



# **ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ**

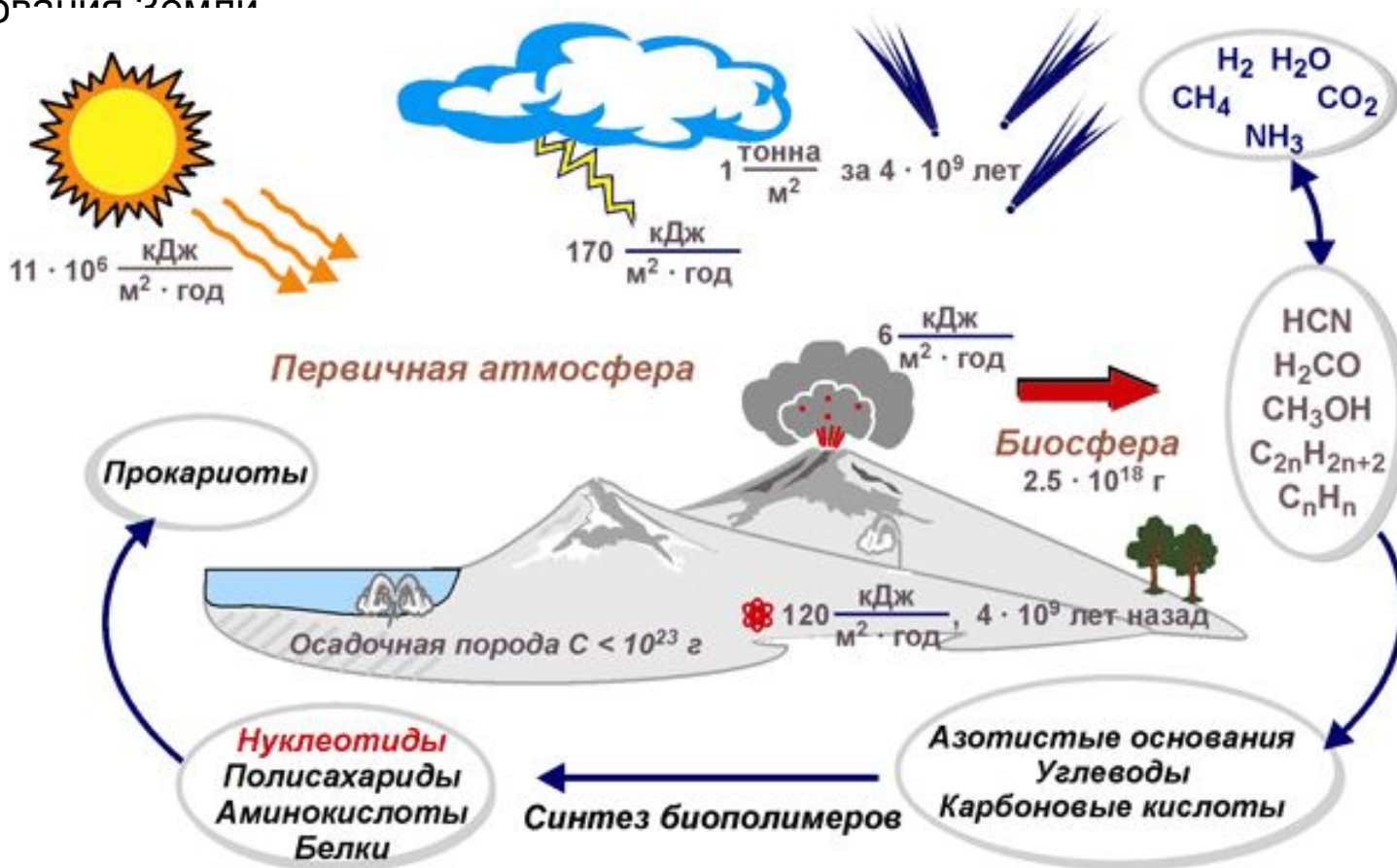


# ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

В истории жизни выделяют две стадии:

- эволюция косного вещества, которая привела к образованию клетки;
- эволюция клетки, которая породила все многообразие жизни на планете.

На возникновение жизни потребовалось не более 0,5–0,7 млрд лет из 4,6 млрд лет существования Земли



Возникновение жизни по Опарину



# ЭВОЛЮЦИЯ КОСНОГО ВЕЩЕСТВА

## Основные этапы эволюции

- Состав первичной атмосферы: 60% -  $\text{CO}_2$ , 40% - аммиак, хлористый и фтористый водород, соединения серы. Свободный кислород отсутствует.
- После плавления и дифференциации планетного вещества атмосфера меняется. Об этом говорит состав газов базальтовых лав: 80% - пары воды; от 6 до 16% -  $\text{CO}_2$ . Температура поверхности Земли более  $100^\circ \text{C}$ . Круговорот воды своеобразен: пар – дождь – пар. Образуются простые органические соединения
- После охлаждения поверхности формируется гидросфера. Во много раз уменьшается давление атмосферы. Она из водяной превращается в углекислую. Температура продолжает снижаться из-за уменьшения парникового эффекта.
- Вымывание  $\text{CO}_2$  и дальнейшее снижение температуры. Создались условия для формирования органических соединений и жизни на Земле.

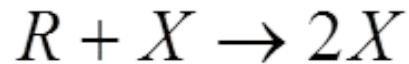
*Возникает вопрос: Как быстро могло происходить накопление органического вещества и отбор молекул для синтеза биополимеров?*



## АВТОКАТАЛИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

Условия до возникновения жизни были близки к условиям автокаталитических систем, в которых быстро и самопроизвольно увеличивается числа молекул автокатализатора аналогично саморепликации живых молекул.

Молекула автокатализатора  $X$  реагирует с молекулой «пищи»  $R$  возникают две молекулы  $X$



Автокаталитический синтез органических соединений известен - это синтез сахаров из формальдегида. Он протекает в присутствии ионов кальция или магния при комнатной температуре. Формальдегид (пища) неизбежно образуется в атмосфере, содержащей водород, оксид углерода, метан, водяной пар, углекислый газ, аммиак в присутствии катализаторов - горячей, содержащей железо поверхности или раскаленных лав или разрядов молний.

Сахара рибоза и дезоксирибоза - основа нуклеотидов, формирующих РНК и ДНК. Они отличаются от сахаров дополнительными фосфатными и азотсодержащими соединениями. Последние присоединяются к сахарам сами без серьезных проблем. Другой важный компонент клетки — переносчик энергии АТФ — тоже содержит моносахарид рибозы.

Так могли образовываться молекулы - основа важнейших биополимеров.



