

Возникновение и развитие жизни на Земле



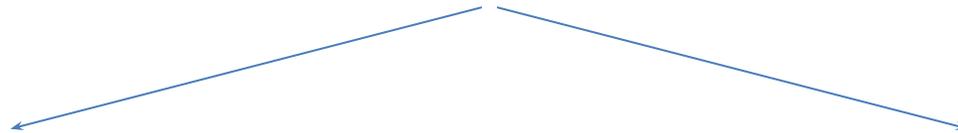
Палеонтология- наука об ископаемых останках растений и животных, пытающаяся реконструировать по найденным останкам их внешний вид, биологические особенности, способы питания, размножения и т. д., а также восстановить на основе этих сведений ход биологической эволюции. Палеонтологи исследуют не только останки собственно животных и растений, но и их окаменевшие следы, отброшенные оболочки, [тафоценозы](#) и другие свидетельства их существования.

В палеонтологии также используются методы [палеоэкологии](#) и [палеоклиматологии](#) с целью воспроизведения среды жизнедеятельности организмов, сопоставления современной среды обитания организмов, предположения местообитаний вымерших и т. д.

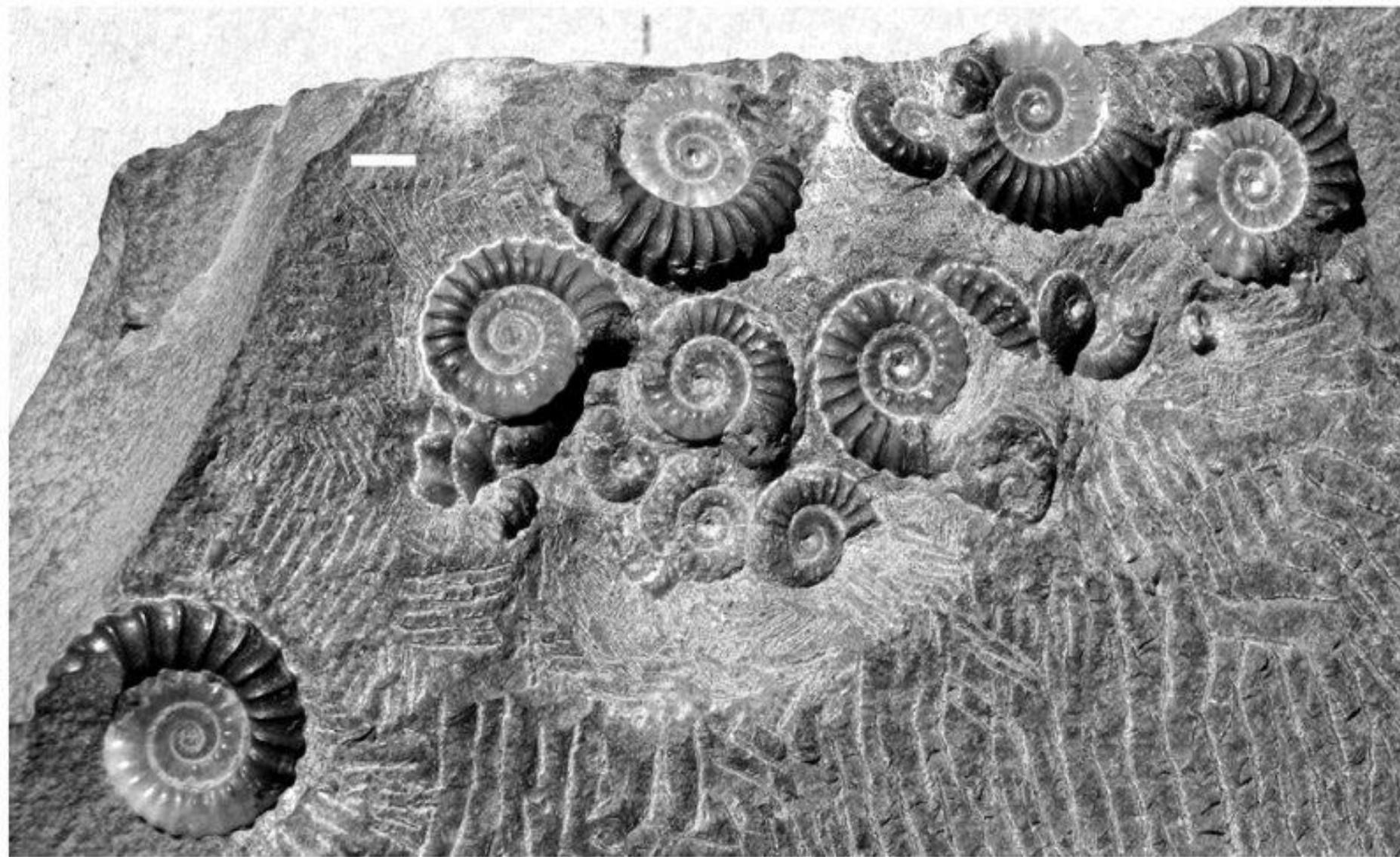
Тафоцено́з (от [греч.](#) táphos — [могила](#), погребение и koinós — общий) — скопление органических остатков ([животных](#) и [растений](#)), погребенных в [осадках](#), но ещё мало измененных процессами минерализации.

Палеонтология - раздел исторической геологии, изучающий остатки древних животных и растений. Палеонтология изучает видовой состав ископаемых организмов, их морфологию и изменчивость, решает вопросы эволюции, восстанавливает основные направления развития животных и растений.

Палеонтология



палеозоология
палеоботаника







Палеозоология делится на **палеозоологию беспозвоночных** (включая палеоэнтомологию) и **палеозоологию позвоночных**.

А **палеоботаника** — на **палеоальгологию** (ископаемые водоросли), **палеопалинологию** (пыльца и споры древних растений), **палеокарпологию** (семена древних растений) и др. разделы. Существует также **палеомикология** — изучение ископаемых остатков грибов.

Изучением древних микроорганизмов занимается **микрорпалеонтология**.

Создание **палеоэкологии** позволило проследить связи организмов прошлого друг с другом и с окружающей средой внутри популяций, **ценозов** и всего населения древних бассейнов.

Среди других разделов изучают **палеобиогеографию, тафономию**
Тафономия (от греч. τάφος — «могила, погребение», и νόμος — «закон») — раздел палеонтологии, научная дисциплина, изучающая закономерности процессов захоронения (образования местонахождений) ископаемых остатков организмов.

.





