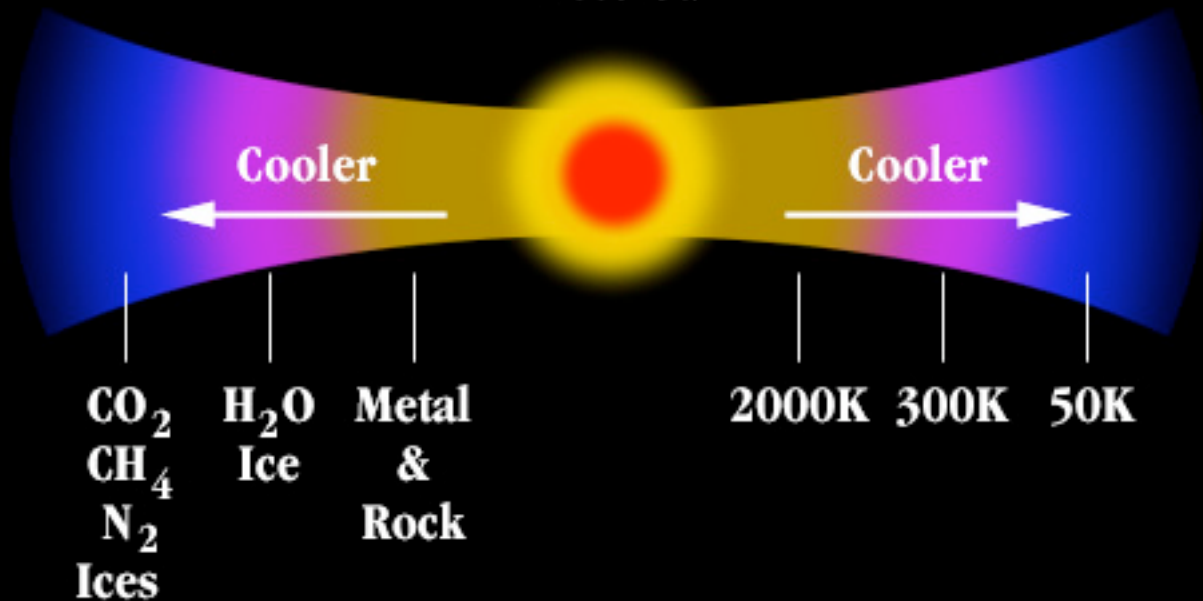
Небулярная модель



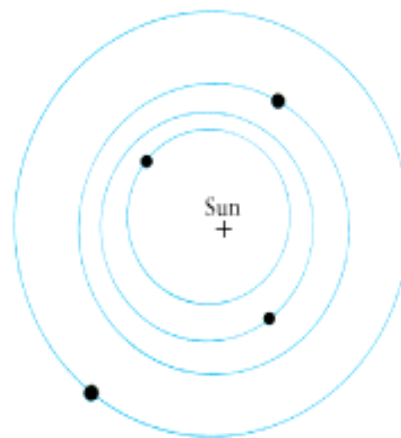
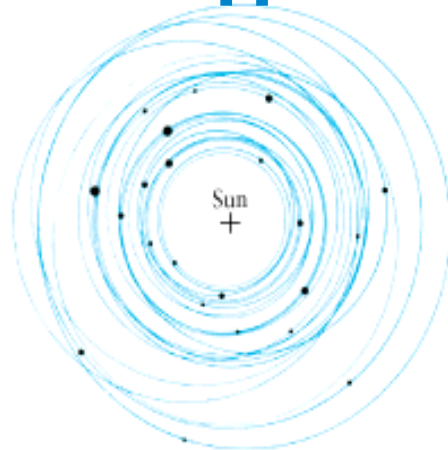
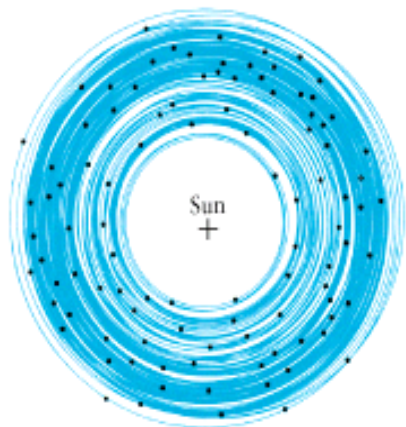
IRAS 04302+2247



Proto-Sun

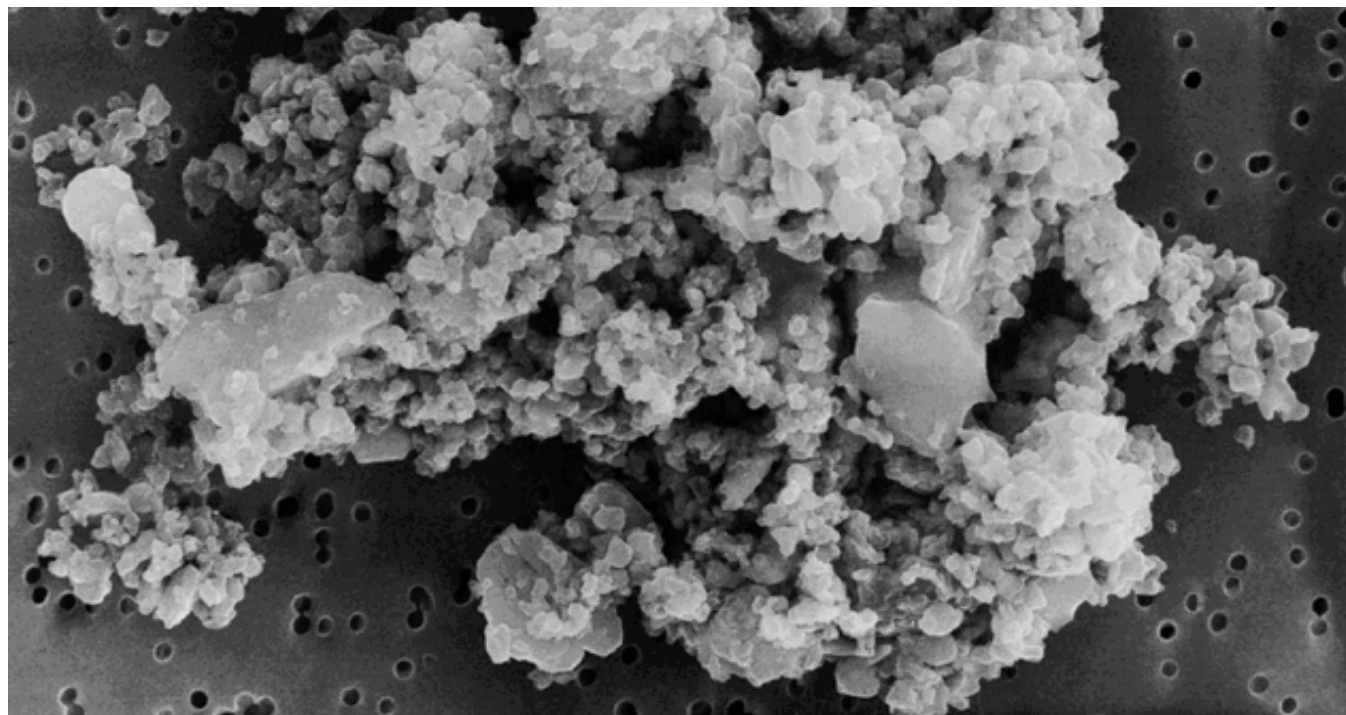


Небулярная модель



Аккреция –
приращение
массы
небесного тела
за счет
гравитационног
о притяжения
окружающей
материи