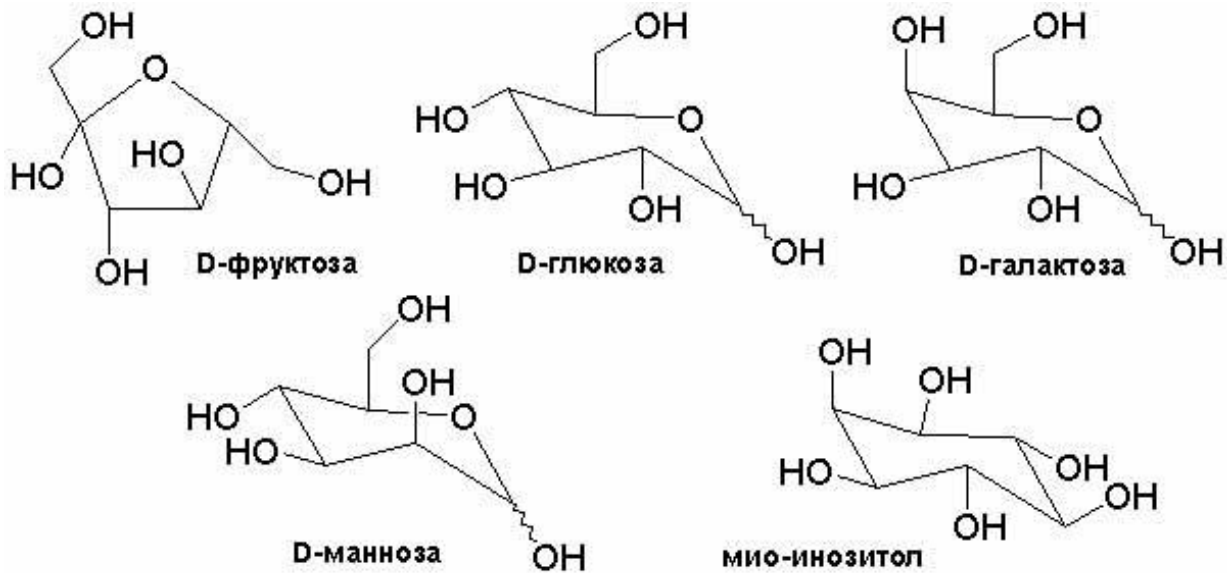
## ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР И АВТОКАТАЛИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

Пусть  $R > Q_{\text{крит}}$ , где  $Q_{\text{крит}}$  - критический уровень пищи, при котором реакция идет, т.е.  $X$  увеличивается.

Если  $R < Q_{\text{крит}}$ , реакция не идет и  $X$  рано или поздно исчезает.

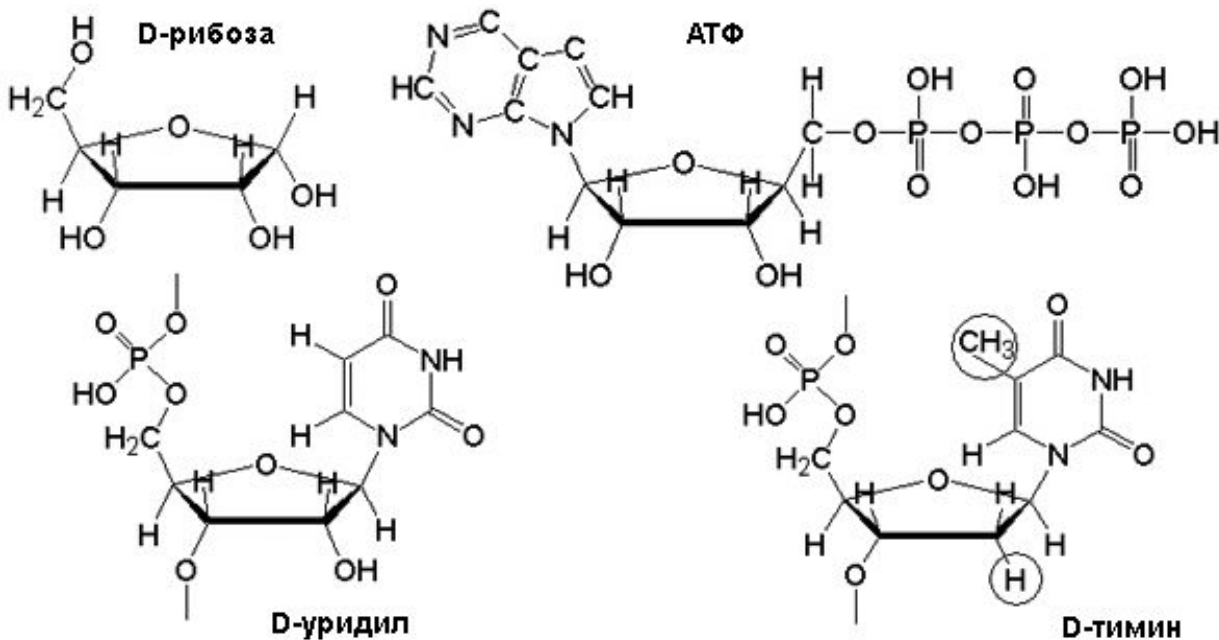
Допустим, что при автокатализе образуются разные молекулы, у которых  $Q_{\text{крит}}$  отличается. Тогда при изменении  $R$  постепенно исчезнут молекулы, для которых  $R < Q_{\text{крит}}$ . Если  $R$  снова увеличится, то исчезнувшие типы молекул не восстановятся, потому что исчезли их затравки. Таким образом реализуется отбор молекул, аналогичный отбору в биологических популяциях.

Сахара одинаковы по атомному составу, но различны по свойствам, а раз так, то различны значения  $Q_{\text{крит}}$ , при которых можно ожидать вымирания тех или иных сахаров.



Сахара одинаковы по атомному составу, но различны по свойствам. А раз так, то разными должны быть и критерии формальдегида, при которых можно ожидать вымирания тех или иных сахаров.

### Структура моносахаров, которые образуются в реакции Бутлерова



Моносахарид рибоза — основа нуклеотидов РНК и ДНК,  
 Показаны структуры сходных нуклеотидов:

- уридила (РНК);
- тимина (ДНК)



## ВЫВОДЫ

1. Естественный отбор начинался простых соединений, которые являются основой РНК и ДНК.
2. Первичный бульон мог быть разбавленным — только тогда начиналась конкуренция молекул автокатализаторов за пищу и их естественный отбор.
3. Первичный автокатализ сахаров из формальдегида предпочтительнее синтеза белков из аминокислот. К тому же сахара в разбавленных водных растворах стабильны, а белки распадаются на аминокислоты.
4. В автокаталитической реакции мутации происходят за минуты. Это означает, что прототипы клеток могли появиться быстро. В живой природе полезные мутации редки, а потому процесс эволюции идет более медленно.
5. Так как все базовые процессы в клетке могут идти лишь при помощи РНК разных типов, именно РНК могла существовать самостоятельно раньше, чем появилась триада «ДНК↔РНК→белок».



# ЧЕТЫРЕ СТАДИИ ОБРАЗОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ

4. Дарвинская эволюция  
(800-900 млн. лет назад)

Многоклеточные организмы

3. Мир эукариот  
(1,6-1,7 млрд. лет назад)

2. Мир прокариот  
(~ 3,6 млрд лет назад)

1. Мир РНК  
(~ 3,8 млрд лет назад)

Горизонтальный перенос

Половой процесс и эндогамно замкнутые виды

Eucaryota

Эндосимбиоз(ы)

Archaeobacteria

Eubacteria

Protobacteria (?)

ДНК ↔ РНК → белок + мембрана = клетка

3 РНК+белок

2 РНК-олигонуклеотиды → РНК-полинуклеотиды

1 Синтез РНК на монтмориллоните





# СЦЕНАРИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ

## Стадия 1. Мир РНК

Экспериментально показано, что РНК могла синтезироваться на минерале – монтмориллоните. После образования длинных полинуклеотидов РНК могли появиться и белковые ферменты (подстадия 3 стадии I).