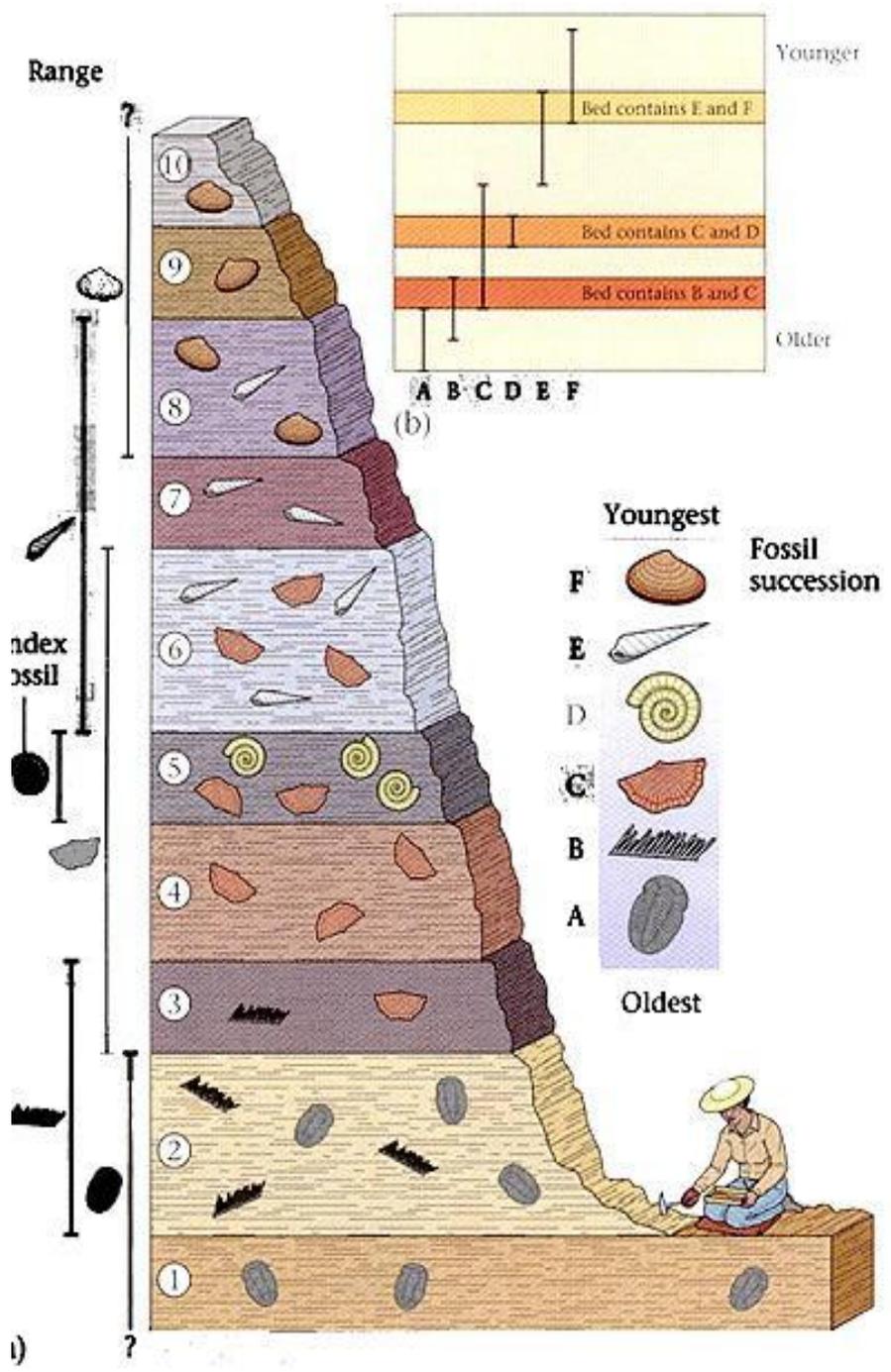
Значение и задачи палеонтологии

1. Понимание становления и развития жизни, в прикладных биостратиграфических целях.
2. Влияние палеонтологии на мировоззрение и менталитет человечества, на переход к современному экологическому миропониманию.
3. Рассмотрение проблем, связанных с эволюцией отдельных групп ископаемых.
4. Обзор современных подходов к таксономии, к построению системы и филогении-историческом развитии.
5. Создала основы кладистики (направление филогенетической систематики).
6. Перспективные направления современной палеонтологии и их связь с развитием смежных наук минералогией, геохимией, молекулярной биологией.
7. Палеонтология внесла в геологию свой метод отсчёта времени (биохронология)

БИОСТРАТИГРАФИЯ занимается определением относительного геологического возраста осадочных горных пород путём изучения распределения в них ископаемых остатков организмов

Теоретической основой биостратиграфии является **закон соответствия флоры и фауны Гексли** полагающий, что слои, в которых содержатся ископаемые остатки одинаковых видов живых организмов, имеют одинаковый возраст.

Тóмас Гёнри Гёксли (4 мая 1825 — 29 июня 1895) — английский зоолог, популяризатор науки и защитник эволюционной теории Чарлза Дарвина (за свои яркие полемические выступления он получил прозвище **«Бульдог Дарвина»**). Член (в 1883—1885 годы — президент) Лондонского королевского общества.



Самые крупные отрезки времени называют **зоны**, их 3 – **катархей** «ниже древнейшего», **криптозой** (скрытая жизнь) и **фанерозой** (явная жизнь). Зоны делятся на **эры**.

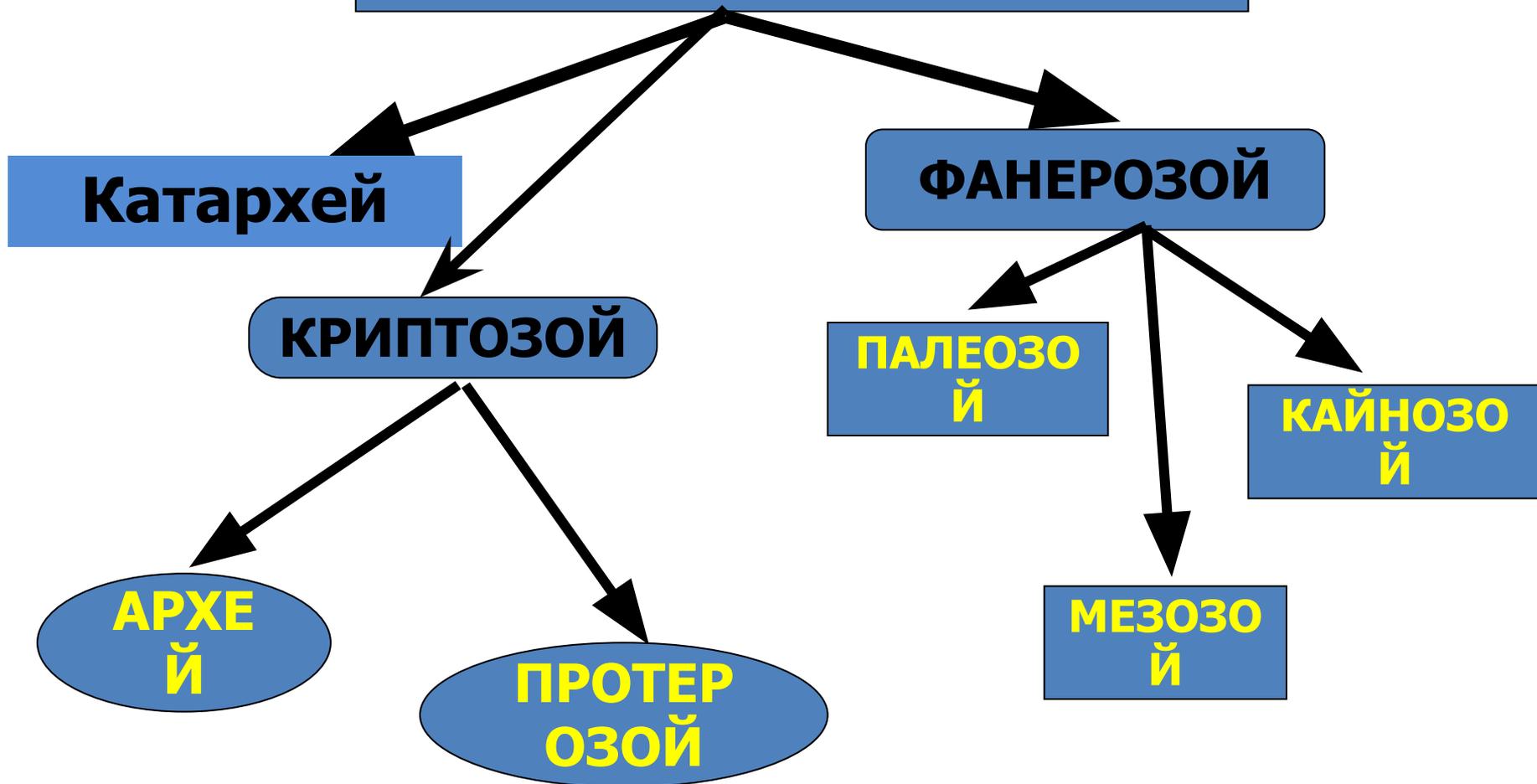
Катархей на эры не делится.

В криптозое 2 эры – **архей** (древнейший) и **протерозой** (первичная жизнь). Фанерозой включает 3 эры – **палеозой** (древняя жизнь), **мезозой** (средняя жизнь), **кайнозой** (новая жизнь).

Эры делятся на **периоды**.

Периоды делятся **на века или ярусы**.

ЭОНЫ-отрезки времени



Криптозой (скрытая жизнь): архейская эра и протерозойская эра

Архейская эра не подразделяется на периоды.



ФАНЕРОЗОЙ (явная жизнь)

Палеозойская эра





Мезозойская эра

Триасовый
период

Юрский
период

Меловой
период



Кайнозойская эра

Четвертичный
(Антропогеновы
й) период

Неогеновый
период

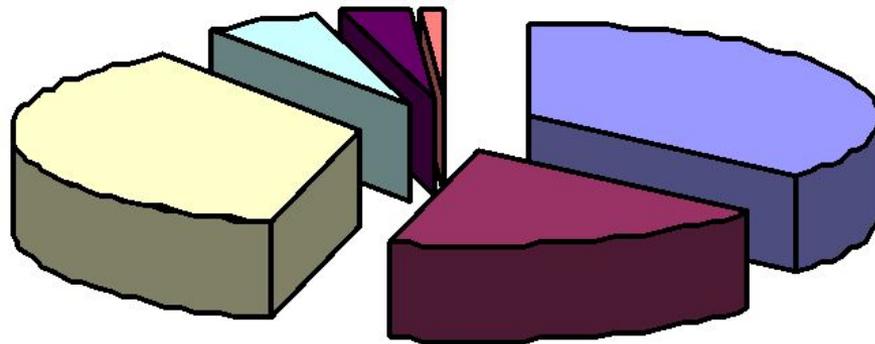
Палеогено
вый
период

Каждый **О**тличный
Студент **Д**олжен **К**ушать
Пончики; **Т**ы, **Ю**ра, **М**ал
— **П**ей **Н**очью **Ч**ай