Звездная
пыль
Солнечной
системы

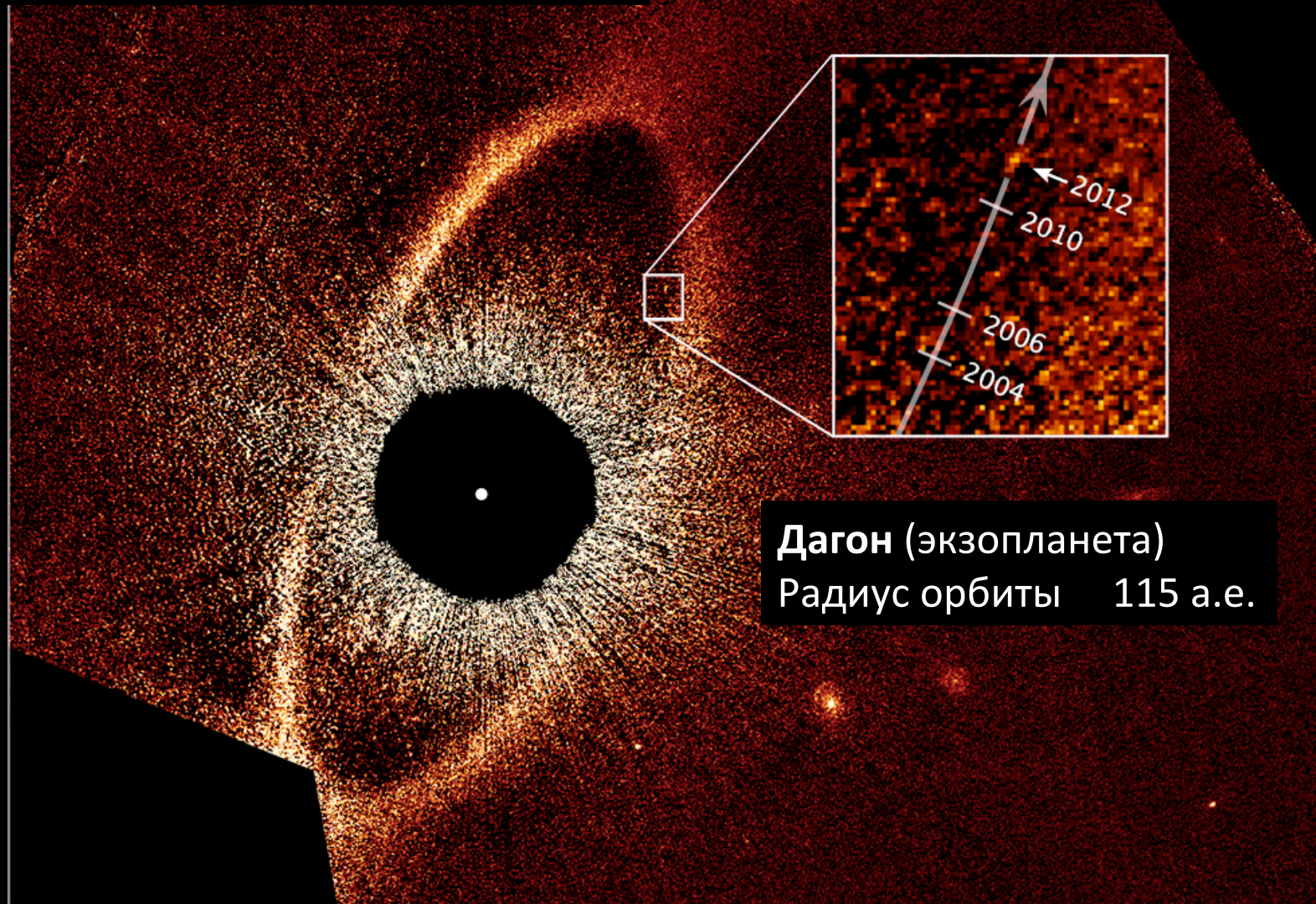


Фомальгаут (альфа Южной Рыбы) 25 св.лет

Масса $1,92 \pm 0,02$ масс Солнца

Возраст $2 \cdot 10^8$ лет

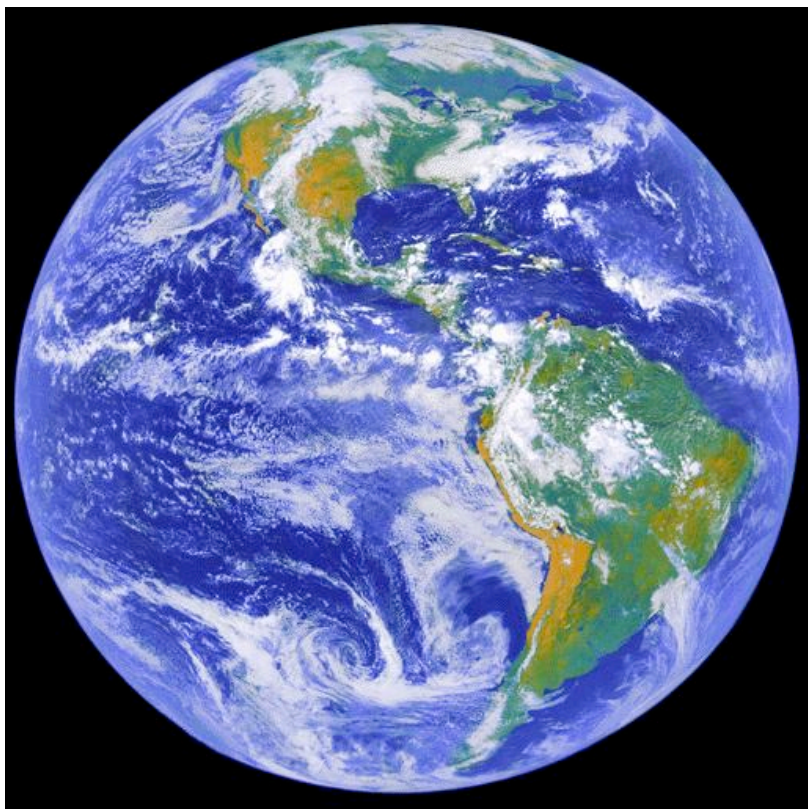
Hubble Space Telescope • STIS



Дагон (экзопланета)

Радиус орбиты 115 а.е.

ЗЕМЛЯ



Радиус Земли	6371 км
Масса	$5,97 \cdot 10^{24}$ кг ($3 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$)
Средняя плотность	5,5 г/см ³

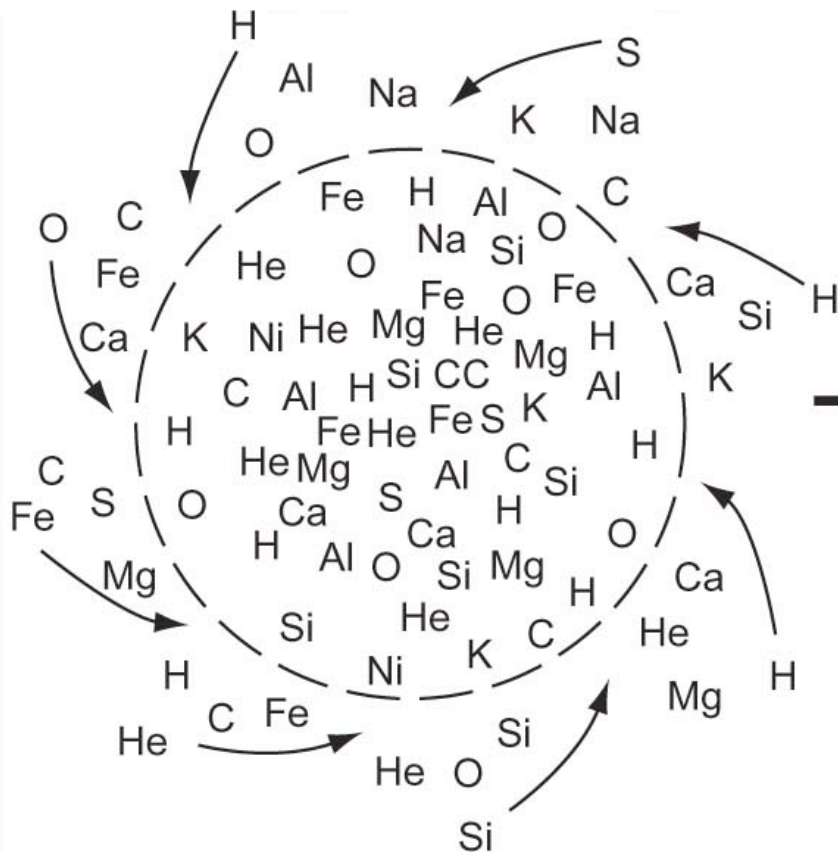
Площадь поверхности	$5,1 \cdot 10^9$ км ²
Суша	29,2%
Вода	70,8%

Температура	
max	56,7 °C
min	-89,2 °C
средняя	14 °C

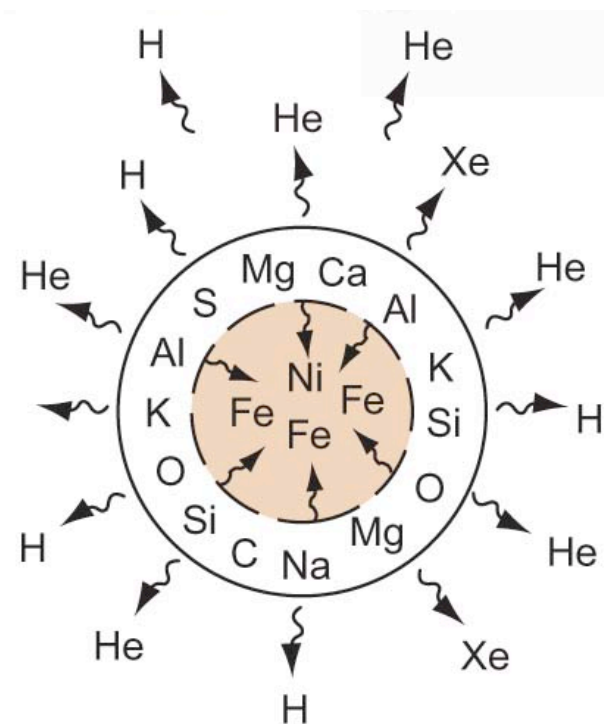
Гидросфера	$1,35 \cdot 10^{18}$ тонн
Пресная вода	2,5%

Слой **атмосферы** составляет около 100 км.
Обитаемыми являются только первые 5 км.

ЗЕМЛЯ

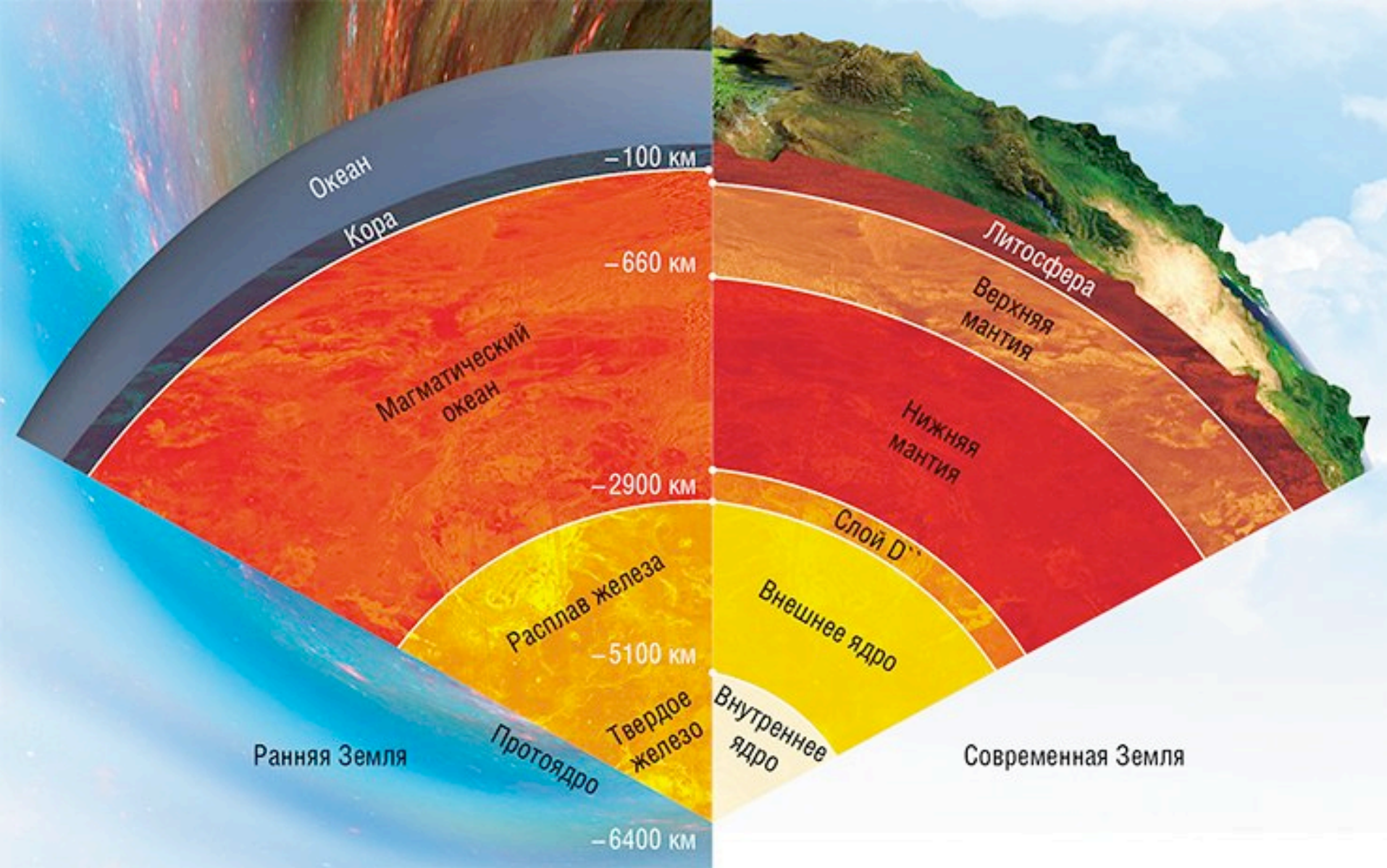


Начальная аккреция



Сжатие и разделение

Переход от однородной протопланеты низкой плотности к плотной планете слоистой структуры (около 10 млн лет с момента формирования Земли)