Триада «ДНК $\leftrightarrow$ РНК $\rightarrow$ белок» сформировалась, вероятно, около 3,6 млрд лет назад. Для формирования клетки важны как макромолекулы, так и мембрана, которая обособила клетку. После возникновения клетки быстро развился бактериальный мир.

Зарождение жизни может происходить еще в космосе, но то только в виде коротких нуклеотидов. Попадая в благоприятную среду, цикл каждый раз начинается заново: синтез на монтмориллоните, появление РНК, ДНК и белка, возникновение клетки. Поэтому не так важно, где все началось.

В институте белка РАН (Chetverina, Chetverin, 1993) экспериментально показана способность молекул РНК формировать колонии подобно бактериям. В таких ансамблях каждая молекула выполняет свою функцию: одни обеспечивали репликацию молекул РНК, а другие формировали структуры белка. Эволюция ансамблей ускорялась за счет того, что колонии не были отгорожены от внешней среды и могли легко обмениваться между собой молекулами – генетическим материалом. Другим источником изменчивости (Chetverin, 1999) могли служить рекомбинации молекул РНК при столкновениях в водной среде.



# ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ

## Стадия 2. Мир прокариот

Существуют доказательства, что вначале появились одноклеточные без ядра – прокариоты. Простейший организм представлен клеткой, включающей: мембрану, генофор ДНК, аппарат синтеза белка РНК, цитоплазму, где идут процессы метаболизма. Ни один компонент не может существовать без взаимодействия с другими. Отсюда жизнь и является свойством системы, в то время как отдельные компоненты несут лишь отдельные функции.

Организм, как носитель жизни, существует лишь как составная часть "экосистемы", включающей среду обитания.

Первоначально возникли, по-видимому, гетеротрофные формы, которые использовали накопленное ранее органическое вещество, а по мере истощения ресурсов был освоен хемосинтез и фотосинтез. В результате фотосинтеза в биосфере, во-первых, сформировались биогеохимические циклы, и во-вторых, атмосфера начала обогащаться кислородом.



## Биогеохимические циклы прокариот

Биогеохимические циклы – важное условие устойчивости экосистемы. В цикле трофические связи должны быть замкнуты так, чтобы конечным продуктом сообщества были вещества, которые используются в начале трофической цепи. Биогеохимические циклы определяет цикл органического углерода. Началом цикла является фотосинтез органического вещества из углекислого газа и воды. После использования органики гетеротрофными в конце цикла мы имеем углекислый газ, то есть основной пищевой цикл оказывается замкнут и система работает автономно пока не исчезнет источник энергии, необходимой для фотосинтеза. Для становления циклов необходимо участие разнообразных бактерий, взаимодействующих друг с другом.

Прокариоты строили особые бактериальные маты. Это плотный ковер, состоящий из нескольких функциональных слоев (см рис.):

- верхний слой из автотрофных цианобактерий и аэробных гетеротрофов, утилизирующих кислород и отмершую/выпавшую на поверхность мата органику;
- подкладка из анаэробных фотосинтетиков – пурпурных бактерий, утилизирующих световую энергию, и факультативных аэробов-гетеротрофов;
- афотическая зона из анаэробов, утилизирующих все, что осталось.

## Биогеохимические циклы прокариот

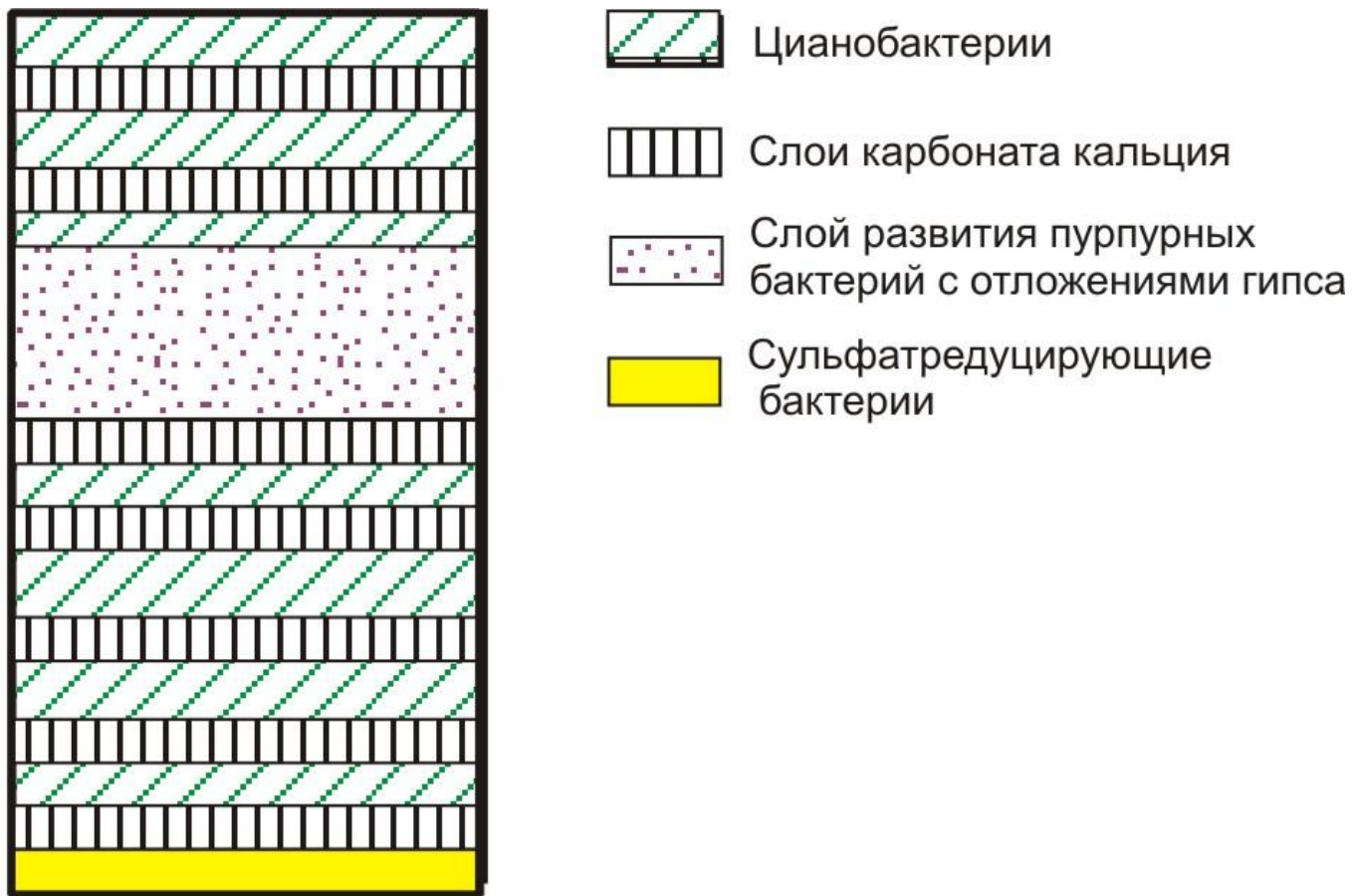
Биогеохимические циклы – важное условие устойчивости экосистемы. В цикле трофические связи должны быть замкнуты так, что конечным продуктом сообщества были вещества, которые используются в начале трофической цепи. Биогеохимические циклы определяет цикл органического углерода. Началом цикла является фотосинтез органического вещества из углекислого газа и воды. После использования органики гетеротрофными в конце цикла мы имеем углекислый газ, то есть основной пищевой цикл оказывается замкнут и система работает автономно пока не исчезнет источник энергии, необходимой для фотосинтеза. Для становления циклов необходимо участие разнообразных бактерий, взаимодействующих друг с другом.