Кембрийский, ордовикский, силурийский,
девонский, карбоновый, пермский, триасовый,
юрский, меловой, палеогеновый, неогеновый,
четвертичный

Геохронологическая шкала

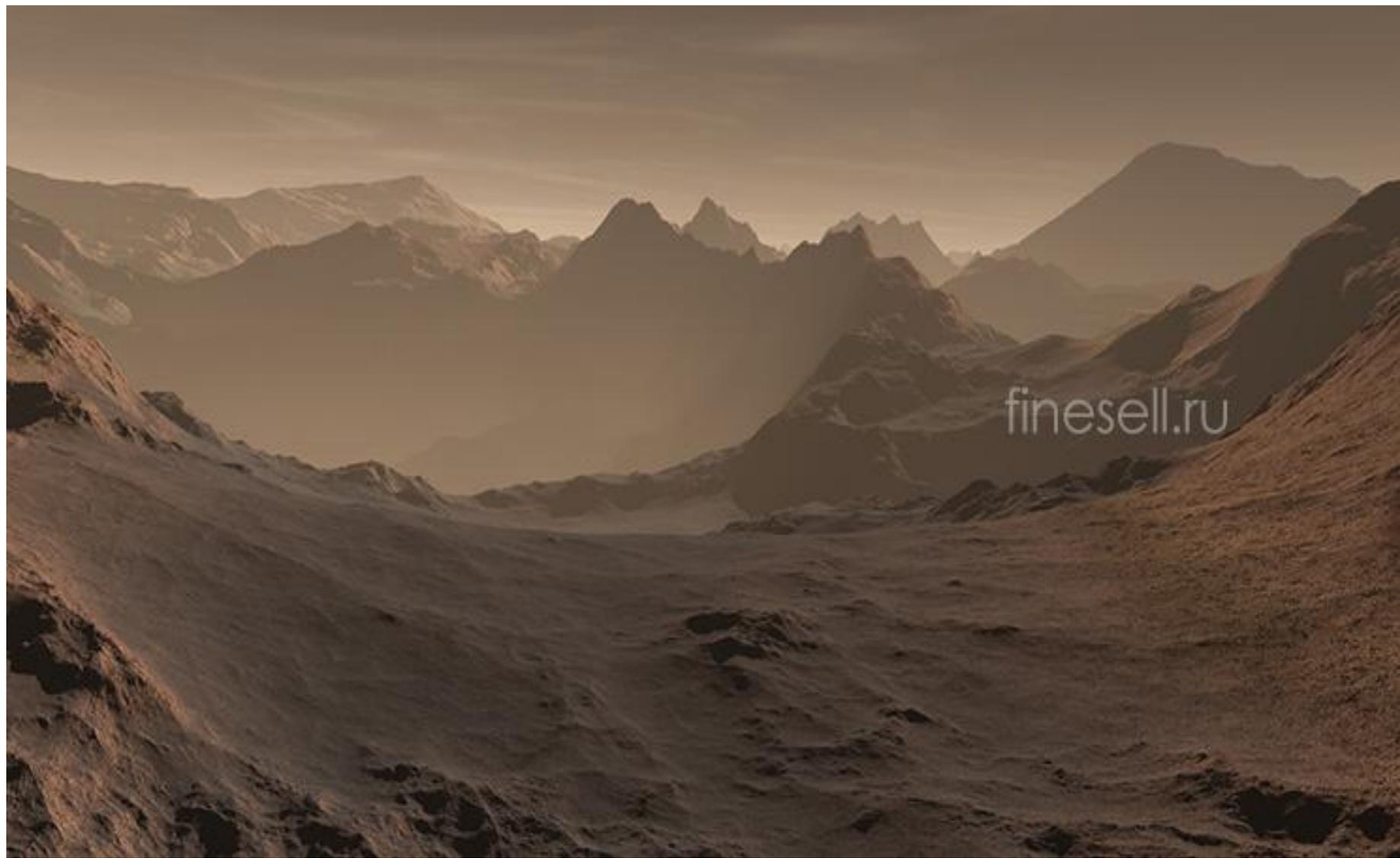
Продолжительность эр

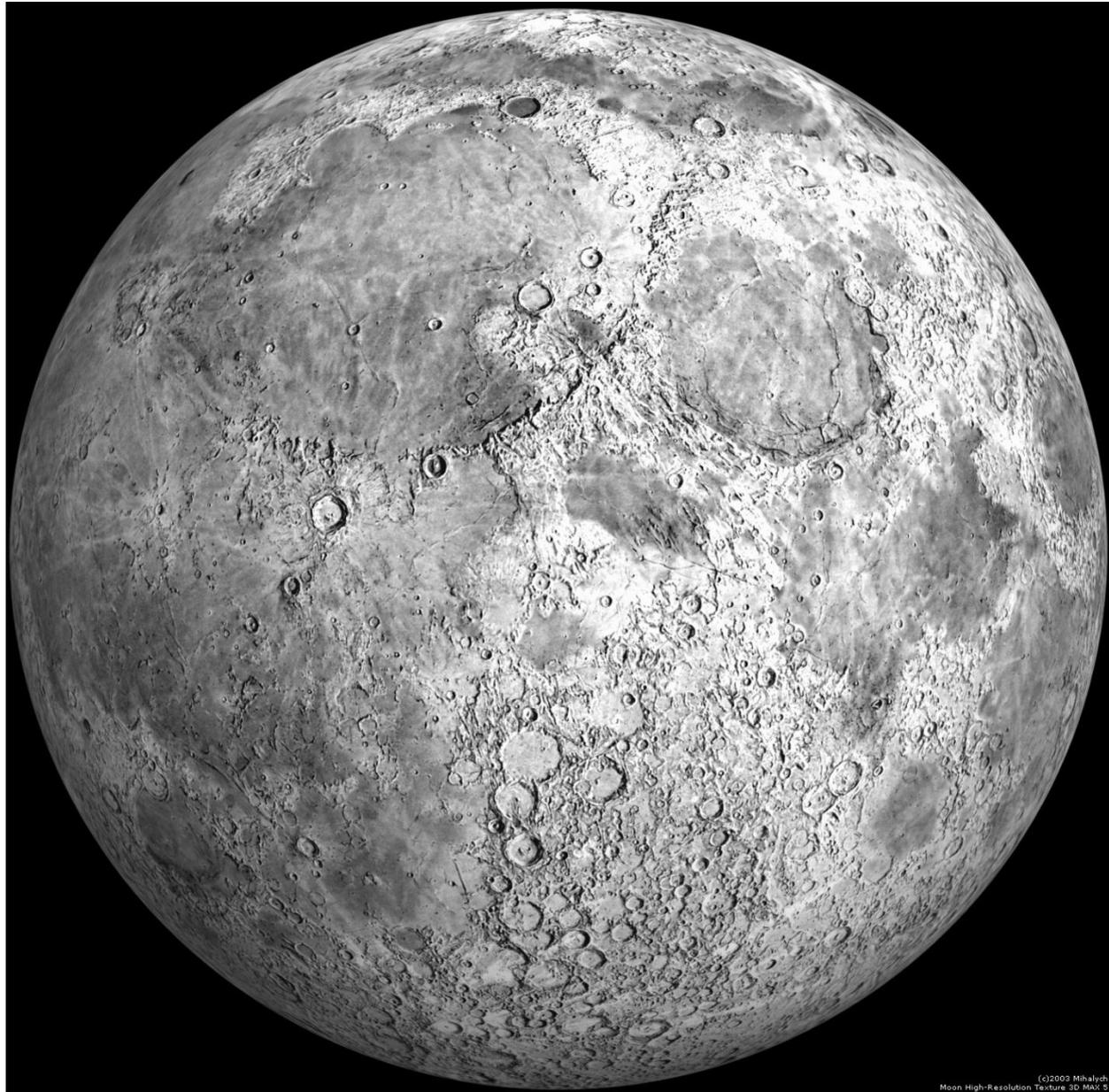


Название зона, эры, период	длительность	геологическое состояние	Формы жизни	ароморфозы	идиоадаптации
Катархей	4,6 млрд. - 4,0 млрд. лет (600 млн. лет)	Земля - холодное космическое тело, нет ядра, земной коры, покрыта реголитом	органической жизни нет		
Криптозой .Архейская эра	от 4,0 до 2,5 млрд лет, длительность 1,5 млрд лет				

Катархей (греч. катархаїος — «*ниже древнейшего*»), геологический эон, интервал геологического времени, предшествовавший архею. Осадочные породы из катархея неизвестны. Начался с образования Земли — **около 4,6 млрд лет** назад. Верхняя граница проводится по времени **4,0 млрд лет** назад (точно). Таким образом, этот эон охватывает **первые 600 млн лет** истории Земли. В современной геохронологической шкале он не разделён на эры и периоды.