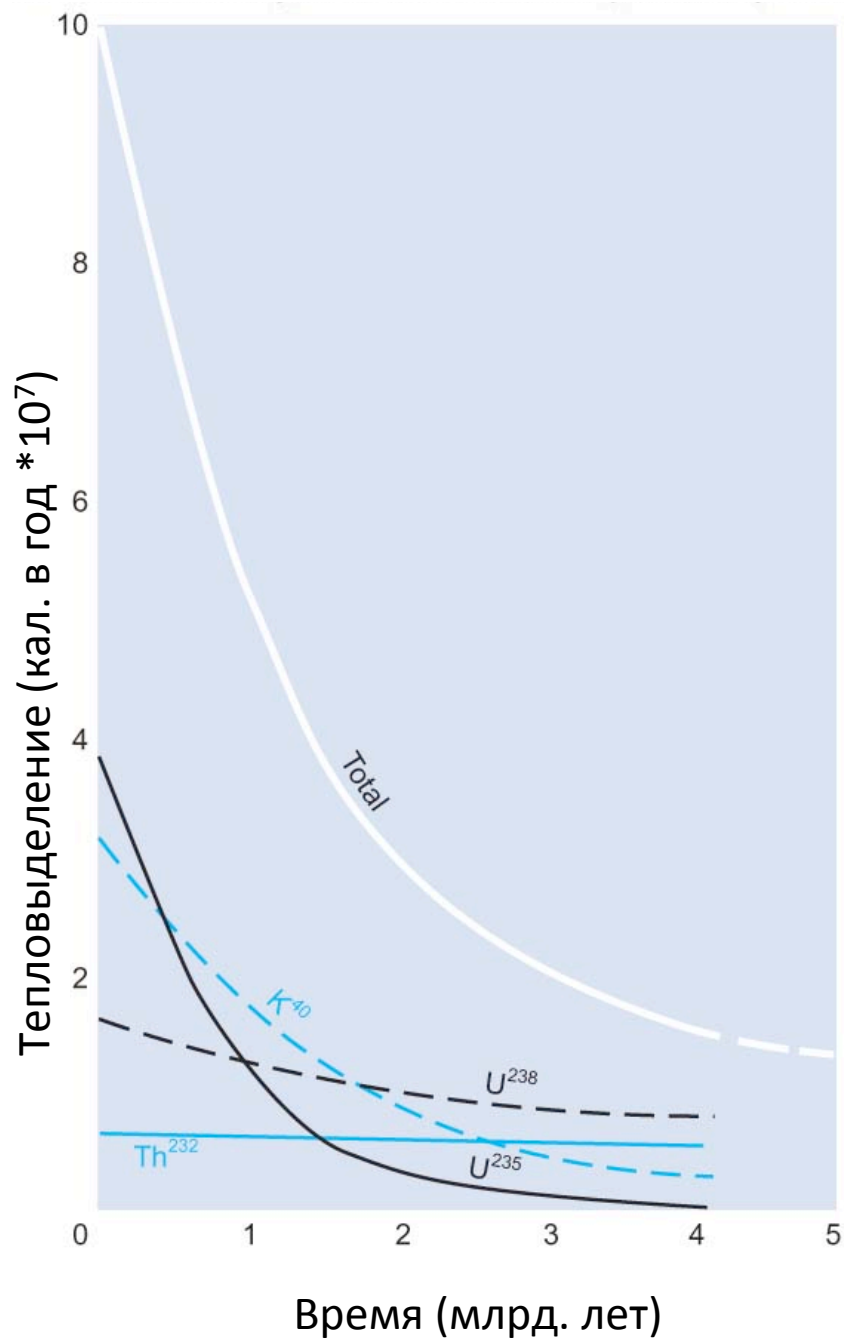


В процессе эволюции планеты изменялось ее внутреннее строение. Мантия разделилась на два резервуара, различающихся режимами и характером конвекции. Оформилось ядро, в нем выделилась твердая часть; появились твердые силикатные слои – кора и антикора, а также твердый слой толщиной до 100 километров, отделяющий нижнюю мантию от жидкого ядра

ЗЕМЛЯ

Внутреннее тепло:

1. Гравитационная дифференциация недр
2. Радиоактивный распад (~15%)



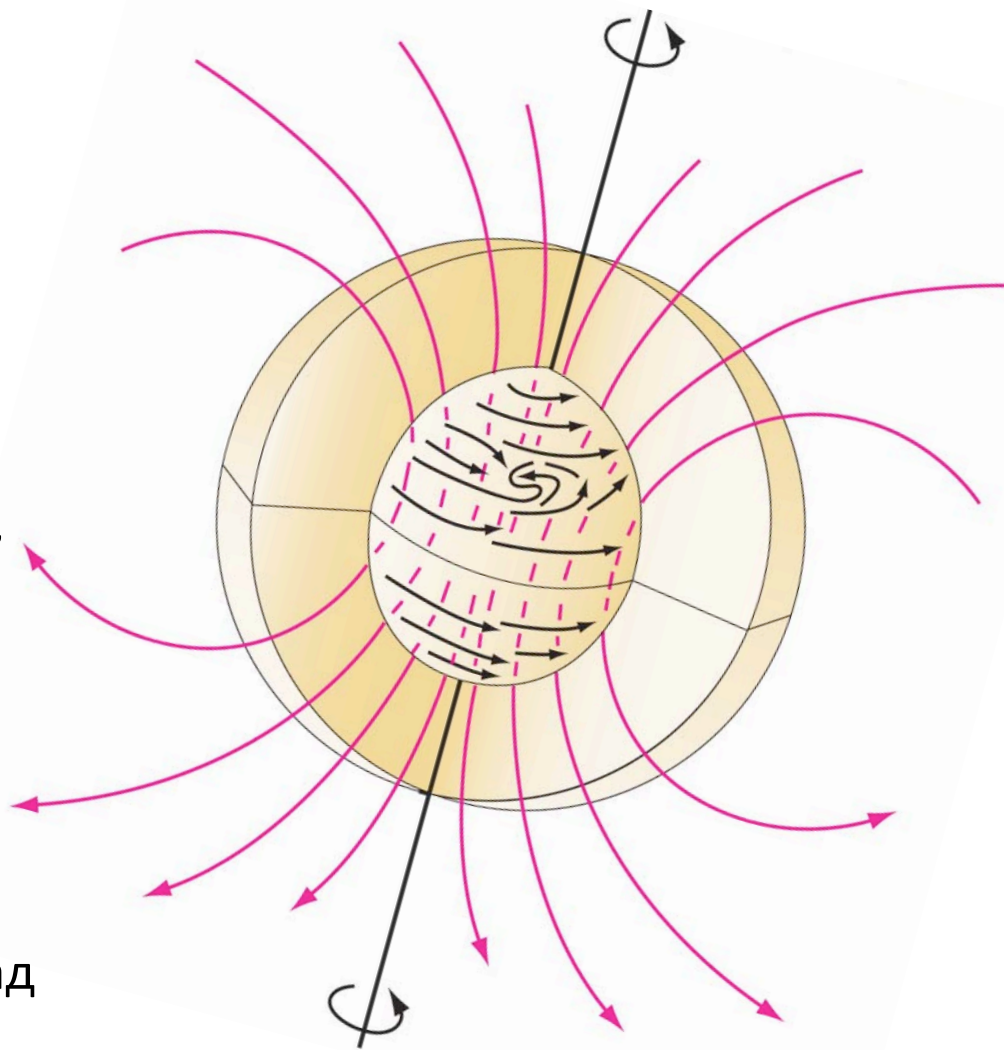
ЗЕМЛЯ

Магнитное поле

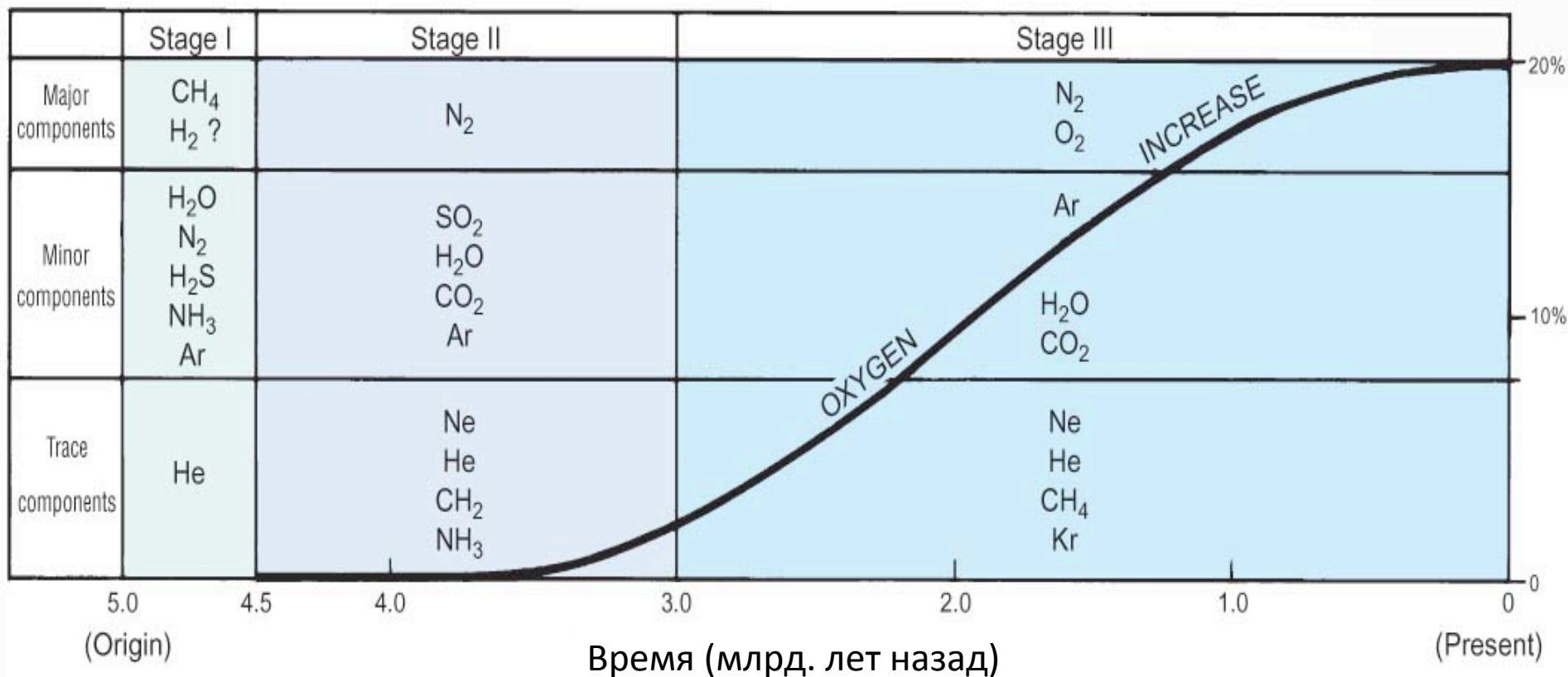
образовалось $\sim 3,5 \cdot 10^9$ лет назад

Поле генерируется в центральной области Земли, где тепло создаёт протекание электрического тока в жидком металлическом ядре. Это, в свою очередь, приводит к возникновению у Земли магнитного поля.

Магнитные полюсы дрейфуют и меняют полярность. Последняя инверсия магнитного поля произошла около 700 000 лет назад



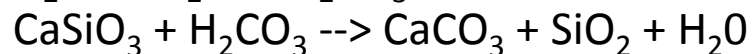
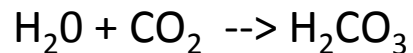
ЗЕМЛЯ. АТМОСФЕРА



рост O₂, уменьшение CO₂:

- процесс фотосинтеза

- химическое выветривание

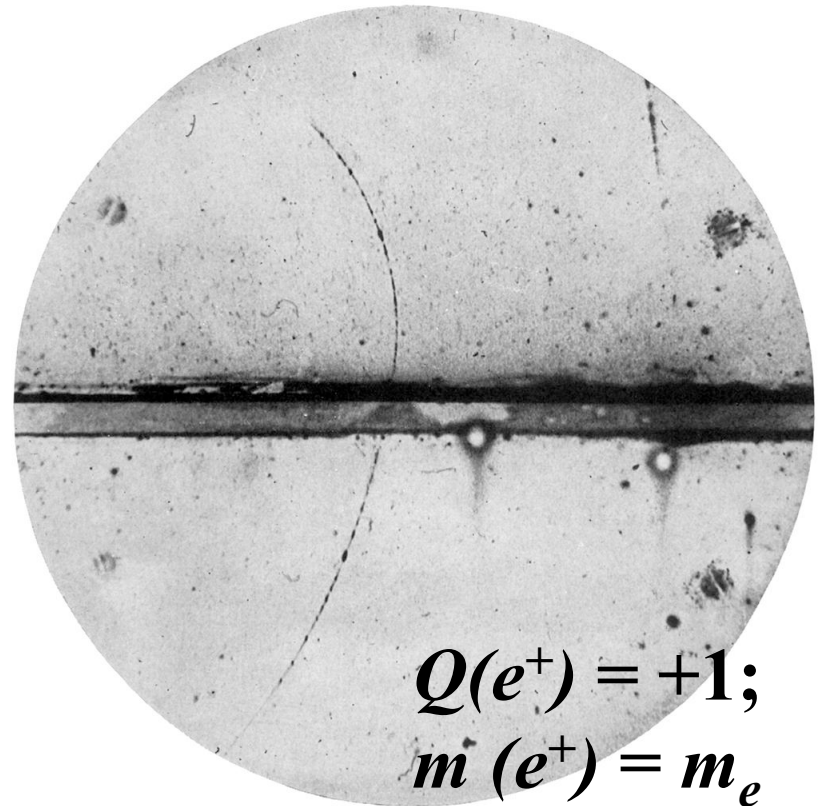
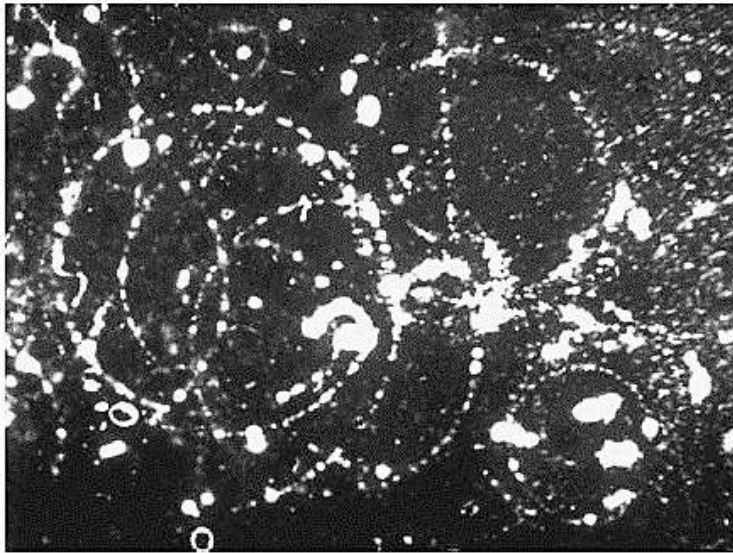


Космические лучи

Космические лучи

1912 г. – В. Гесс Ионизация
воздуха в зависимости от высоты

1927 г. – Д.В. Скобельцын
Наблюдение электронов
космических лучей



1932 г. Позитрон



1936 г К. Андерсон
За открытие позитрона

Космическое излучение



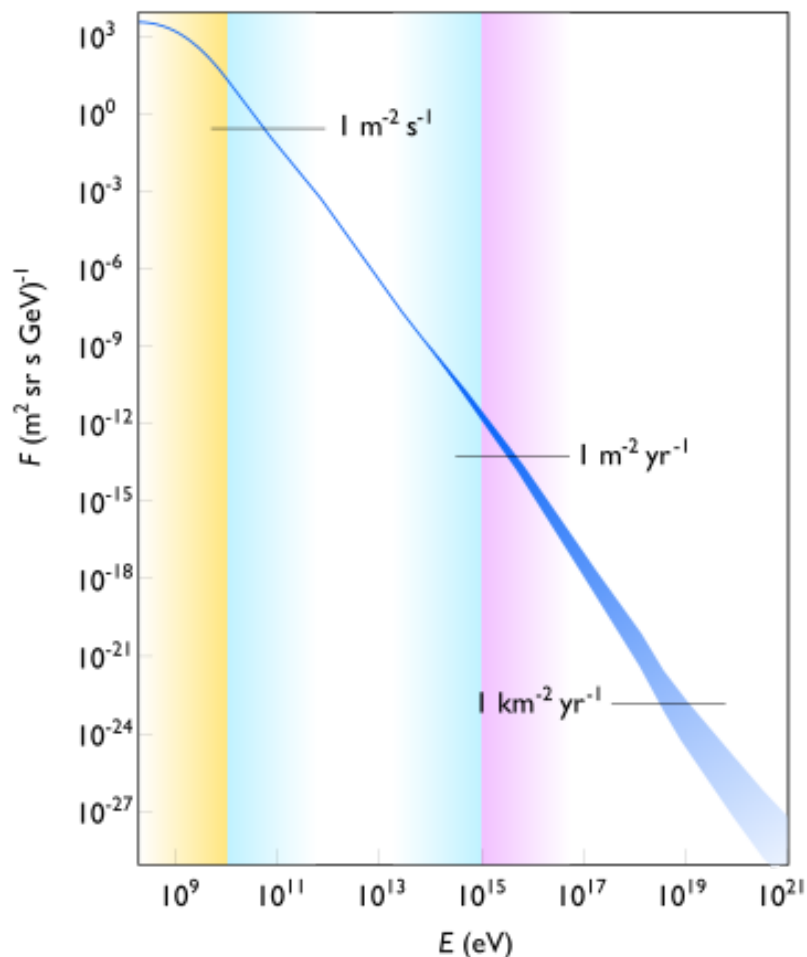
Первичное космическое излучение – это потоки атомных ядер высоких энергий, заполняющих пространство Вселенной и постоянно бомбардирующих Землю

Вторичное космическое излучение возникает в результате взаимодействия первичного космического излучения с ядрами атомов атмосферы Земли.

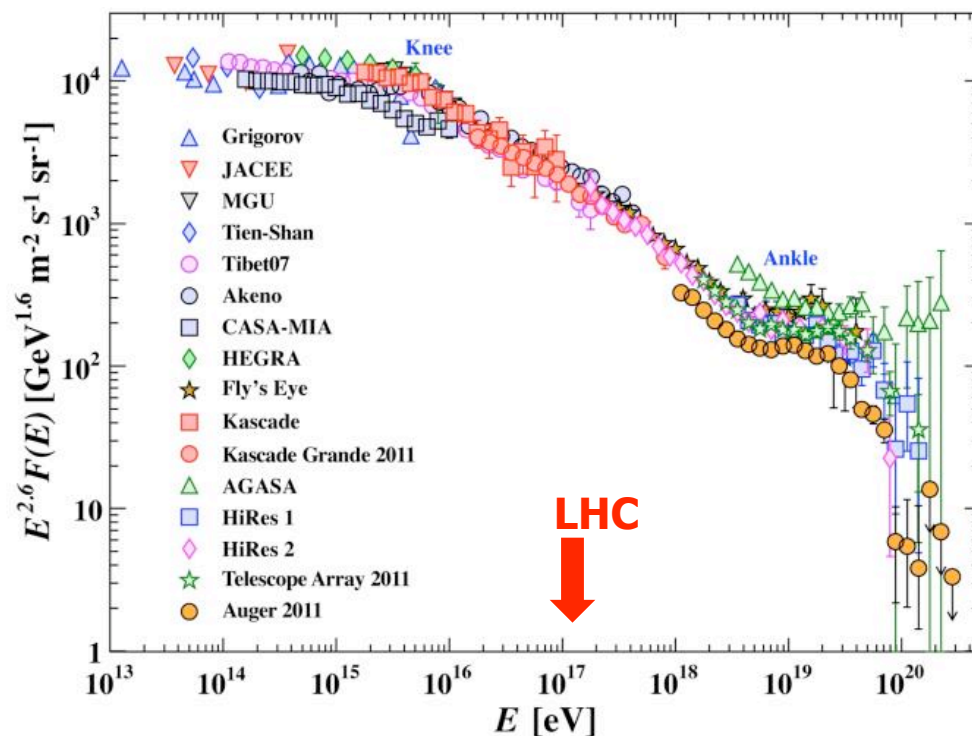
Первичные космические лучи

	<i>Галактические космические лучи</i>	<i>Солнечные космические лучи</i>
Поток	$\approx 1 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Во время солнечных вспышек может достигать $\approx 10^6 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
Состав	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ядерная компонента ($\approx 90\%$ протонов, $\approx 10\%$ ядер гелия, $\approx 1\%$ более тяжелых ядер), 2. Электроны ($\approx 1\%$ от числа ядер), 3. Позитроны ($\approx 10\%$ от числа электронов), 4. Антиадроны ($< 0.01\%$) 	98–99% протоны, $\approx 1.5\%$ ядра гелия
Диапазон энергий	$10^6 - 10^{21}$ эВ	$10^5 - 10^{11}$ эВ

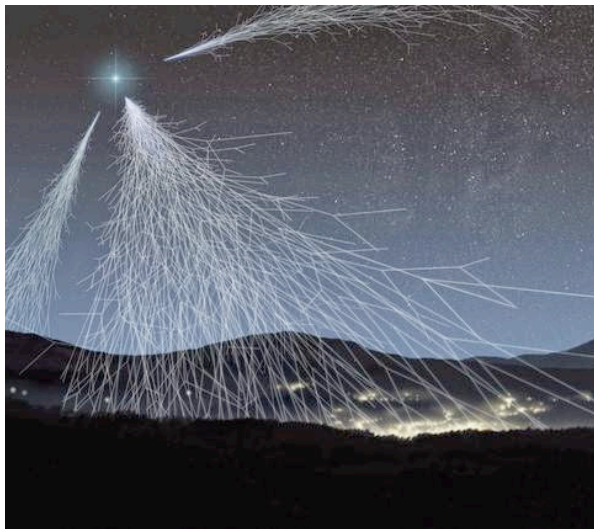
Энергетический спектр космического излучения



Предел Грайзена-Зацепина-Кузьмина $\approx 10^{19}$ эВ

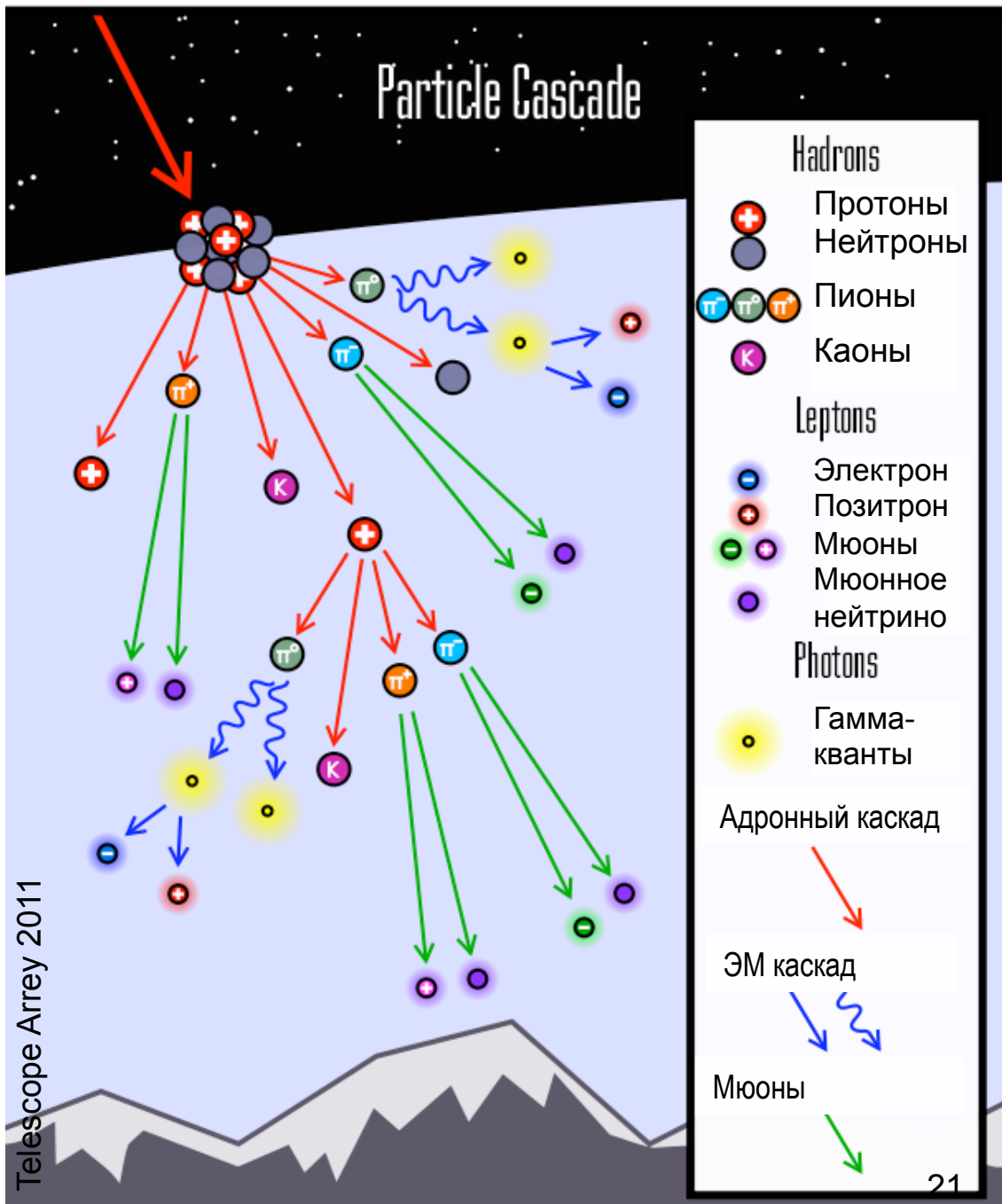


Дифференциальный энергетический спектр (минимальные энергии — жёлтая зона, солнечная модуляция; средние энергии — синяя зона, ГКЛ; максимальные энергии — пурпурная зона, внегалактические КЛ)