Цианобактерии строили особые бактериальные маты. Это плотный ковер, состоящий из нескольких функциональных слоев (см рис.):

- верхний слой из автотрофных цианобактерий и аэробных гетеротрофов, утилизирующих кислород и отмершую/выпавшую на поверхность мата органику;
- подкладка из анаэробных фотосинтетиков – пурпурных бактерий, утилизирующих световую энергию, и факультативных аэробов-гетеротрофов;
- афотическая зона из анаэробов, утилизирующих все, что осталось.



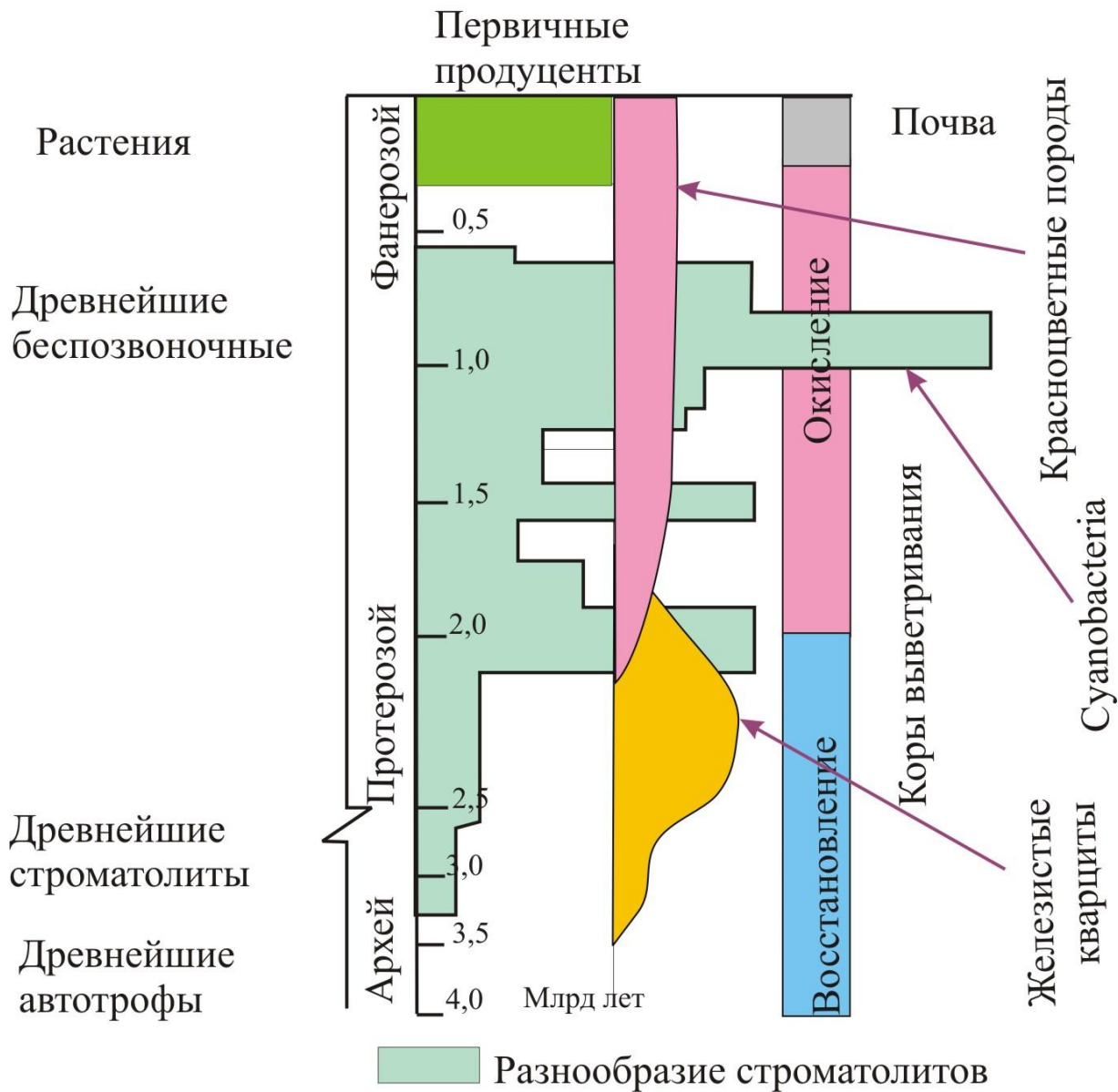
## Схема строения цианобактериального мата



Господствовали на Земле более 3 млрд лет, причем их биомасса могла превышать массу современных организмов.



# Изменение разнообразия строматолитов





## Пояснение к слайду

Цианобактериальные системы имели несколько максимумов:

Первый максимум, около 2 назад млрд. лет, соответствовал переходу от восстановительной к окислительной среде, то есть соответствует началу формирования красноцветных осадочных пород.

Последний, около 1 млрд. лет, завершил эпоху цианобактериальных матов.

Обогащение атмосферы кислородом, которое началось после возникновения фотосинтеза -- часть кислорода, который образовался при фотосинтезе, но не использовался на окисление вещества, накапливалась в атмосфере. В конечном счете это привело к изменению всей биосферы и к экологическому кризису для цианобактерий. Дело в том, что они не способны развиваться в условиях повышенного содержания кислорода (более 20%). Однако повышение содержание кислорода открыло путь для дальнейшей эволюции жизни.



# ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ

## Стадия 3. Эукариоты

**III стадия ~1,7 млрд лет назад. Появление эукариот** связывают с ростом содержания кислорода в атмосфере до уровня, при котором возможно использование кислорода для получения энергии из питательных веществ.

*Более продуктивной представляется гипотеза о том, что эукариоты появились значительно раньше, так как в цианобактериальных матах существуют карманы с повышенным содержанием кислорода. Кислородная атмосфера не просто сделала возможным появление сложных биосистем, но послужила толчком к вытеснению прокариот.*

Повышение  $O_2$  было катастрофой для прокариотной (анаэробной) жизни

- кислород повреждает ДНК, белки и мембраны, подавляет действие многих ферментов — следовательно, клеткам нужно было защищаться от этого окислителя;
- не менее сложной проблемой, связанной со свободным кислородом, было химическое обеднение биосферы, что сделало многие химические элементы малодоступными для обменных процессов.

С увеличением  $O_2$  ускорились энергетические процессы в клетке.

Открылась возможность появления более сложных многоклеточных форм жизни, требующих большей энергии. С развитием многоклеточных многократно ускорило темпы развития жизни. Периоды смены форм сократились в начале до сотен, а затем до десятков миллионов лет.