Земля сразу после своего образования была сравнительно холодным космическим телом — температура в её недрах нигде не превышала температуру плавления вещества. Она имела достаточно однородный состав, не существовало ни ядра, ни земной коры. Рельеф напоминал испещрённую кратерами поверхность Луны, однако был сглажен из-за сильных и практически непрерывных приливных землетрясений и сложен только монотонно тёмно-серым первичным веществом, покрытым сверху толстым слоем реголита- наподобие лунной пыли, остаточный грунт, являющийся продуктом космического выветривания породы на месте.







Криптозой. Архейская эра

Эра древнейшей жизни в истории развития Земли от 4,0 до 2,5 млрд лет назад, длительность 1,5 млрд лет. Термин «архей» предложил в 1872 году американский геолог Джеймс Дана

Геологическое состояние земли

- В раннем архее атмосфера и гидросфера, по-видимому, представляли смешанную парогазовую массу, которая мощным и плотным слоем окутывала всю планету. Проницаемость её для солнечных лучей была очень слабая, поэтому на поверхности Земли царил мрак. Парогазовая оболочка состояла из паров воды и некоторого количества кислых дымов. Ей присуща была высокая химическая активность, вследствие чего она активно воздействовала на базальтовую поверхность Земли. **Горный ландшафт, равно как и глубокие впадины, на Земле отсутствовали.**
- В эпоху архея происходила дифференциация парогазовой оболочки **на атмосферу и гидросферу.** Архейский океан был мелким, а воды его представляли **крепкий и очень кислый солевой раствор,** появляются изолированные друг от друга соленые водоемы с горячей водой.

В атмосфере преобладает углекислый газ, азота в ней было очень мало, кислорода не было совсем. Температура доходит до 120 °С.

На раскаленной Земле бурлили вулканы, а из космоса постоянно падали метеориты.

Происходит образование **Ваальбары** – основного земного материка размером с Мадагаскар. **Сутки длятся около 15 часов.**

Происходит образование мирового океана. Изменения подводных хребтов приводит к медленному повышению объема воды и понижению количества углекислого газа в атмосфере. Горных массивов еще не существует. Вместо них над землей возвышаются действующие вулканы.







- Затем мощная, плотная атмосфера начала охлаждаться, в результате чего **выпадали обильные дожди**. На горячей земной поверхности они мгновенно превращались в пар. Твердая кора охладилась, океанические впадины заполнились водой. Извергаемая миллионами вулканов лава застывала на поверхности, образуя первичные горы и плоскогорья, материки и океанические впадины. Из вулканов формируются первые острова. Температура воды в период архейской эры **достигала 90°C**.



Первичный океан, реки, атмосфера разрушали первичные горы и материки, образуя **первые осадочные породы**. На протяжении многих миллионов лет истории Земли эти породы, неоднократно подвергаясь воздействию раскаленного вещества, громадного давления и высокой температуры, сильно изменились. **Ныне они твердые и плотные**. Именно в архейскую эру происходит наибольшее формирование полезных ископаемых. Этому способствует активная деятельность вулканов.

Колоссальные месторождения графита, каолина, железных, золотых, медных, никелевых, кобальтовых, марганцевых, урановых руд, алюминия, молибдена, свинца и цинка, строительного камня, слюды были заложены этой эпохой жизни земли. На территории Российской Федерации архейские месторождения найдены на Урале и в Сибири





- В архейскую эру в теплых водах первичного океана протекали различные химические реакции между солями, щелочами и кислотами. Им благоприятствовали солнечная радиация, плотная атмосфера, ионизация воды, вызываемая разрядами огромных молний.
- В конце архейской эры в морях **появляются коацерватные капли**, комочки белкового вещества, положившие начало всему живому на Земле. Основой синтеза первичных белковых веществ, несомненно, **являлись аминокислоты**.



- В архейской эре возникли **первые клеточные живые организмы**. Они были гетеротрофами и в качестве пищи использовали органические соединения «первичного «бульона». (В осадочных породах древностью 3.5 млрд. лет обнаружены биополимеры). Первыми жителями нашей планеты были **анаэробные бактерии**.

Архейская эра - развитие жизни



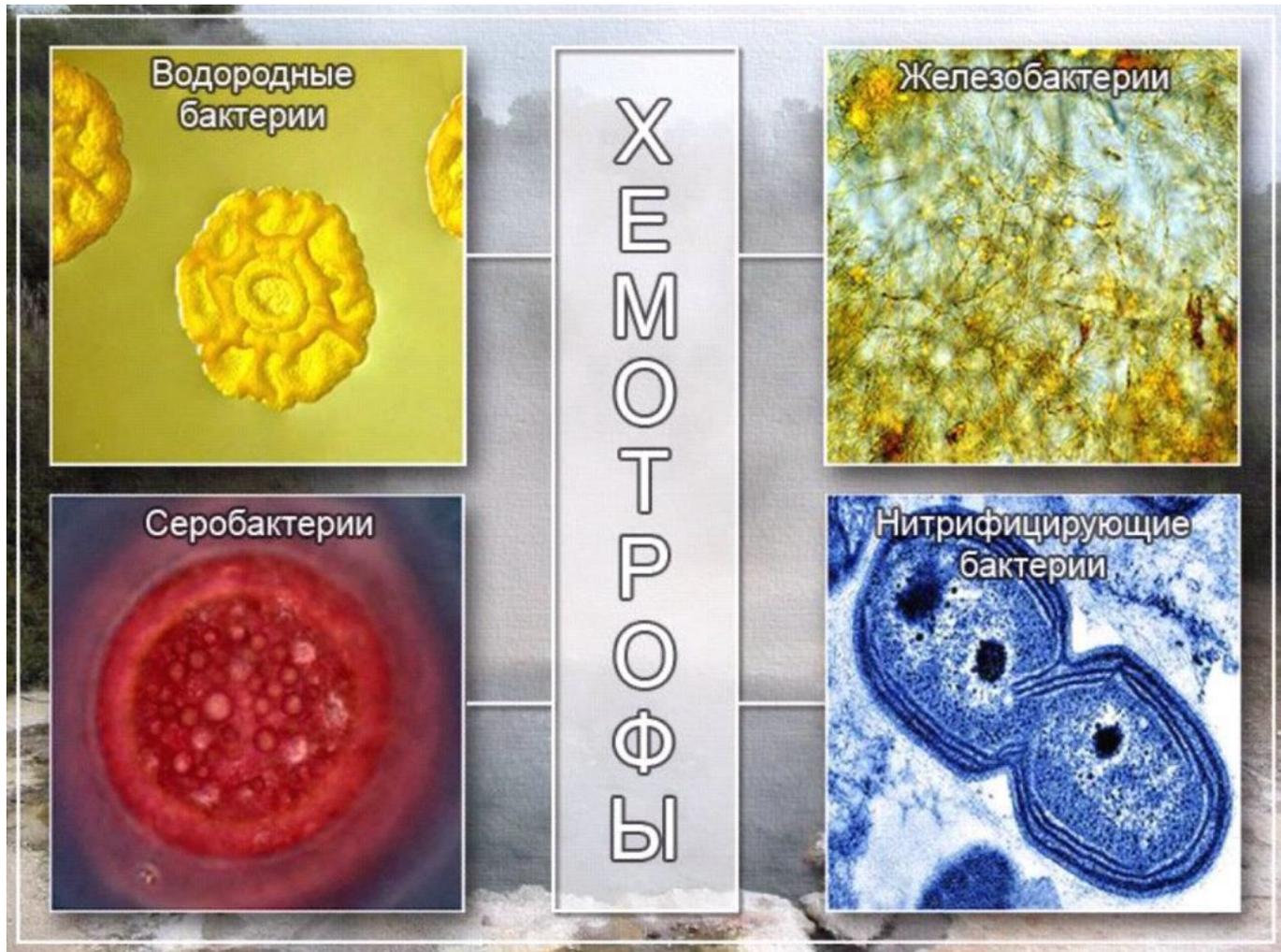
Живые организмы:

- o Прокариоты.
Бактерии.
Первоначально
появились в
анаэробной среде
2,5-3 млрд. лет назад
в морях**
- o Цианобактерии**

Возникновение прокариот 2,5 млрд лет





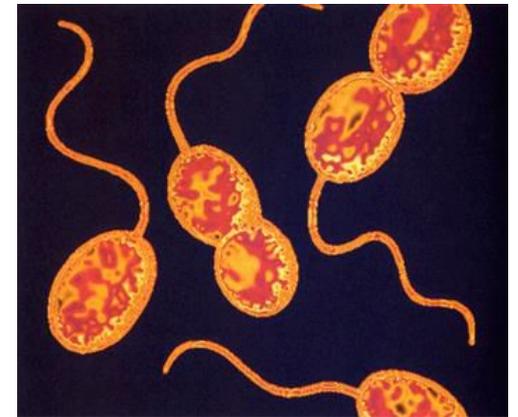


Хемосинтезирующие бактерии.