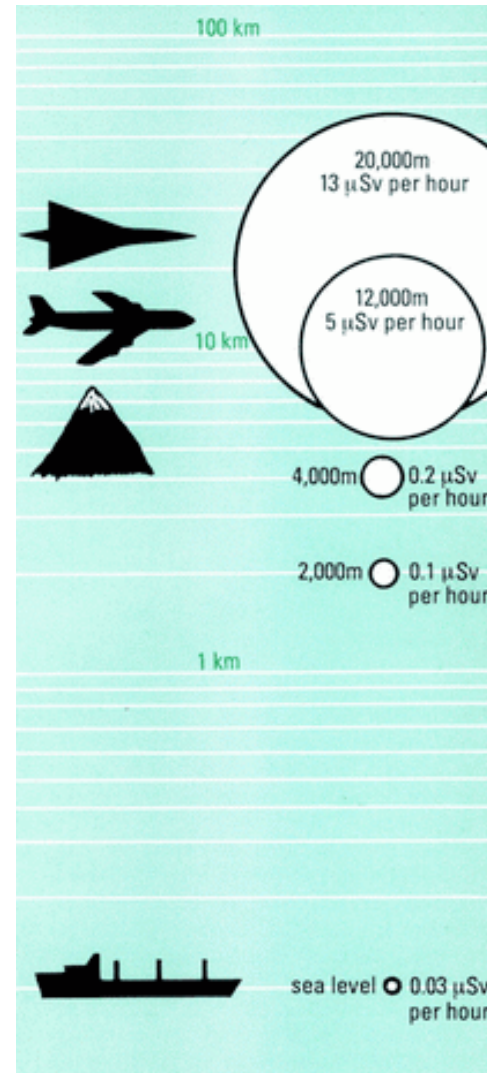
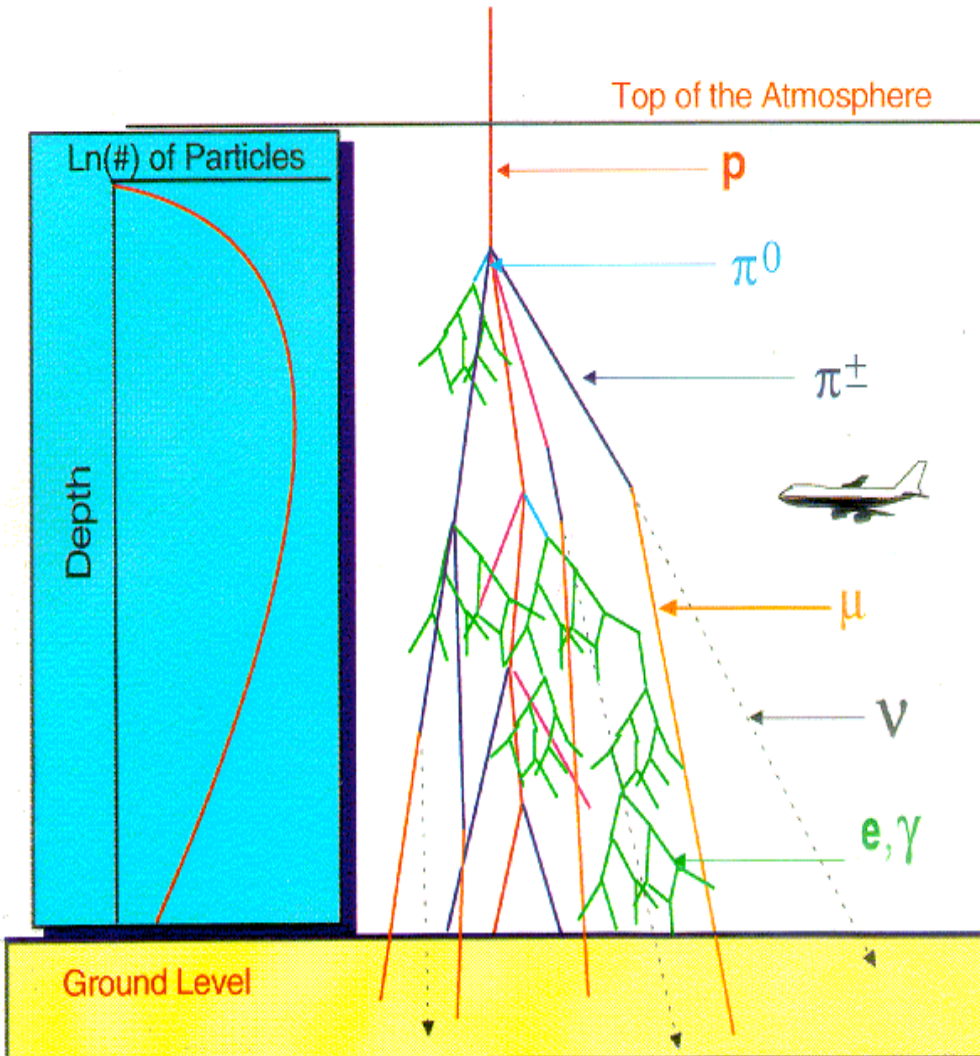


Каскад вторичных частиц в атмосфере Земли

1938 г. Виктор Оже и
сотрудники. Открытие
широких атмосферных
ливней



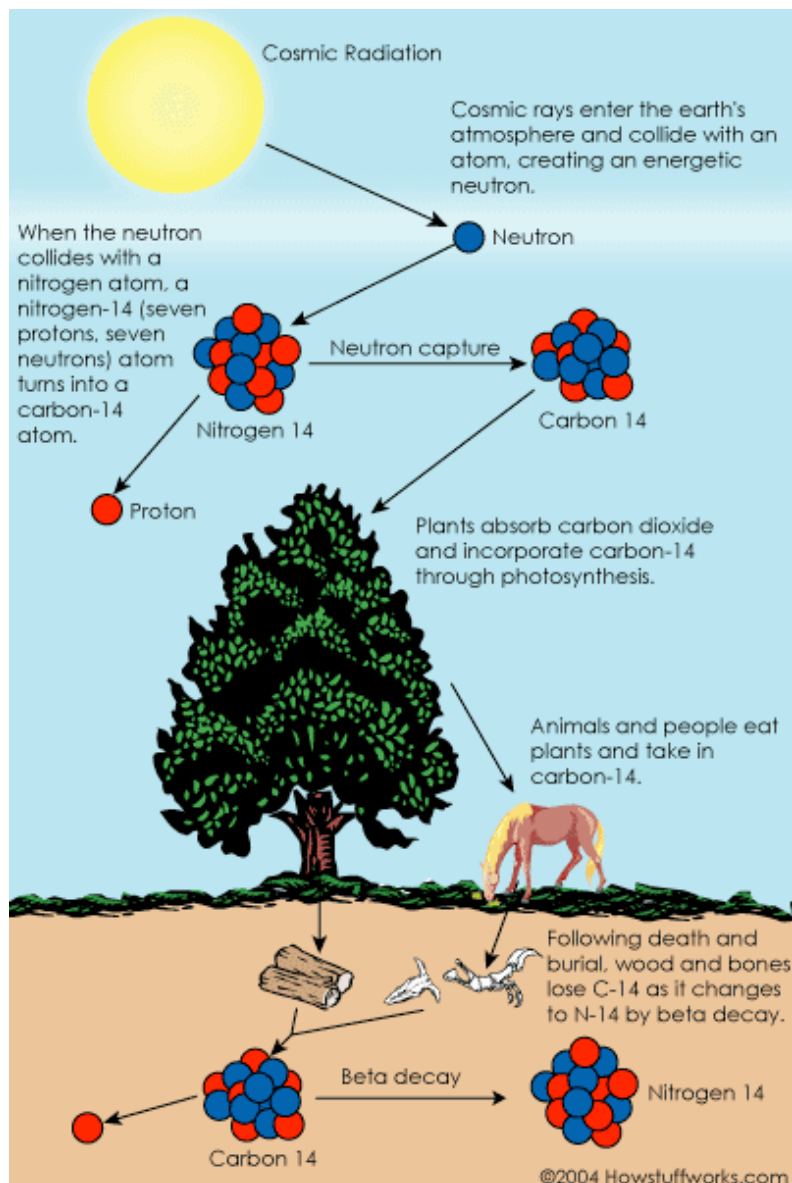
Радиация



5 мкЗв/час

0,03 мкЗв/час

Космогенные радионуклиды



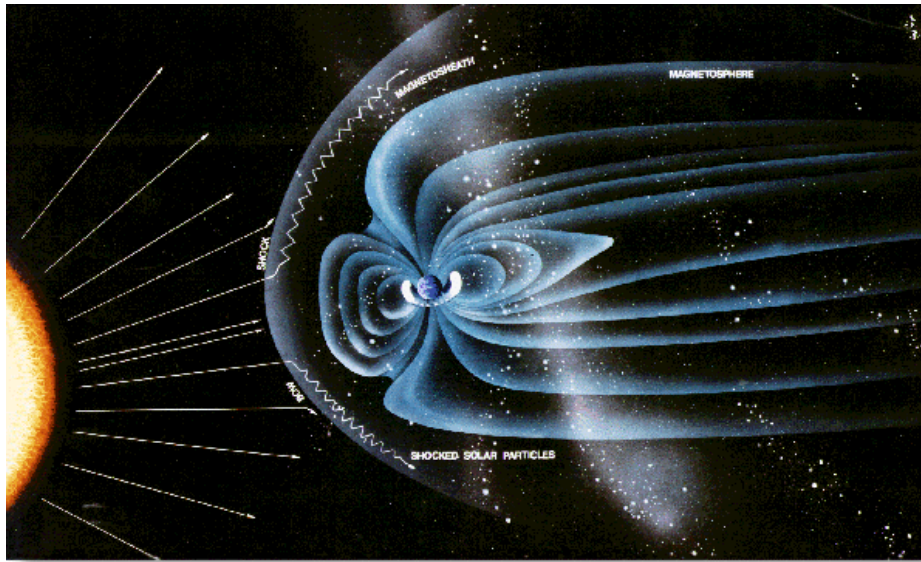
В создание дозы наибольший вклад вносят ${}^3\text{H}$, ${}^7\text{Be}$, ${}^{14}\text{C}$ и ${}^{22}\text{Na}$ которые поступают вместе с пищей в организм человека