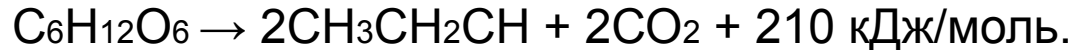
# ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ

## Точка Пастера

Критические для эволюции биосферы содержания кислорода в атмосфере получили название точки Пастера и точки Бекера-Маршала, иногда используют термины основное и дополнительное число Л.Пастера

**Точка Л. Пастера** –  $Q_0=1\%$  от современного уровня в атмосфере – условие формирования аэробного дыхания. Почему это важно?

Первоначально энергию, необходимую клетке давало брожение:



После достижения точки Пастера возможно дыхание, которое в 14 раз энергетически эффективнее брожения:



Атмосфера прошла основную точку Пастера не менее 1 млрд. лет назад.

Это был важнейший переломный момент в развитии жизни - конец царства прокариот и бурное развитие эукариот.

**Точка Бекера-Маршала**–  $Q_0 = 10\%$  от современного - момент формирования озонового слоя атмосферы, что позволило организмам заселить мелководья, а затем выйти на сушу.



# ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ

## Временные этапы

### **мнение палеонтологов...**

Если наиболее древние нитчатые микрофоссилии, напоминающие ныне живущих цианобактерий, действительно относятся к этой группе весьма продвинутых прокариот, то вероятно все основные типы метаболизма сформировались не позднее 3,5 млрд лет назад.

### **и молекулярных биологов...**

Современные модели молекулярных часов, основанные на анализе геномов эукариот, бактерий и археобактерий, показывают, что «последний общий предок» всех живых организмов существовал около 4 млрд лет назад, а цианобактерии (фотосинтез с выделением кислорода) появились не позднее 2,5 млрд лет назад.

«Молекулярная датировка» показывает, что линия грибов отделилась от растений и животных около 1,6 млрд лет,

Многоклеточные животные появились не позднее 1,2 млрд лет назад, а эволюционные линии беспозвоночных и хордовых разделяет 1 млрд лет. В сравнении с традиционными данными палеонтологии (0,6 млрд лет назад – докембрий) эта датировка удваивают длительность существования животных.

В последнее время этот разрыв уменьшается. Новейшие открытия в палеозоологии склоняют в пользу молекулярных биологов



# ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ

## Этапы формирования Биосферы

- Зарождение гетеротрофных форм жизни.
- Возникновение автотрофных форм, реализующих хемосинтез.
- Образование анаэробных форм, основанных на фотосинтезе.
- Появление аэробные формы, основанных на фотосинтезе.
- Переход атмосферой точки Пастера, начало многоклеточных форм.
- Переход атмосферой дополнительной точки Пастера, формирование озонового слоя и выход жизни на сушу



# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ

- усложнение форм жизни;
- аддитивный характер;
- неравномерность развития.

## Усложнение форм жизни

Очевидно, что развитие жизни на Земле шло от простого к сложному. Строение клетки у прокариот проще, чем у эукариот, а строение многоклеточного организма гораздо сложнее одноклеточного.

Однако с точки зрения метаболизма мир прокариот оказывается разнообразнее мира эукариот. Хемотрофы, которые могут синтезировать глюкозу, используя различные вещества, относятся к надцарству прокариот (см. табл. 7). Эукариотам недоступен хемосинтез из-за низкой энергетической эффективности, а потому эволюция мира ядерных не затрагивает основу их жизненного цикла – фотосинтез растений и аэробное дыхание



# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ

## Макросистема биоты и способы метаболизма

Надцарства	Царства	Подцарства	Автотрофы		Гетеротрофы	
			Хемотротрофы	Фототрофы	Биотрофы, миксотрофы	Сапрофиты
Безъядерные (прокариоты)	Дробянки	Бактерии	+	+	+	+
		Цианобактерии	-	+	-	-
		Багрянки	-	+	-	-
Ядерные (эукариоты)	Растения	Настоящие водоросли	-	+	-	-
		Высшие растения	-	+	Крайне редко	?
	Грибы	Низшие	-	-	Редко	+
		Высшие	-	-	Редко	+
	Животные	Простейшие	-	-	+	Очень редко
		Многоклеточные	-	-	+	Очень редко <sup>21</sup>

Итак, эволюция простейших была направлена на развитие всевозможных формы метаболизма, что позволяло использовать различные источники питания и заполнять новые экологические ниши. Со временем эти возможности были исчерпаны. Экологические ниши заполнены.

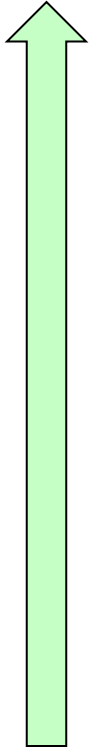
Дальнейшее развитие биосферы могло быть связано с усложнением форм жизни. Это и произошло. Первые сложные организмы – эукариоты возникли путем слияния двух разных форм прокариотных клеток. Рост энерговооруженности (воспользуемся технической терминологией) создал предпосылки для дифференциации и специализации элементов клетки. Появляются органеллы – прообраз будущих органов. Эффективность внутриклеточных связей становится одним из основных условий жизнеспособности вида, а потому определяет направление эволюции (рис. 19).

С появлением многоклеточных видов быстро обособливаются ткани и органы. Это требует систем регулирования жизнедеятельности уже на более высоком уровне и координации деятельности не отдельных элементов клетки, а различных органов организма. Появляется нервная система и усложняется поведение организмов в ответ на изменение окружающей среды.



# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ

## Пути эволюции на разных этапах становления биосферы



**Человек** – прогресс в области *культуры* (в широком смысле), *общественное устройство (социум)* играет главную роль.

Появление *нервной системы* – усложняется *поведение* (регулирование систем организма).

*Многоклеточные* – прогресс *морфологии* организмов (усложнение форм организма, обособливаются ткани и органы)

*Одноклеточные эукариоты* – прогресс *внутриклеточного регулирования*, усложнение биохимии приостановилось.

*Прокариоты* – усложнение *биохимии*: появление и развитие различных ферментных систем и путей метаболизма.