Важным ароморфозом архея было появление **хемоавтотрофных бактерий**, окисляющих соединения железа и серы – **железобактерии и серобактерии**.

Архейская эра

- Следующим ароморфозом стало появление **процесса фотосинтеза**. Сначала **зеленые и пурпурные** серобактерии с фотосистемой-1, которые из углекислого газа и сероводорода за счет энергии света образовывали органику с выделением серы: $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} + \text{Q} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + 2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$



- Позже появляются **синезеленые (цианобактерии) с ФС-2**. Фотосинтез синезеленых — важнейший ароморфоз архейской эры. Благодаря их жизнедеятельности атмосфера начинает обогащаться кислородом.



Прокариоты архея



Анаэробные гетеротрофы

Хемоавтотрофные организмы

Фотоавтотрофные организмы:
 а) с ФС-1 (зеленые и пурпурные)
 б) с ФС-2 (цианобактерии)

Stromatolite



В породах блока Пилбара (Западная Австралия) и Онфервахт обнаружены самые **древние строматолиты, имеющие возраст 3,4-3,5 млрд. лет.** В органическое происхождение строматолитов до середины 20 века мало кто верил. Только в 60-е гг. в австралийском **заливе Шарк-Бей** были обнаружены **современные строматолиты** (на фото). Оказалось: строматолиты – продукты жизнедеятельности сине-зеленых водорослей – бактерий-прокариотов.

- **Наличие строматолитов указывает на фотосинтез уже в архее. Это самые древние экосистемы из известных.**

В архейской биосфере они были главными, а затем хоть и уступили место другим, но продолжают существовать и сегодня.

- **Строматолиты** – тонкослойчатые колонны или холмики, состоящие из карбоната кальция (кальцита). Образуются в результате жизнедеятельности **прокариотного сообщества – цианобактериального мата**. **Мат** – плотный многослойный ковер толщиной до 2 см из цианобактерий располагается на поверхности создаваемого им строматолита. На поверхность мата, обитающего на мелководье, постоянно выпадают частички осадка (кристаллы карбоната кальция). Бактерии мигрируют сквозь этот осадок, образуя выше еще одну поверхность и т.д., т.е. мат структурирует естественное осадконакопление.

- **Цианобактерии непосредственно из атмосферы усваивают углерод (днем) и азот (ночью). Используя солнечную энергию, они создают органическое вещество, попутно выделяя кислород.** Цианобактериальный мат относится к экосистеме организмов с коротким жизненным циклом, быстро набирающим максимальную плотность до полного самозатенения. Кислородная обстановка создавалась в экосистеме на короткое дневное время, и плотных скоплениях организмов содержание кислорода могло достигать 100%.



- **Жизнь в океане – защита от УФ лучей.**

В архее на Землю воздействовало жесткое УФ излучение и жизнь была возможна лишь в толще воды. Фотосинтез привел к резкому изменению химического состава земной среды. Выделение кислорода превышало его потребление, он стал накапливаться в воде и атмосфере, что привело к другому важному для эволюции жизни последствию. В верхних слоях атмосферы молекулы кислорода (O_2) под действием космического излучения образуют озон (O_3) в виде сплошного слоя в стратосфере, который поглощает опасную для живого часть излучаемого Солнцем ультрафиолета. Это создало условия для развития жизни на поверхности Земли.

- **Гаплоидные организмы** непрерывно приспосабливаются к среде, но принципиально новых признаков и свойств у них не возникает. **Половой процесс** резко повышает возможность приспособления к условиям среды, вследствие создания бесчисленных комбинаций в хромосомах.
- **Диплоидность, возникшая одновременно с оформленным ядром**, позволяет сохранить мутации в гетерозиготном состоянии и использовать их как резерв наследственной изменчивости для дальнейших эволюционных преобразований.
- В последствии возникновение диплоидности и генетического разнообразия одноклеточных эукариот, с одной стороны, обусловили **неоднородность строения клеток и их объединение в колонии**, с другой – возможность «разделения труда» между клетками колонии, т.е. **образование тканей и многоклеточных организмов.**

Архей

3,5-2,5 млрд. лет

- Господство прокариот, анаэробных гетеротрофов. Они вели придонный образ жизни: устилали дно моря тонким слоем слизи
- Позже появляются **хемотрофы**, затем **фототрофы** пурпурные и зеленые серобактерии (использовали H_2S , ФС-1)
- Появление цианобактерий, возникновение ФС-2 с использованием H_2O
- Фотосинтез цианобактерий сопровождается накоплением кислорода и образованием озонового экрана

Ароморфозы

- Возникновение фотосинтеза
- Возникновение аэробного дыхания
- Возникновение клетки, полового процесса
- Строматолиты – конусообразные известковые образования, ископаемые остатки древних сообществ цианобактерий



Докембрийский
строматолит

В результате изменений климата естественным отбором сохранялись организмы, у которых формировались приспособления, соответствующие среде обитания. Это обусловило эволюцию живой природы, формирование новых видов.

Протерозойская эра

(Эра первичной ранней жизни)

Продолжительность от 2500 млн. лет до 545 млн. лет, то есть **около 2 млрд. лет.**

Поверхность планеты представляла собой голую пустыню, климат холодный, частые оледенения, особенно обширны в середине протерозоя, жизнь развивалась, в основном, в морях. Но и на суше, во влажных местах размножаются бактерии и одноклеточные водоросли. Для этой самой продолжительной эры характерно образование крупнейших **залежей железных руд**, образованных за счет деятельности железобактерий (Кривой Рог, Курская магнитная аномалия, Урал). На юге Африки образовывался золото-урано-пиритовые конгломерат

Протерозой

2,5 млрд. лет - 545 млн. лет

Неопротерозой

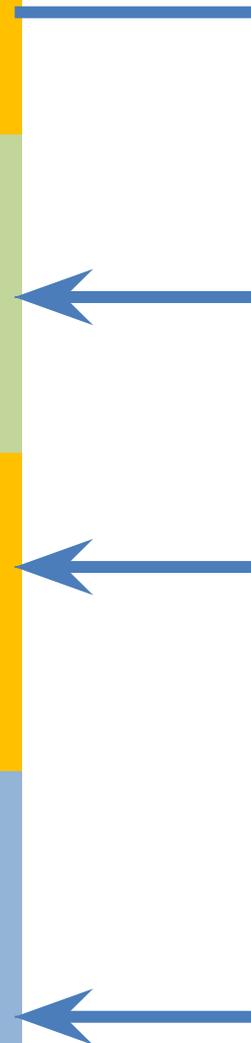
1млрд. лет - 545 млн. лет

Мезопротерозой

1,6 млрд. лет – 1 млрд. лет

2,5 млрд. – 1,6 млрд. лет

Палеопротерозой



Протерозой - время формирования суперконтинента **Родиния**. Произошло это событие 1150 млн. лет. Это было время формирования континентальных ядер и плит, которые стали основой современных материков.

Также образовался суперокеан, который называли **Мировия**. Возраст суперокеана — 1600—850 млн лет.