Среднее годовое поступление космогенных радионуклидов в организм человека

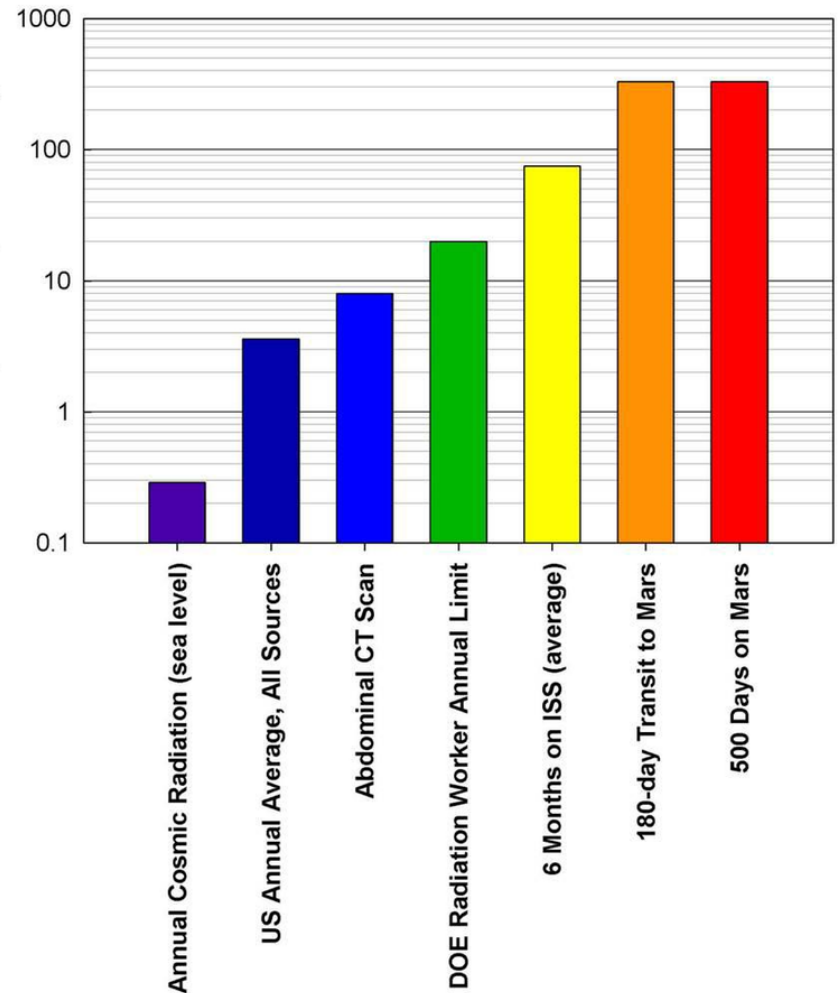
Радионуклид	Поступление, Бк/год	Годовая эффективная доза, мкЗв
${}^3\text{H}$	250	0.004
${}^7\text{Be}$	50	0.002
${}^{14}\text{C}$	20000	12
${}^{22}\text{Na}$	50	0.15

Суммарный вклад космогенных радионуклидов в индивидуальную дозу составляет около **15 мкЗв/год.**

Радиация

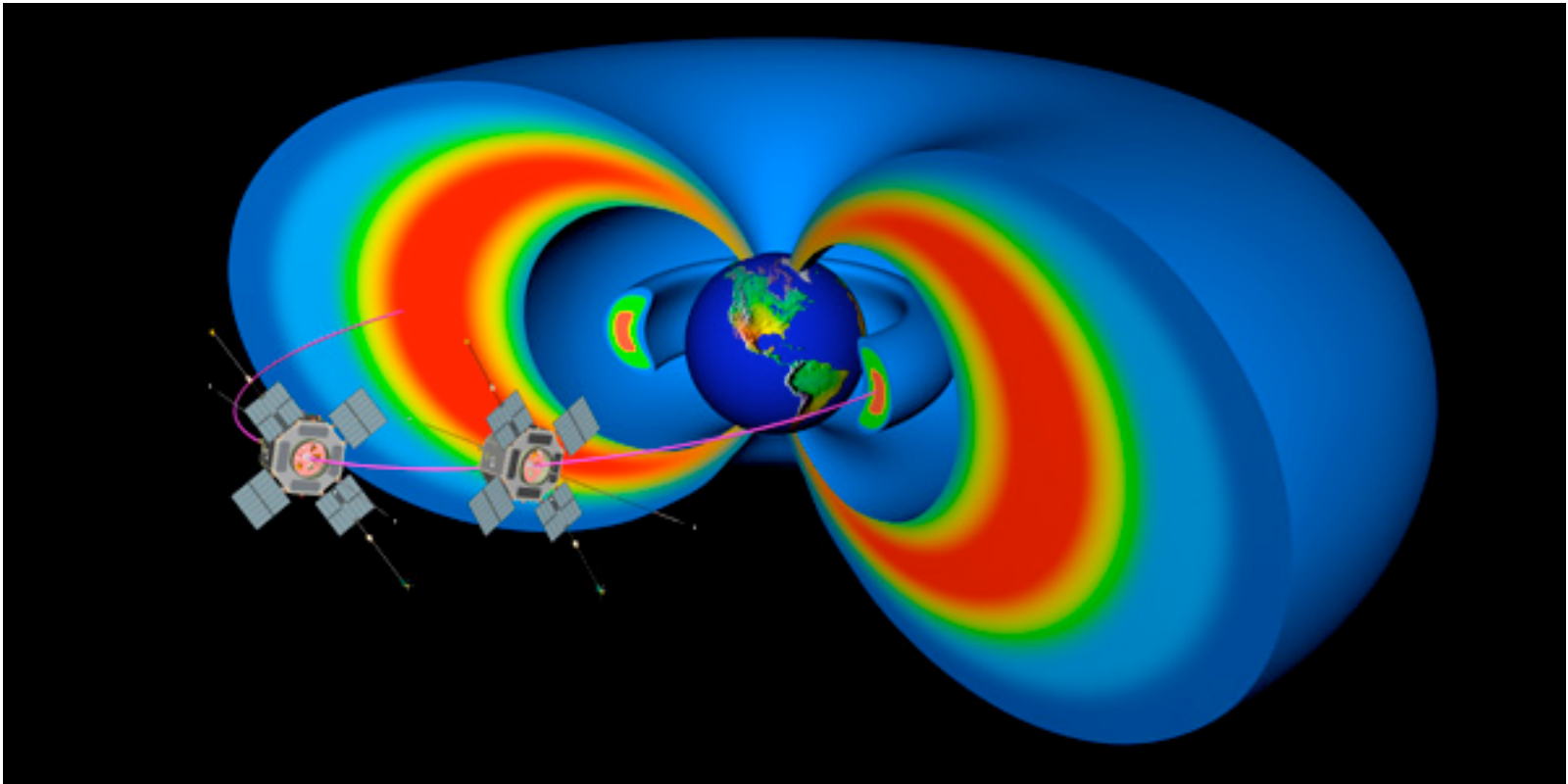


За счет космического излучения большинство населения получает дозу, равную около **0.35 мЗв /год.** Эффективная доза от глобальных авиаперевозок составляет на душу населения в мире в среднем около **1 мкЗв/год**, а в Северной Америке около 10 мкЗв.



МКС (400 км) – 1 мЗв/день

Радиационные пояса Земли



1958 г

Дж. Ван Аллен. Внутренний радиационный пояс на высоте ≈ 4000 км
(протоны с энергией в десятки МэВ)

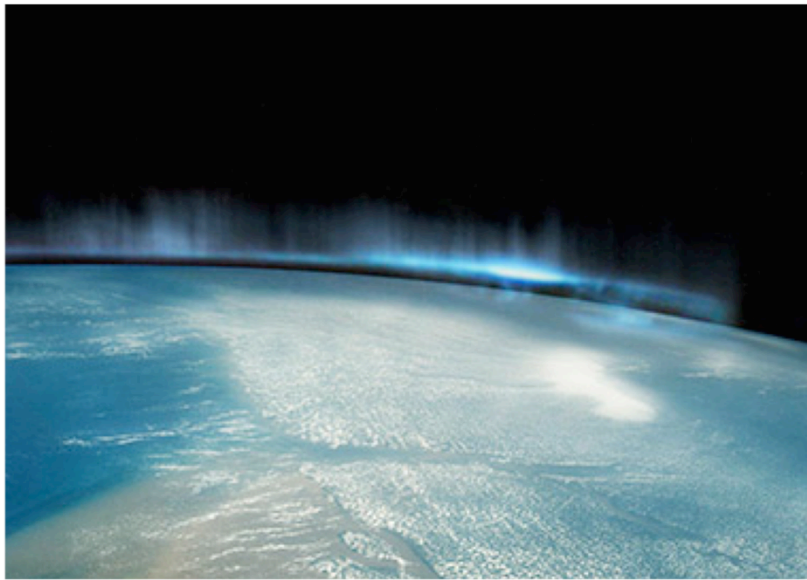
С.Н. Вернов, А.Е. Чудаков. Внешний пояс на высоте $\approx 17\,000$ км
(электроны с энергией в десятки кэВ)

Радиационные пояса Земли

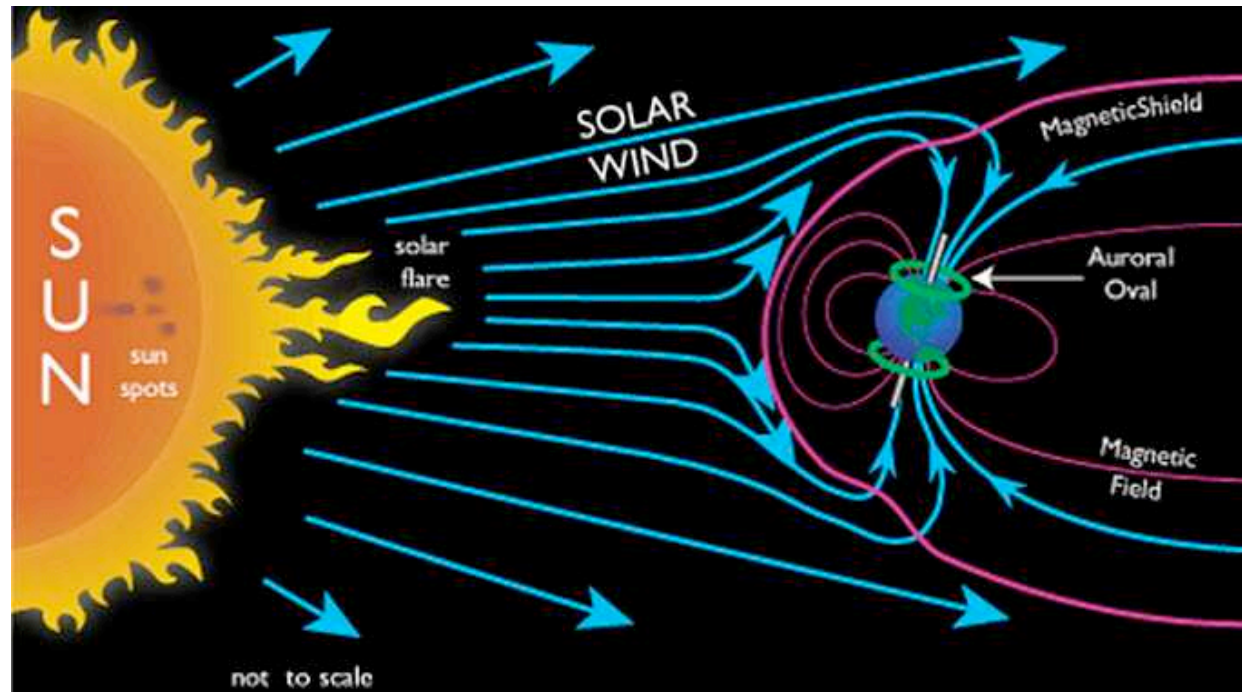
Для заряженной частицы с энергией, не превышающей несколько ГэВ, в магнитном поле Земли существуют магнитные ловушки — области пространства, в которые заряженные частицы не могут ни влететь извне, ни вылететь из них. Эти области имеют форму тороидов, охватывающих Землю в широтном направлении. Их удаленность от Земли зависит от энергии частицы. Чем выше энергия частицы, тем ближе они расположены к поверхности Земли. Вблизи Земли находятся зоны повышенной концентрации заряженных частиц — **радиационные пояса Земли**.