# **ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ**

---

---



## ОСНОВНЫЕ ПУТИ ЭВОЛЮЦИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ

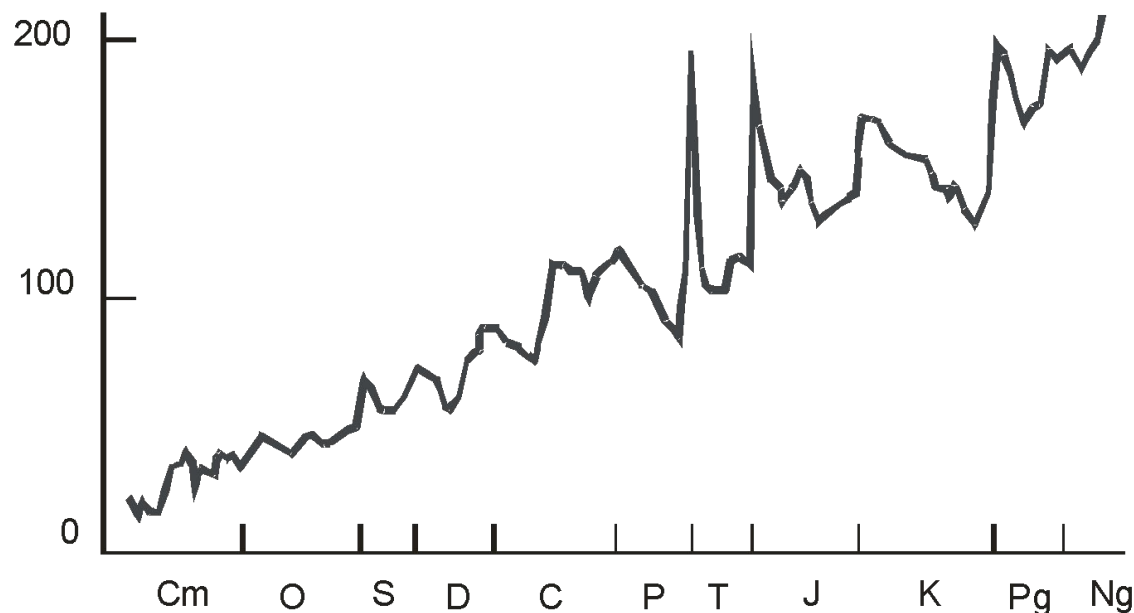
- На ранних этапах эволюции усложнение затрагивало в основном **биохимию**. Появлялись и совершенствовались новые метаболические пути,
  - гетеротрофы;
  - анаэробные автотрофы ( $\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + 2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ );
  - аэробные автотрофы  $2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ .
- Постепенно нарастала роль регуляторных систем клеточных процессов в зависимости от внешних и внутренних факторов. У одноклеточных эукариот прогресс внутриклеточного **регулирования**, вероятно, вышел на первый план, тогда как развитие новых форм метаболитизма приостановилось.
- У многоклеточных идет дальнейшее усложнение регуляторных систем, начался быстрый прогресс изменения **морфологии** (усложнялась форма организма, обособливались ткани и органы).
- С появлением и развитием нервной системы стало усложняться **поведение** (регулирование высшего уровня!);
- Прогресс человеческой цивилизации сконцентрировался в области **культуры** (в широком смысле этого слова). Параллельно с усложнением организмов происходило усложнение в начале - **сообществ** и **биосферы**; теперь - **общественного устройства (социума)** и **антропосферы** (биосферы).

**Рост устойчивости и приспособляемости живых систем**

# РОСТ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТИ ЖИВЫХ СИСТЕМ

Эволюционные линии, дожившие до наших дней, испытали множество кризисов, катастроф и массовых вымираний. Группы, которые не могли быстро приспособиться к меняющимся условиям, вымирали. Устойчивые, пластичные линии постепенно накапливались в биосфере. Поэтому продолжительность существования видов и родов неуклонно росла.

Продолжительность существования (см. рис. ?) отражает устойчивость родов (Алексеев А.С. Массовые вымирания в фанерозое. Дис. д-ра геол.-минерал. наук. М.: МГУ, 1998. 76 с) , И способность приспосабливаться к новым условиям. Важно помнить, что это не **приспособленность**, а именно **приспособляемость**. Мы видим неуклонный, практически линейный рост устойчивости родов со временем. В этом ярко проявляется основной закон эволюции: **рост устойчивости живых систем**. (Большой вопрос).



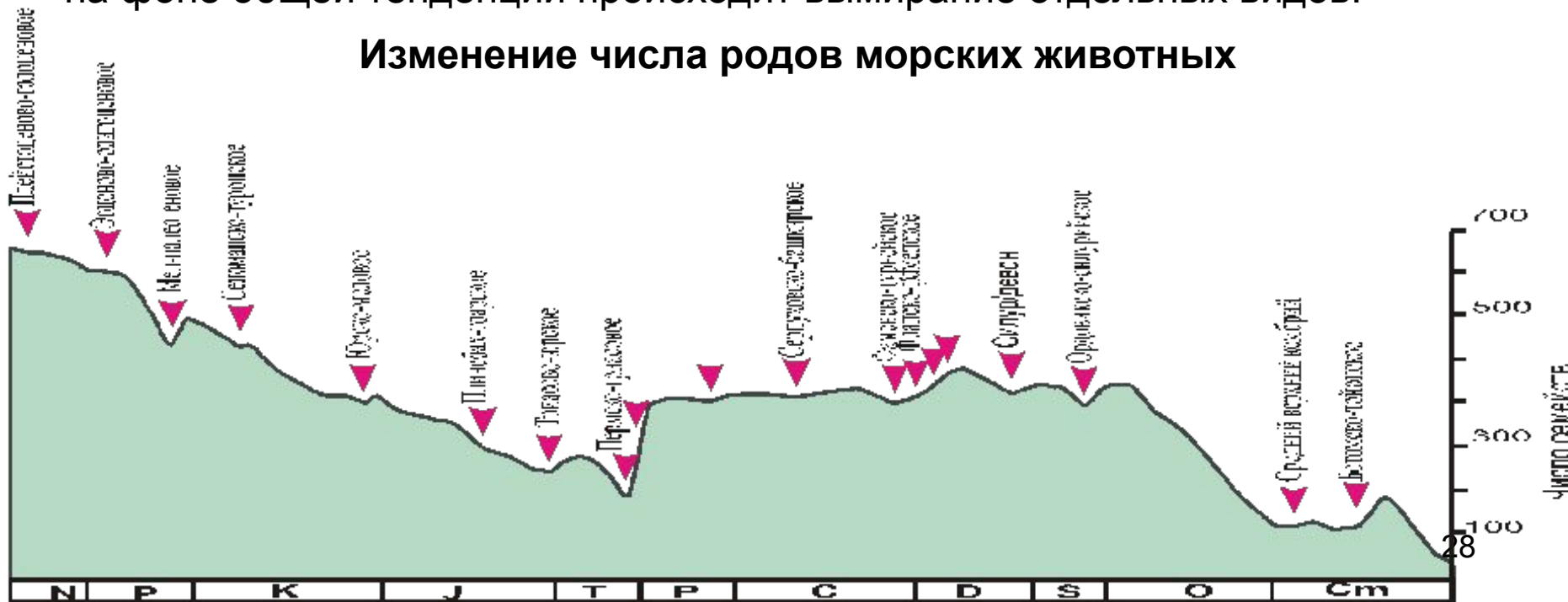
Средняя продолжительность существования родов

## РОСТ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Основные закономерности изменения глобального таксономического разнообразия на примере морской биоты в фанерозое следующие (см. рис. ?):  
росте неравномерный и многократно нарушался кризисами;

- быстрый рост разнообразия в кембрии и начале ордовика;
- на протяжении остальной части палеозоя разнообразие остается постоянным, примерно на уровне 500 семейств и 1000-1500 родов;
- на рубеже перми и триаса происходит резкое снижение разнообразия;
- на протяжении всего мезозоя и кайнозоя оно непрерывно росло до величины более 1000 семейств и свыше 4000 родов в неогене;
- на фоне общей тенденции происходит вымирание отдельных видов.

### Изменение числа родов морских животных



## ГЛОБАЛЬНЫЕ КРИЗИСЫ

Временные падения разнообразия биоты в биосфере получили название массовых вымираний. Кризисы могли иметь не только внутренние причины, о которых уже была речь, но и внешние.