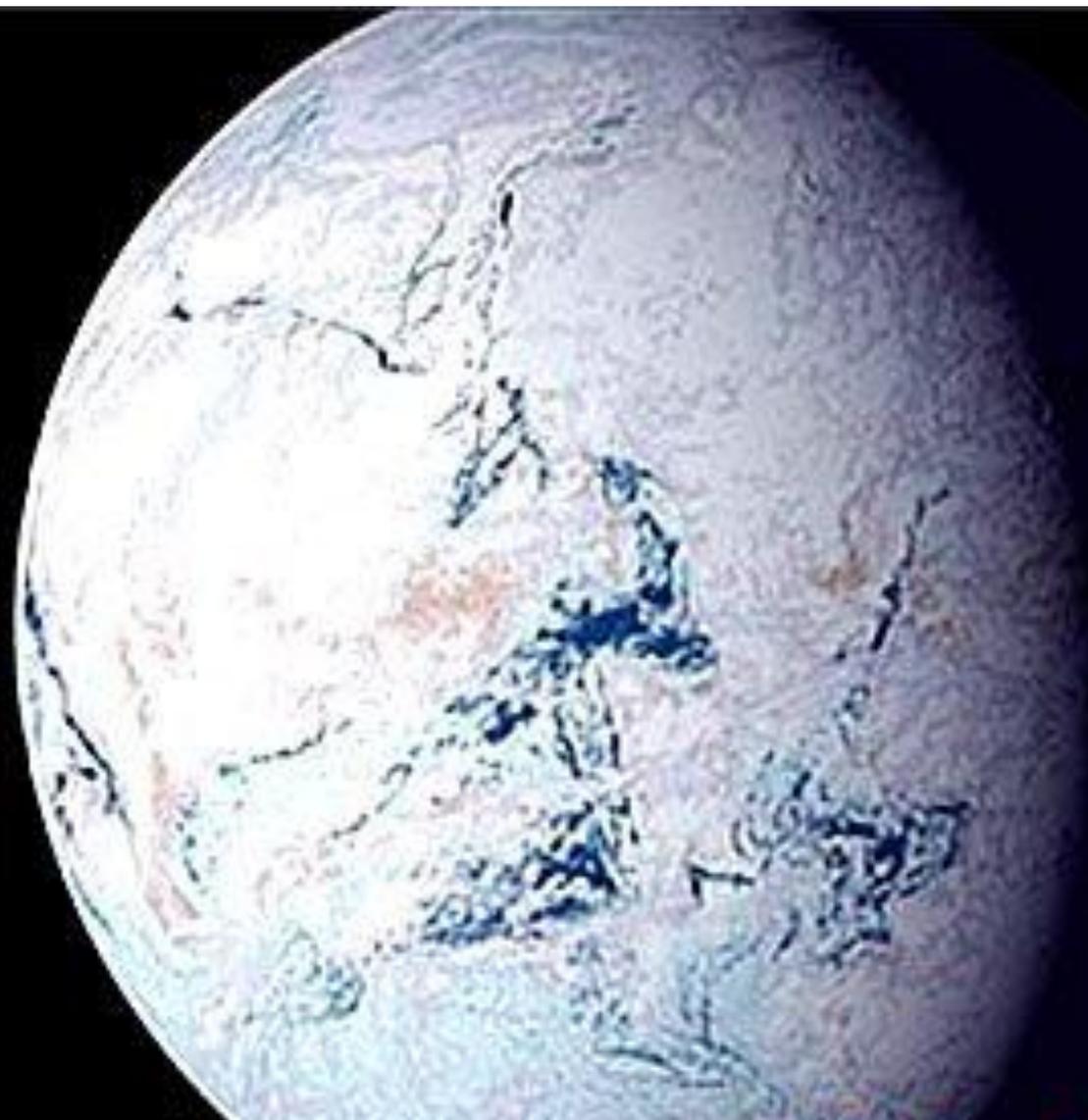
Примерно 700 млн лет назад большая часть суперокеана была покрыта толстым слоем льда.

Так же знаменательным событием протерозоя стало масштабное оледенение, охватившее практически всю поверхность суши. К нему привели глобальные изменения в атмосфере земли.

- Приблизительно 900 млн лет назад Родиния начала разделяться под действием тектонических процессов, сопровождавшихся масштабными выбросами лавы. В результате суперконтинент разделился на несколько континентов поменьше, а суперокеан разделился на несколько океанов. Полученные материки не были стабильны. Они постоянно перемещались по бескрайним океаническим просторам, со временем образовав новый суперконтинент — **Пангею**. Однако, со временем распалась и она, положив начало современным континентам.

- **Гуронское оледенение** — одно из древнейших и наиболее продолжительных оледенений на Земле. Началось и закончилось в палеопротерозое и длилось около 300 млн лет. Началось 2,4 млрд лет назад и закончилось 2,1 млрд лет назад.
- Причиной гуронского оледенения была кислородная катастрофа, при которой в атмосферу Земли поступило большое количество кислорода, выработанного фотосинтезирующими организмами.
- Метан, который ранее присутствовал в атмосфере в больших количествах и давал основной вклад в парниковый эффект, соединился с кислородом и превратился в углекислый газ и воду. Изменения состава атмосферы, в свою очередь, привели к сокращению численности метаногенов, что вызвало дополнительное снижение уровня метана и понижению парникового эффекта.

- Это позволило ледникам продвинуться далеко от полярных регионов. Когда ледник продвинулся достаточно близко к экватору, где располагались основные массы материков, положительная обратная связь через увеличение **отражательной способности (альбедо)** привела к дальнейшему похолоданию, пока Земля целиком не обледенела.
- Большая часть приходящего солнечного излучения отражалась обратно в космос. Этот эффект усиливало малое количество облаков, вызванное тем, что водяной пар был заморожен.



Гуронское оледенение (2,4 - 2,1 млрд.л.н.)

Земля -снежок



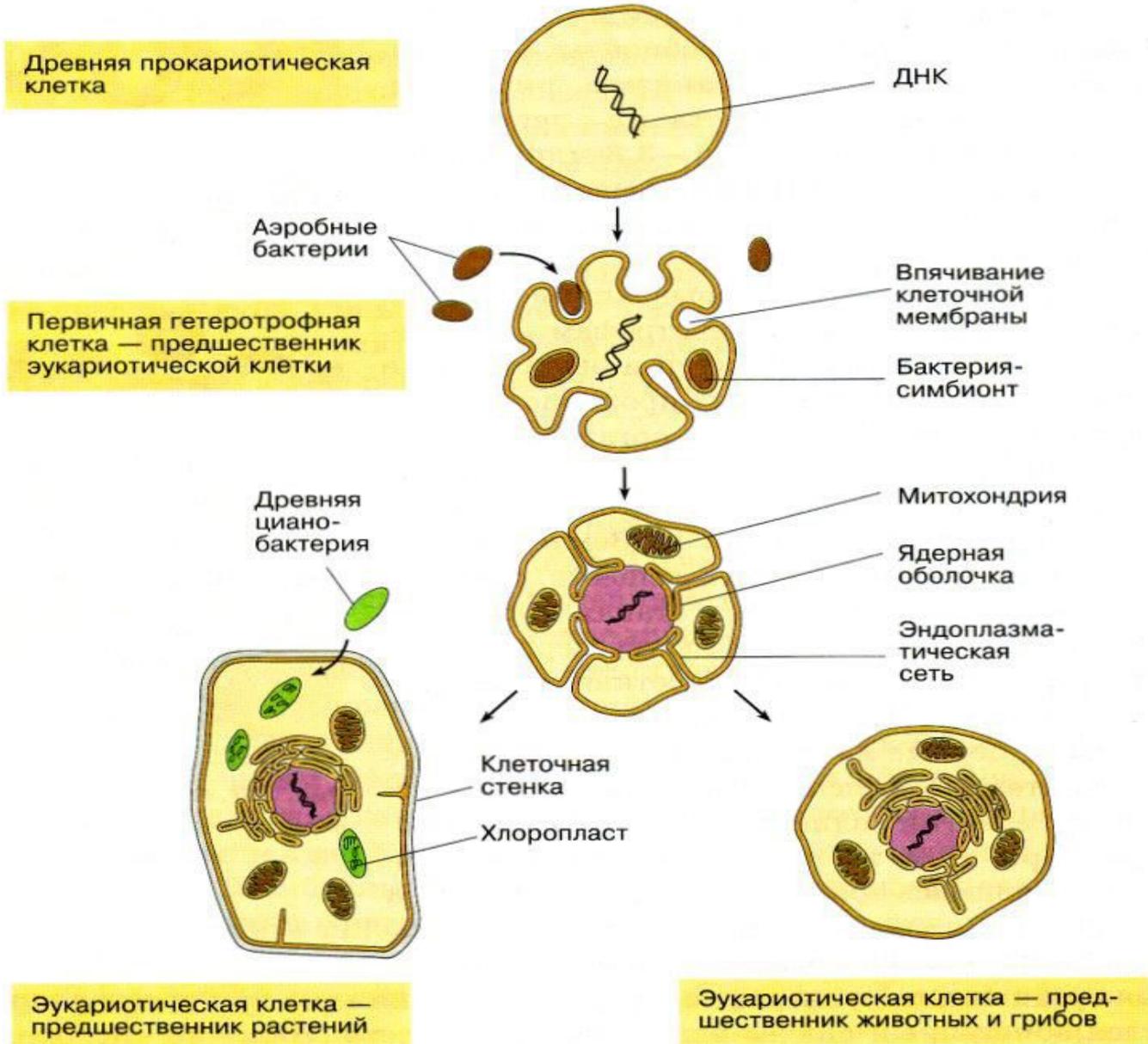
- Уровень углекислого газа, необходимый для разморозки Земли, оценивается как в 350 раз превышающий современный, примерно 13 % атмосферы.
- Так как Земля была почти полностью покрыта льдом, диоксид углерода не мог быть удалён из атмосферы.
- За миллионы лет накопилось количество CO₂ и метана, в основном извергнутых вулканами, достаточное для возникновения парникового эффекта, растопившего поверхностный лёд в тропиках до образования пояса свободных ото льда воды и суши; этот пояс был темнее, чем лёд, и поэтому поглощал больше солнечной энергии, запуская положительную обратную связь.