Внутренний радиационный пояс состоит в основном из протонов ($E_p > 35$ МэВ) и находится на расстоянии нескольких тысяч километров от поверхности Земли. Основным механизмом инжекции протонов во внутренний радиационный пояс Земли является распад нейтронов, которые образуются при взаимодействии космических лучей с ядрами атмосферы Земли. Максимум потока захваченных протонов внутреннего радиационного пояса Земли — на расстоянии $\sim 1,5$ радиуса Земли.

Внешний радиационный пояс начинается на высоте 60–75 тыс. км и состоит в основном из электронов с энергией от нескольких сотен кэВ до ~ 10 МэВ.



Северное сияние



Возникновение жизни

«Жизнь есть химическая система, способная к дарвинисткой эволюции»

Карл Саган, NASA

Происхождение жизни

I. **Абиогенез** – возникновение живого из неживого.

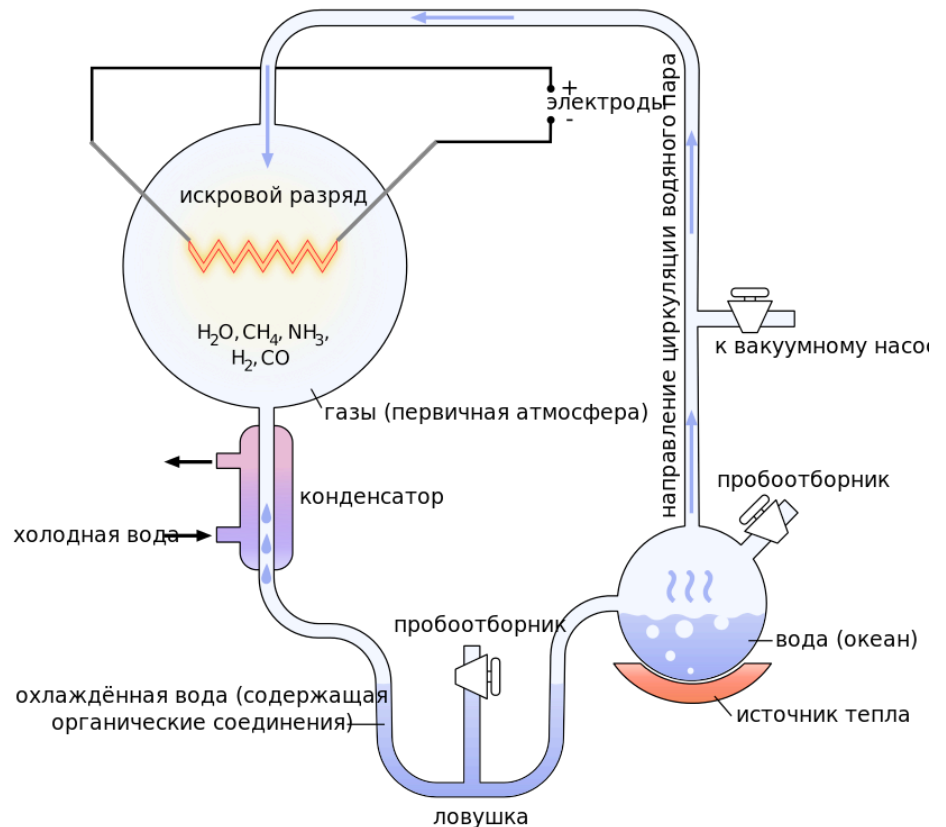
1924 г. А. Опарин, Дж. Холдейн – коацерваты (зоны повышенной концентрации высокомолекулярных органических соединений)

1953 г. С. Миллер, Г. Юри – экспериментальное моделирование химической эволюции (получено 22 вида аминокислот)

....

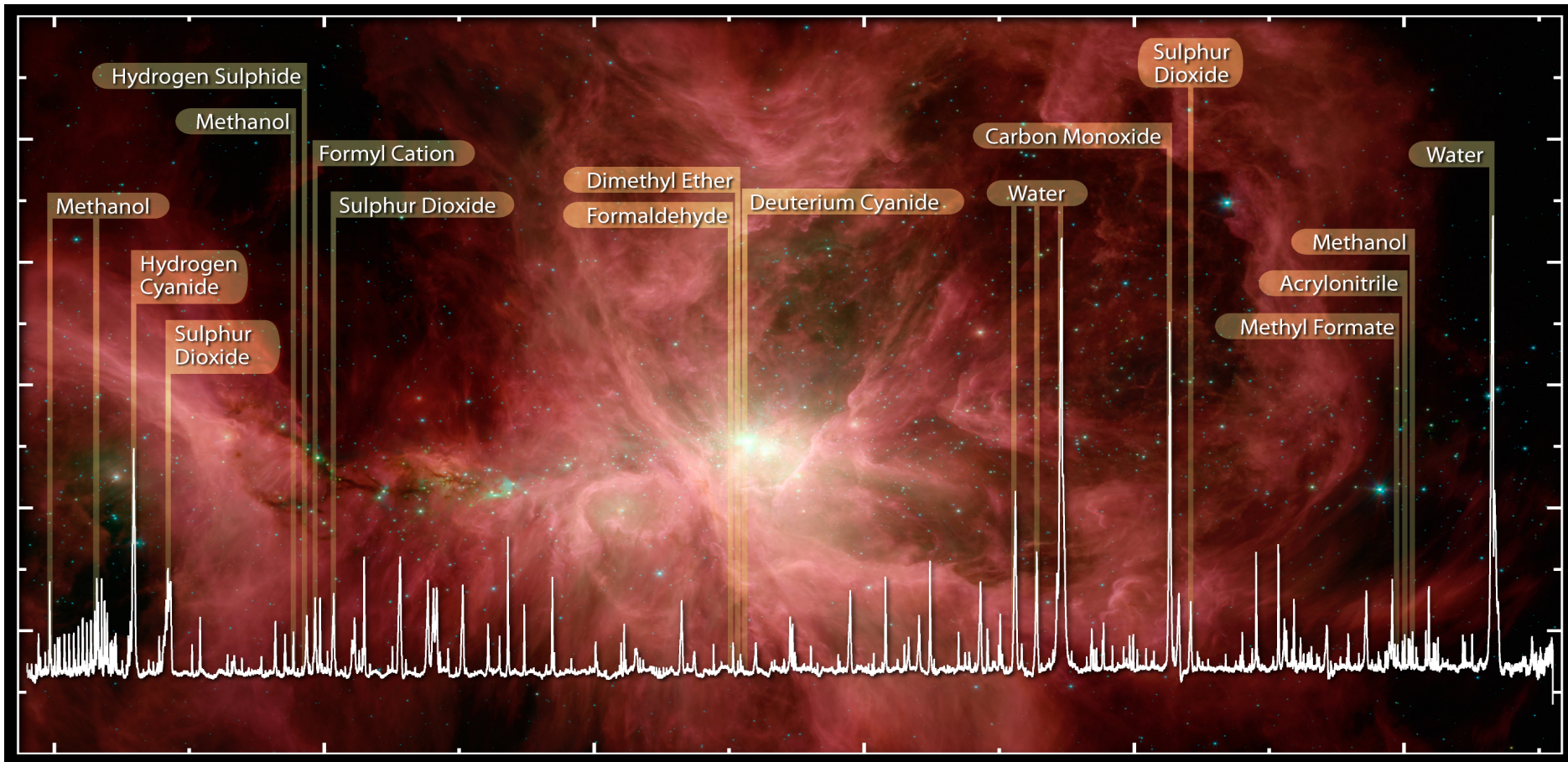
....

2013 г. Д. Шостак - создание модели "протоклетки": ее мембрана состояла не из "современных" молекул, а из простых жирных кислот



Происхождение жизни

II. Панспермия – жизнь вечна и повсеместна, как и материя.



Спектр органических соединений туманности Ориона

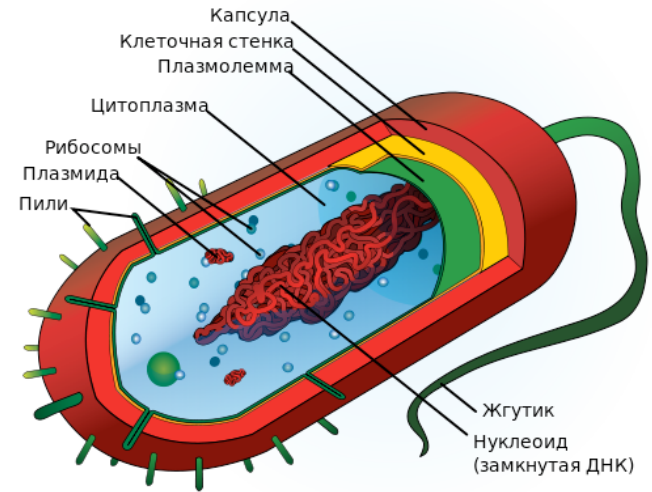
Прокариоты

Первые одноклеточные:

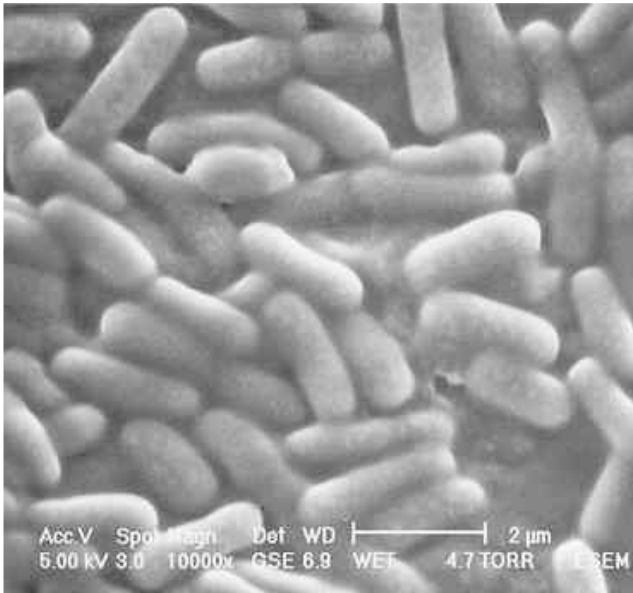
Prokaryotic (отсутствие ядра)

Anaerobic (получающие энергию при
отсутствии доступа кислорода)

Гетеротрофы



Строматолиты (Западная Австралия, 3,5 млрд. лет назад)