**Внешние причины кризисов.** Непосредственной причиной в большинстве случаев считают изменения климата, но спусковые механизмы, провоцирующие изменения предполагаются различные.

Это могут быть резкие тектонические перестройки и вызванный ими крупномасштабный вулканизм. Мел-палеогенового кризис связывают с падением крупного метеорита (Alvarez et al., 1980). Его вероятным кратером (диаметр около 200 км) является структура Чиксулуб на севере п-ва Юкатан в Мексике (Hildebrand et al., 1990). Еще одной крупной структурой этого возраста может быть Карский кратер (70 или 120 км) на Полярном Урале.



## ГЛОБАЛЬНЫЕ КРИЗИСЫ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

1. Раннекембрийская радиация. Появление и быстрое развитие организмов, имеющих скелет. Это событие маркирует начало фанерозоя - "эры явной жизни» и делает палеонтологическую летопись более представительной.
2. Ордовикская радиация. Появление большинства современных классов морских животных. Освоение новых биотопов (пелагиаль, твердое дно).
3. Массовое вымирание в конце ордовика. Возможно, связано с оледенением.
4. Крупное вымирание в конце девона. Вымерли многие кораллы, моллюски и примитивные рыбообразные.
5. Величайшее вымирание в конце перми. Полное разрушение палеозойских сообществ. Пострадали практически все группы морских животных. Возможна связь катастрофы с падением метеорита:
6. Крупное вымирание в конце триаса. На суше динозавры сменили текодонтот.
7. Мел-палеогеновое массовое вымирание (четко выражено и наиболее детально изучено). Затронуло почти все таксоны. Полностью вымерли аммониты, белемниты, рудисты и другие доминирующие группы. Однако морская фауна принципиально не изменилась - доминантные группы бентоса и планктона сохранились, лишь поменяв свой таксономический состав. Сухопутная биота позвоночных после этого события изменилась значительно. На суше вымерли динозавры.
8. Плейстоценово-голоценовое массовое вымирание ( 6-14, тыс. лет назад) – наиболее молодое. Привело к исчезновению многих крупных сухопутных млекопитающих. В морской биоте не заметно и поэтому не отражено на рис.

## НЕРАВНОМЕРНОСТЬ РАЗВИТИЯ. РОЛЬ КРИЗИСОВ В ЭВОЛЮЦИИ

Вернадский В.И. определил важнейшие биогеохимические свойства жизни как «растекание» и «давление». «Растекание» жизни выражается в том что за 3,5 млрд. лет из ограниченного числа простейших организмов сформировались и обособились более 350 000 растений и 1,5 миллиона видов животных и заселение верхнего слоя литосферы, гидросферы и атмосферы.

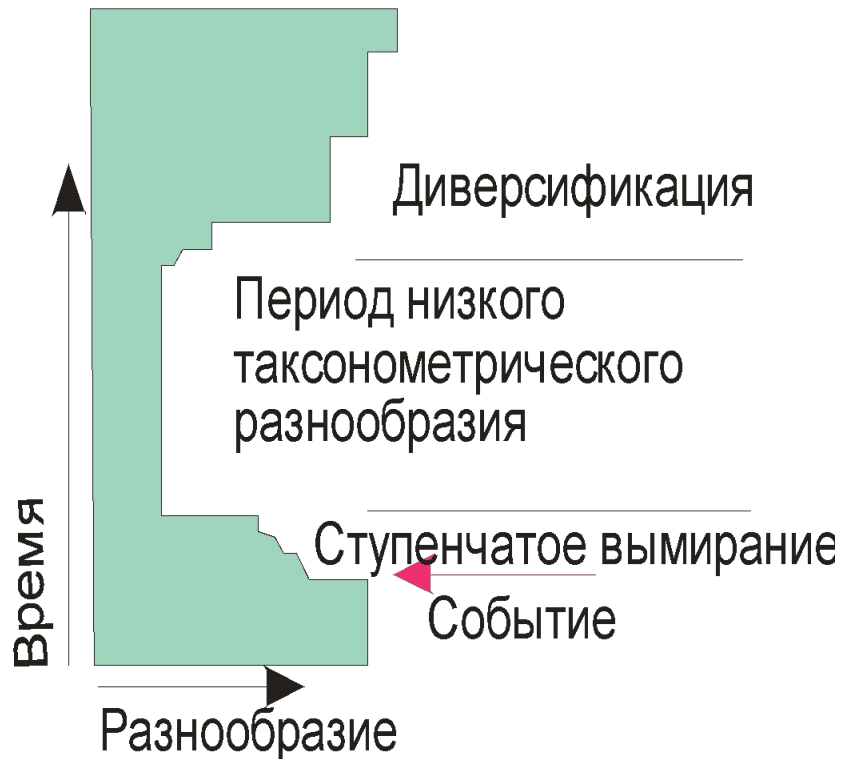
Следствием «растекания» жизни является непрерывно растущее «давление» жизни на среду обитания. «Давление» жизни вызывает ответное противодействие среды обитания на породившую это давление жизнь. Конечным результатом растущего давления среды являются локальные и глобальные экологические кризисы. Они многообразны и известны давно.

*Примеры.* К глобальным экологическим кризисам относится «падение» царства прокариот и расцвет эукариот, который произошел после достижения атмосферой точки Паскаля.

Кризисы последних 10 000 лет отличает их антропогенный характер. Академики И.П.Герасимов и чл.-кор. АН СССР М.И.Будыко приводят примеры такого кризиса (И.П.Герасимов, М.И.Будыко Актуальные проблемы взаимодействия человека и природы. Коммунист. 1974, № 10, с.79-91) «период палеолита в умеренных широтах завершился крупным экологическим кризисом антропогенного происхождения, в ходе которого человек уничтожил многие виды животных – важнейший источник питания и поставил тем самым под угрозу свое дальнейшее существование». Этот кризис вынудил человека перейти к скотоводству и земледелию.

## ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ КРИЗИСОВ НА БИОТУ

Развитие кризисов укладывается в общую схему. Начало кризиса совпадает с событием, которое катастрофически изменяет условий обитания приводит к массовому вымиранию, распространяющемуся по пищевым цепям. Вымирание занимало большой промежуток времени (до нескольких сотен тысяч лет), причем различные группы животных и растений исчезали не одновременно и с разной скоростью.



За вымиранием следует период низкого видового разнообразия, когда вымирание видов уравнивается появлением новых. Лицо биоты определяют древние группы, которые пережили кризис, но состав биоты уже иной.

Кризис завершается быстрым ростом разнообразия благодаря заполнению освободившихся экологических ниш. По-видимому, биотические кризисы могли иметь различную амплитуду и продолжительность, занимая время от нескольких до 10-15 млн. лет.