- На материках таяние ледников обнажило большое количество ледниковых отложений, которые начали разрушаться и выветриваться.
- Попавшие в результате этого в океан осадки, богатые такими биогенами, как **фосфор, вкупе с обилием CO₂, вызвали взрывной рост популяций цианобактерий.** Это привело к относительно быстрой реоксигенации атмосферы, которая может быть связана с возникновением эдиакарской биоты и последующим «Кембрийским взрывом» — большая концентрация кислорода позволила развиваться многоклеточным формам. Эта петля положительной обратной связи растопила лёд в геологически короткое время, возможно, меньшее, чем 1000 лет; накопление в атмосфере кислорода и падение содержания CO₂ продолжалось несколько последующих тысячелетий.

Протерозойская эра.

- В протерозойскую эру произошли основополагающие ароморфозы:
 1. Около 2-1,8 млрд. лет назад появляются **первые эукариоты**, господство прокариот сменяется расцветом эукариотических организмов;
 2. Активно проходит **процесс симбиогенеза**, формируются клетки с органоидами митохондриями и пластидами, что приводит к развитию животных и растительных организмов.

Протерозойская эра.



Протерозойская эра.

3. Важнейшим ароморфозом было *появление дыхания* – процесса, при котором разрушение органических молекул производится в 19 раз более эффективно, чем брожение.

Около 2 млрд. лет назад содержание O₂ достигло **точки Пастера** – около 1% от его содержания в современной атмосфере. Этого было достаточно для устойчивого

бескислородный этап	кислородный этап
Внутри клетки.	В митохондриях.
Ферментами мембран клеток.	Ферментами митохондрий.
Глюкоза → 2 молекулы молочной кислоты + энергия.	Пировиноградная кислота до CO ₂ и H ₂ O
За счет 40% - синтезируется АТФ, 60% - рассеивается в виде тепла.	Более 55% энергии запасается в виде АТФ.
2 молекулы АТФ.	36 молекул АТФ.

Кислородная катастрофа

- За неполных 200 млн. лет содержание кислорода в протерозойской атмосфере выросло в 5-6 раз, достигнув 15% от текущего уровня. Основным поставщиком атмосферного кислорода были фотосинтезирующие растения и бактерии, возникшие ещё в архейскую эру. Анаэробы, для которых кислород смертелен в основном вымерли. Катастрофа привела к гуронскому оледенению

Протерозойская эра.

- 4. Около 2-1,5 млрд. лет назад появились первые эукариотические **многоклеточные организмы** — созданы предпосылки для специализации клеток, **появления тканей**, увеличения размеров и усложнения организмов.
- Животные протерозойской эры не отличались разнообразием — это были черви, кишечнополостные организмы и простейшие раковинные. Считается, что первыми организмами, заселившими сушу, были водоросли.



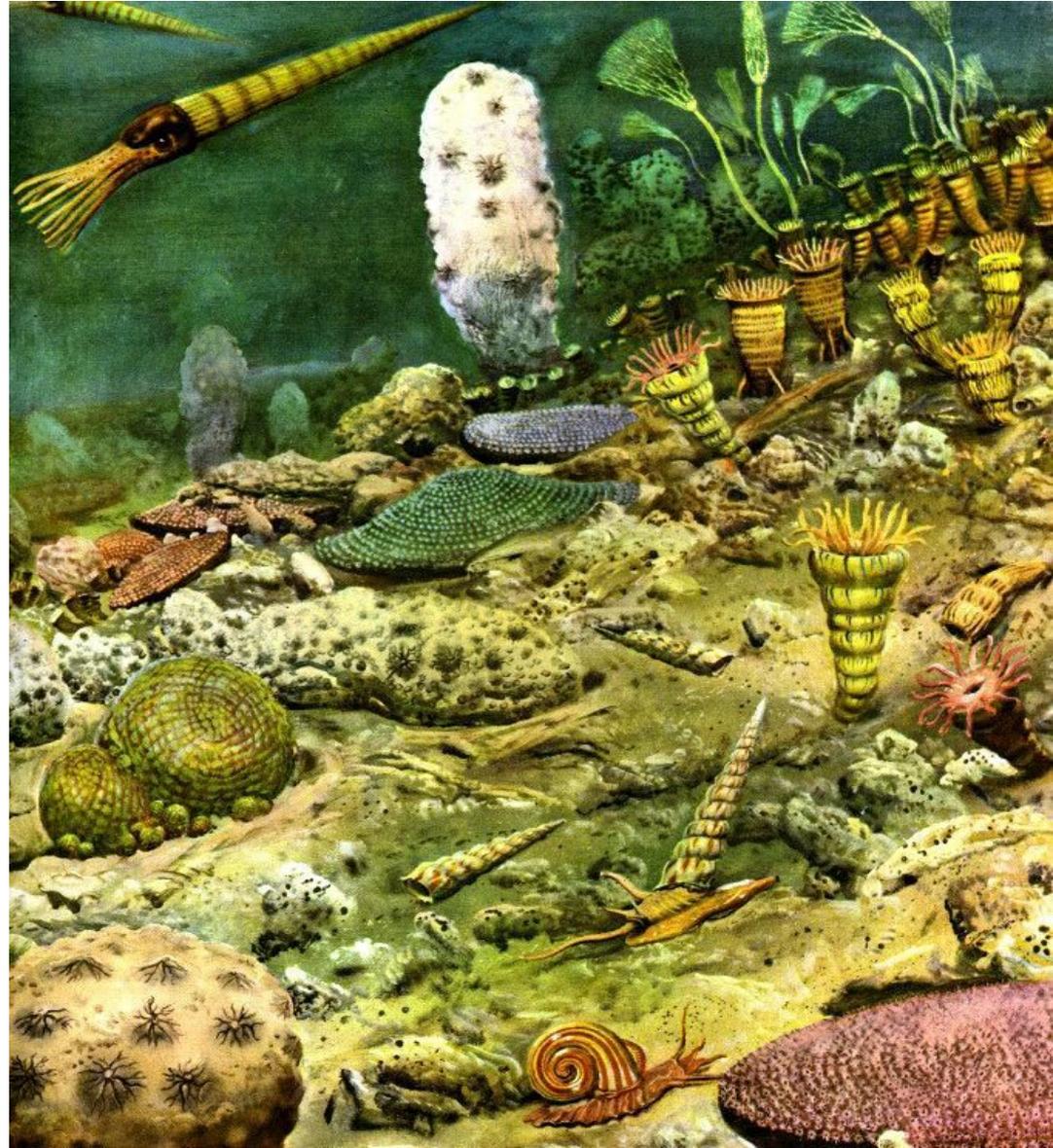


Протерозойская эра.

- 5. Около 2-1,5 млрд. лет назад возникло **половое размножение (комбинативная изменчивость)**, при котором слияние генетического материала разных организмов поставляло материал для естественного отбора и позволило добиться небывалого ранее генетического разнообразия живых существ.
- 6. Важнейшим ароморфозом стало образование **двусторонней симметрии** у активно передвигающихся организмов, которая разграничила организмы на спинную и брюшную полость, обозначила их передние и задние стороны. Это серьёзно увеличило жизненную активность организмов, заложив основу для образования хордовых — наиболее высокоорганизованного вида живых существ.
- К концу протерозоя формируется **твёрдый**