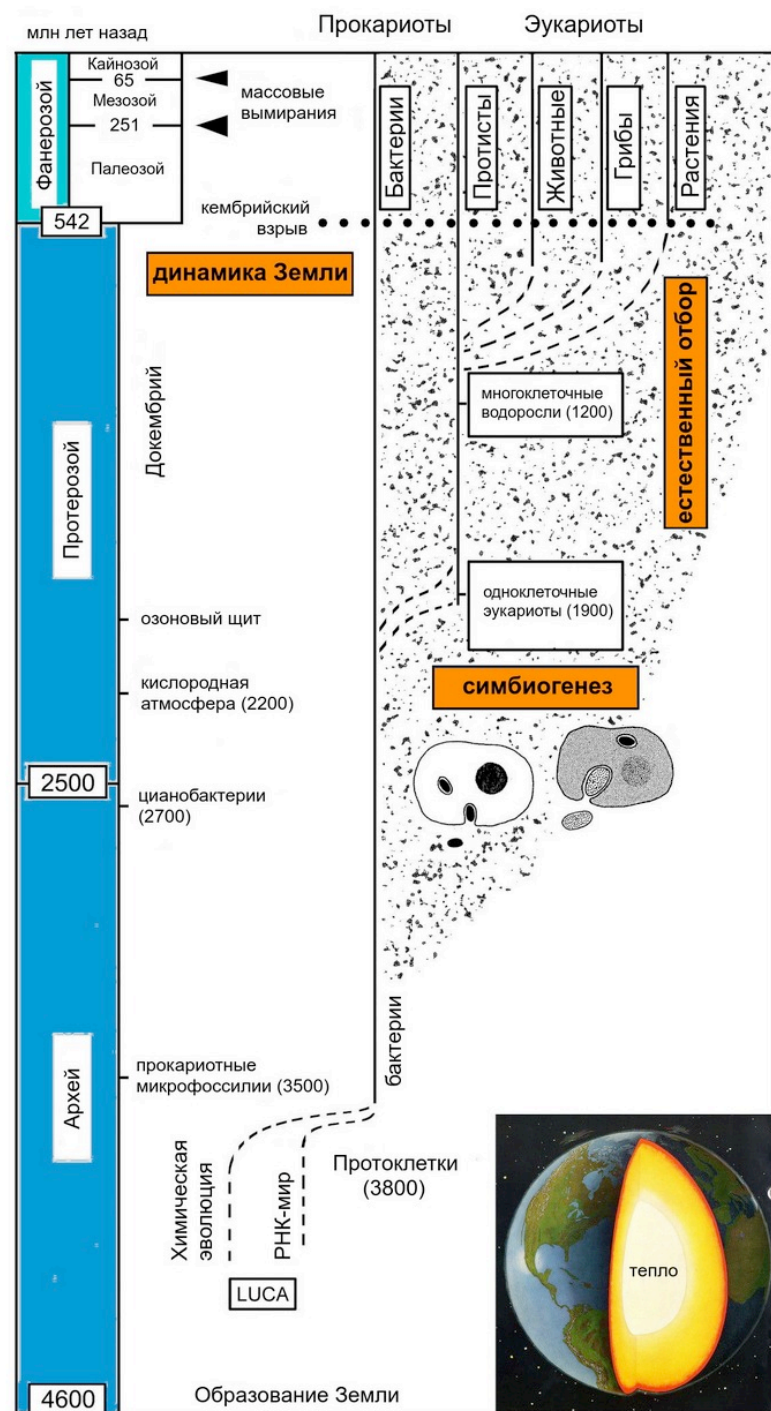


2,2 млрд лет Рост доли кислорода в атмосфере

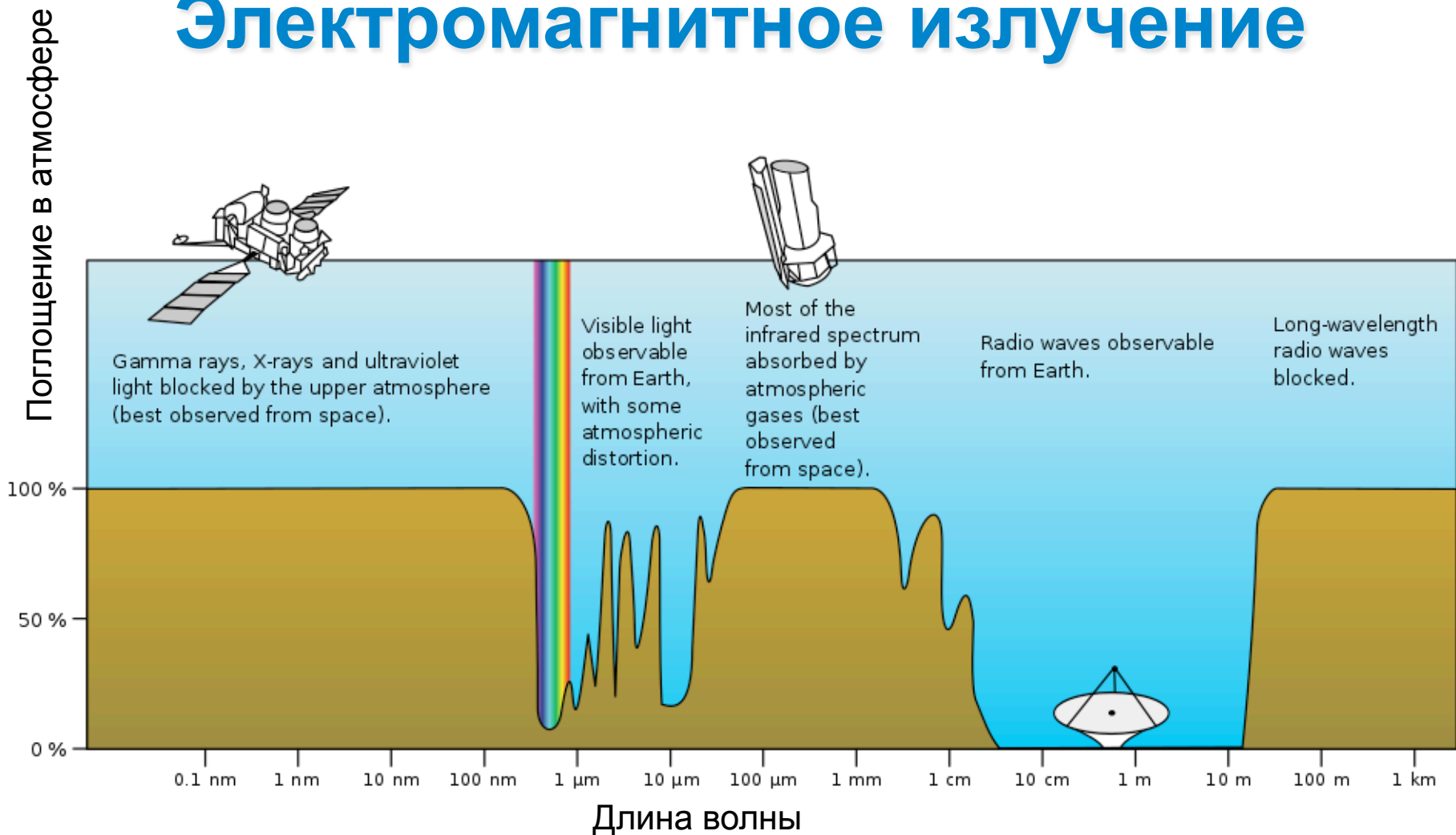
1,5 млрд лет Появление эукариот
Формирование озонового слоя

1,2 млрд лет Многоклеточные организмы

542 млн лет Кембрийский взрыв
(появление экзоскелета)



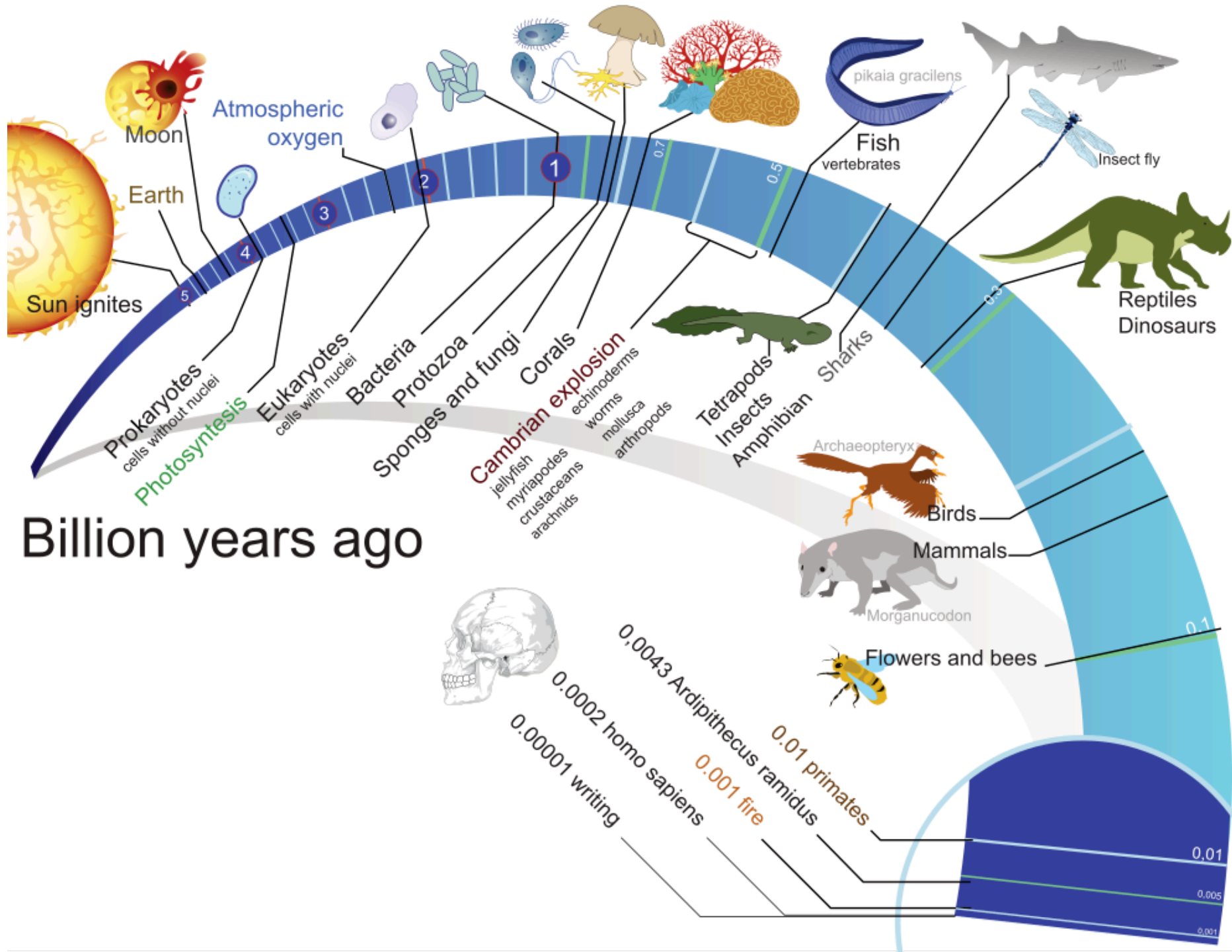
Электромагнитное излучение



Геологическая шкала времени и биосфера Земли

- День (сутки) 10^5 с
- Длительность жизни человека 10^9 с (100 лет)
- Возраст цивилизации 10^4 лет
- Длительность существования человека 10^6 лет
- Последняя инверсия геомагнитного поля $7.8 \cdot 10^5$ лет
- Возраст галактических космических лучей (ГКЛ) $\leq 10^8$ лет
- Длительность существования млекопитающих 10^8 лет
- Кембрийский взрыв $5.4 \cdot 10^8$ лет
- Длительность существования многоклеточных организмов $(2.0-2.5) \cdot 10^9$ лет
- Длительность существования биосферы (возникновение одноклеточных водорослей) $3.5 \cdot 10^9$ лет
- Возраст Земли $(4.54 \pm 1\%) \cdot 10^9$ лет

Если возраст Земли $((4.54 \pm 1\%) \cdot 10^9$ лет) принять за сутки, то жизнь на Земле появилась в 5 утра, к 8 вечера появились моллюски, к 11 вечера – динозавры. Млекопитающие появились за 30 минут до полуночи, а возраст человека не превышает минуты.



Billion years ago

Prokaryotes
cells without nuclei

Photosynthesis

Eukaryotes
cells with nuclei

Bacteria

Protozoa

Sponges and fungi

Cambrian explosion
jellyfish
myriapodes
crustaceans
arachnids

Corals
echinoderms
worms
mollusca
arthropods

Tetrapods
Insects
Amphibian

Sharks

Archaeopteryx

Birds

Mammals

Morganucodon

Flowers and bees

0.01 primates

0.0043 Ardipithecus ramidus

0.001 fire

0.0002 homo sapiens

0.0001 writing

0.01

0.005

0.001