**Схема развития глобального биотического кризиса.**



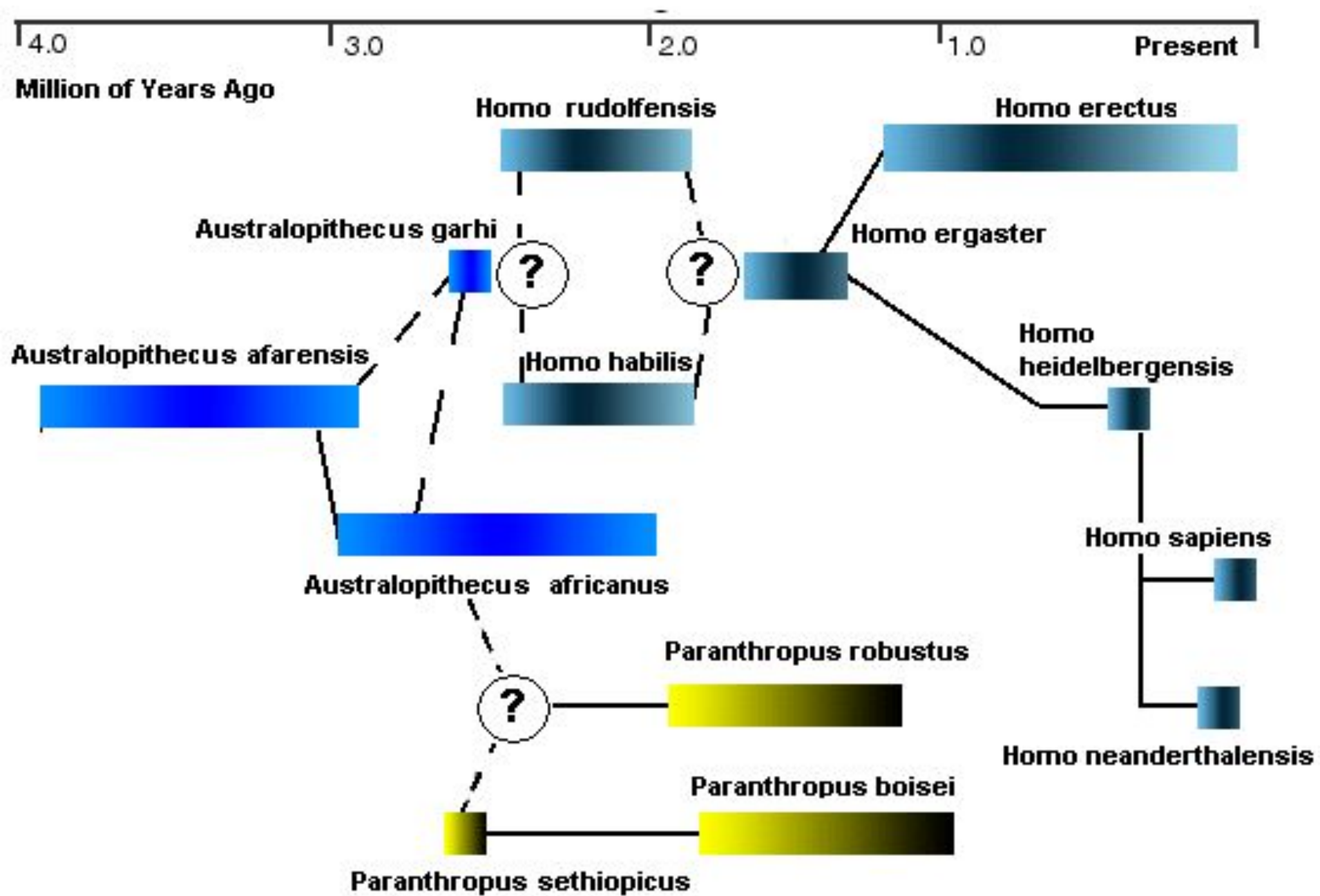
## ОСОБЕННОСТИ МАССОВЫХ ВЫМИРАНИЙ

Известно, что некоторые вымирания (например, исчезновение 65 млн. лет назад динозавров, крылатых ящеров и ихтиозавров) были связаны с падением на Землю крупных астероидов. Некоторые считают, что это всё объясняет. Однако все не так просто:

- Не все вымирания удастся связать с внеземной причиной.
- Не каждое падение крупного астероида вызывало вымирание. Например, если 65 млн. лет назад динозавры вымерли из-за падения астероида, то почему это не произошло 210-215 млн. лет назад, при падении такого же огромного астероида.
- Не ясно почему одни группы организмов при этом погибают, а другие нет?
- Виды вымирают и без всяких катаклизмов ("фоновое вымирание»). Некоторые важные особенности массовых вымираний:

Селективность. Давно отмечена малая селективность массовых вымираний, но очевидно, что определенная избирательность этих событий все же существует. Так во время кризиса 65 млн. лет назад в равной степени пострадали сухопутные и морские животные, но относительно слабо пострадали растения и некоторые животные с особым характером питания.

Эволюционная роль. Кризисы меняют направление эволюции. Одни группы освобождают экологические ниши. Другие их занимают, испытывая в связи с этим бурное развитие. Однако принципиально новые организмы при этом не появляются. Например млекопитающие и покрытосеменные растения. существовали до кризиса 65 млн. лет назад. Это понятно, поскольку любая инновация требует большего времени.



## **Различия направлений эволюции neanderthalensis (H) и sapiens (C)**

Линии (H) и (C) разошлись 500-600 тыс. лет назад. В линии (H) успех был достигнут раньше. Их экспансия в Европу произошла тогда, когда линия (C) еще прозябала. Довольно долго (40-28 тыс. лет назад) (H) и (C) жили на одной территории, причем в начале линия (H) находилась на более высоком уровне развития о чем свидетельствуют захоронения умерших. Однако у (C), хлынувших в Европу, в начале экспансии произошел скачок в развитии. Вероятно, скачок был результатом конкуренции между (H) и (C), которые занимали одну нишу.

Причину поражения (H) видят в разных путях эволюции. У (H) по ряду признаков (размер затылочной - зрительной доли) максимально развиты тенденции, наметившихся у древних высших приматов. Поэтому первоначально эволюция (H) оказалась более быстрой. (H) обладал развитым символическим мышлением, основанным на ассоциативных связях зрительных образов. Слабое развитие лобных долей говорит о слабом развитии речи.

У человека ассоциативное мышление развито слабее, но увеличены лобные доли головного мозга, с которыми связывают аналитическое мышление.

Именно это позволяло (C), которые жили большими группами в отличие от (H), эффективнее взаимодействовать между собой. Новый признак развивался медленнее, но более всесторонне, что привело в дальнейшем к успеху.

**Современные люди** заметно отличаются от ранних кроманьонцев по многим параметрам мозга. Это развеивает миф о том, что с момента появления кроманьонцев люди перестали изменяться физически.

## **Современное массовое вымирание**

Необходимо кратко остановиться на таком новом для биосферы явлении, как вымирание видов в результате нарастающей деятельности человека. Основные последствия связаны с высокими темпами уничтожения тропических дождевых лесов, которые принадлежат к наиболее разнообразному типу сообществ. По имеющимся оценкам (Morgan, 1987), эти леса могут исчезнуть с лица Земли к 2050 г. Подготовка нового издания Международной красной книги показала, что под угрозой исчезновения находится не менее четверти всех млекопитающих, пресмыкающихся, земноводных и рыб. Еще более существенными могут быть изменения среди насекомых. Впервые в список включены морские виды рыб.

Прогнозируемые скорости вымирания млекопитающих сравнимы с их вымиранием в раннем и среднем олигоцене. Качественное сравнение антропогенного биотического кризиса с более ранними показывает, что он легко может достичь порога, за которым биота перейдет в новое состояние