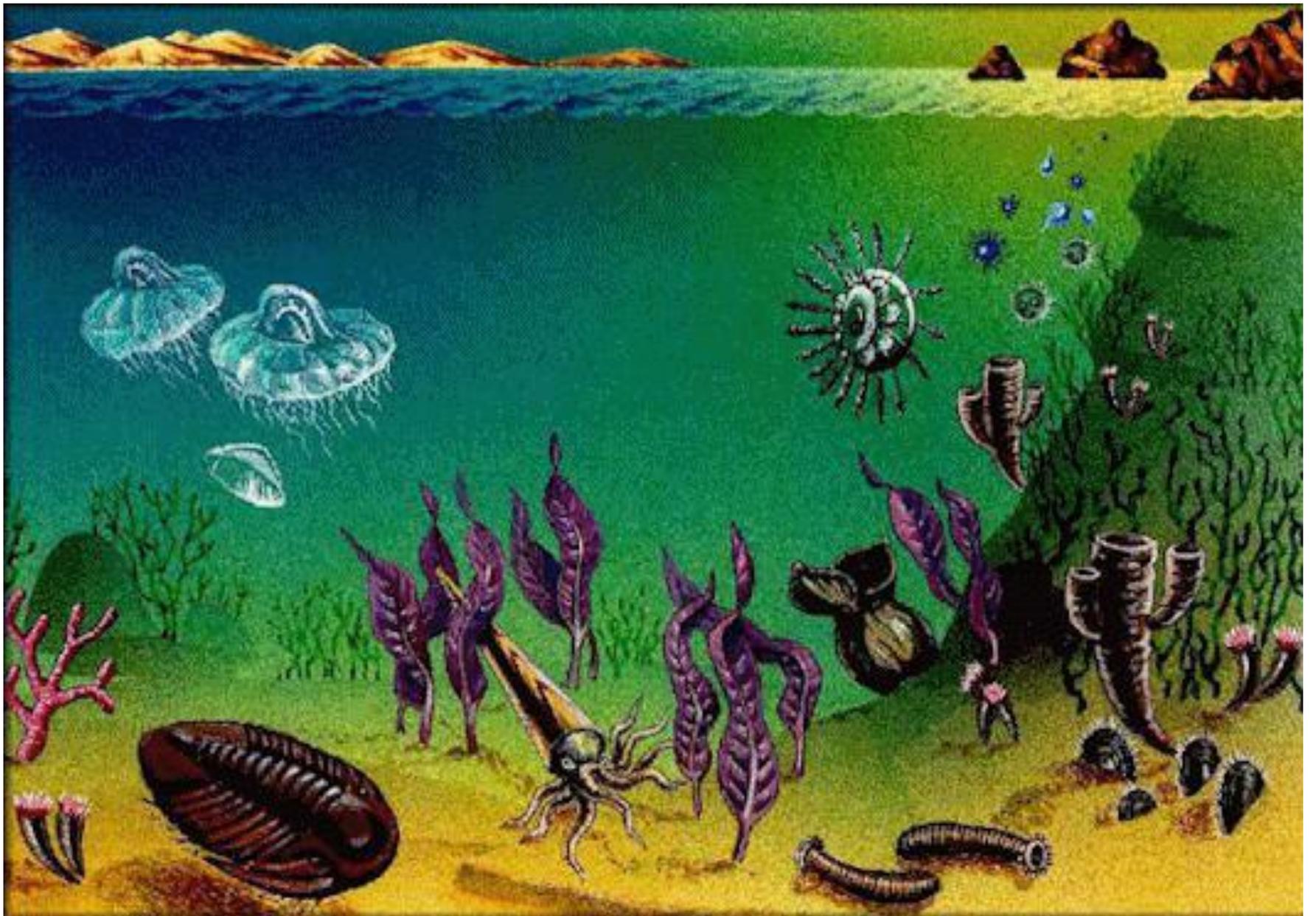
Протерозойская эра.

- В эту эру образуются **все отделы водорослей**, слоевище у многих становится пластинчатым. Для животных того времени характерно отсутствие скелетных образований, конец протерозоя образно называют "**веком медуз**".
- Появляются **кольчатые черви**, от них произошли моллюски и членистоногие.



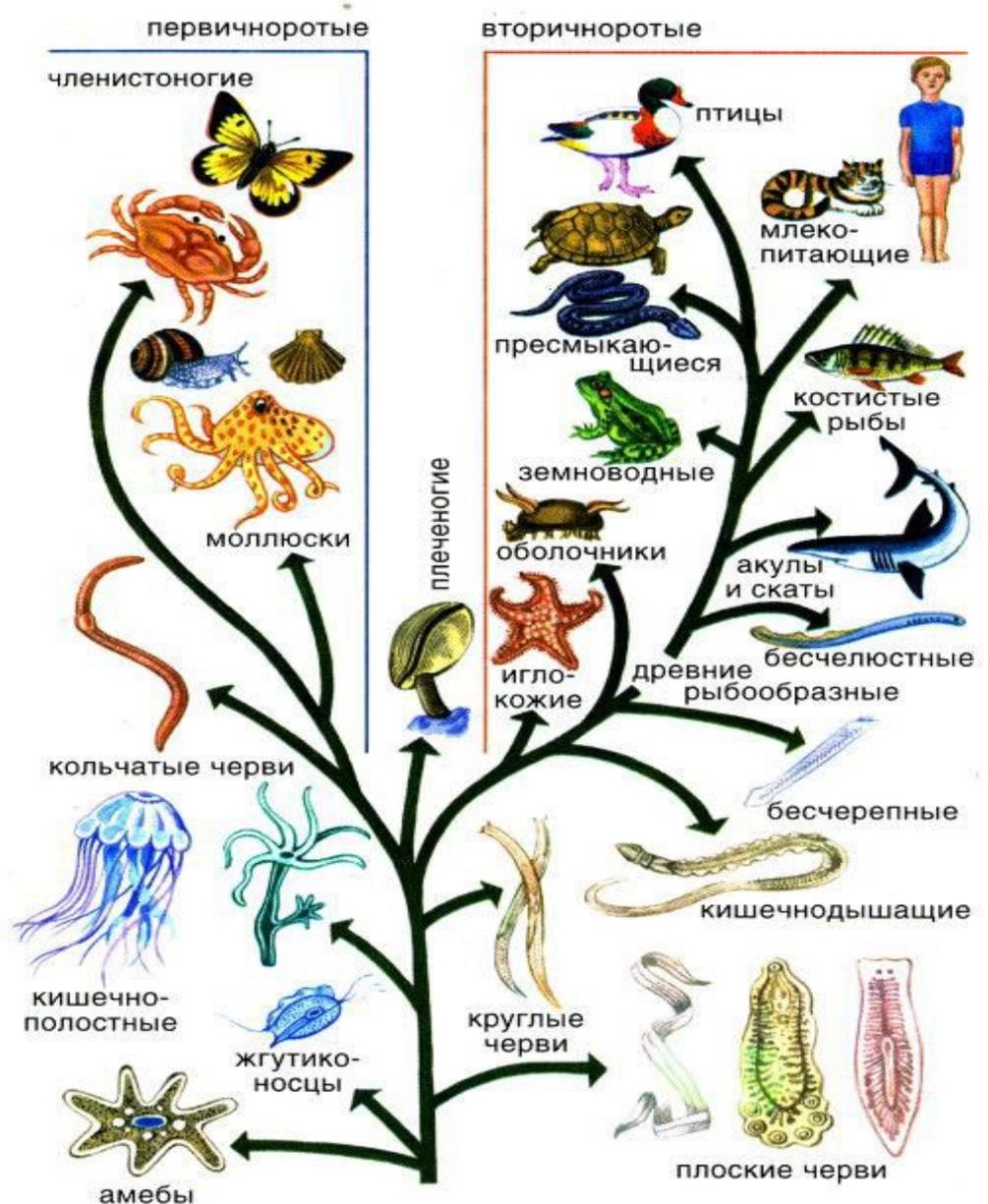






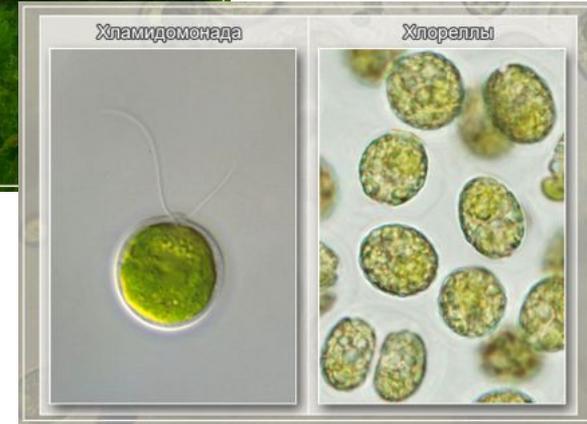
Протерозойская эра.

- К концу протерозоя появились **все типы животных**, кроме вторичноротых — иглокожих и хордовых.
- Количество **кислорода в атмосфере достигло 5-6%** от современного уровня.



Протерозой

- *Появляются основные отделы водорослей*
- *«Век медуз»*
- *В конце протерозоя появились первые животные с органическим или минеральным скелетом*
- *Появились все типы животных, кроме иглокожих и хордовых*



Одноклеточные водоросли.

Основные ароморфозы протерозоя

- *Возникновение эукариот*
- *Возникновение многоклеточности*
- *Возникновение полового процесса*
- *Возникновение двусторонней симметрии*
- *Сегментация тела*
- *Возникновение тканей и органов*

20 часов эволюции

Разнообразные животные (Мягкотелые)

Возникновение скелета – раковин, панцирей



Протерозойская эра — время, когда Земля стала той планетой, которую мы знаем и любим. В этот период произошли наиболее важные эволюционные изменения, породившие современную жизнь во всём её удивительном многообразии. **Жизнь в протерозойскую эру** развивалась очень интенсивно — простейшие одноклеточные организмы эволюционировали до привычных нам хордовых животных. Произошло формирование континентов и насыщение атмосферы кислородом, количество воды на Земле существенно увеличилось, образовав мировой океан. Безусловно, протерозойская эра является



Рис. 67. История развития жизни на Земле и формирование современной атмосферы