

# Возникновение и развитие жизни на земле

## Лекция №2

# Определение срока существования планеты и солнечной системы.

- Ч. Лайелль 1830 году
- принцип актуализма: геологические процессы (прежде всего осадконакопление) в прошлом протекали с той же скоростью, что и сейчас
- Время образования доступных для изучения толщ - несколько сот миллионов лет.
- Расчеты Лайелля основывались на гигантском фактическом материале и казались геологам и биологам гораздо более близкими к истине, чем Гельмгольца 18 миллионов лет. Однако логика Гельмгольца казалась неопровержимой - с законом сохранения энергии особо не поспоришь... Для того, чтобы возобладала точка зрения геологов (а правильной, как теперь известно, оказалась именно она) необходимо было найти иной, чем гравитационное сжатие, источник энергии для Солнца.

# Геохронологическая шкала

- два фундаментальных принципа.
- принцип Стено, или закон напластования: если один слой (пласт) горных пород лежит на другом, то верхний слой образовался позднее, чем нижний.
- принцип Гексли, или закон фаунистических и флористических ассоциаций: слои, содержащие ископаемые остатки одних и тех же видов животных и растений, образовались в одно и то же время.

# Концепции абиогенеза

самостоятельного синтеза органики  
из неорганических и  
низкомолекулярных органических

В-В

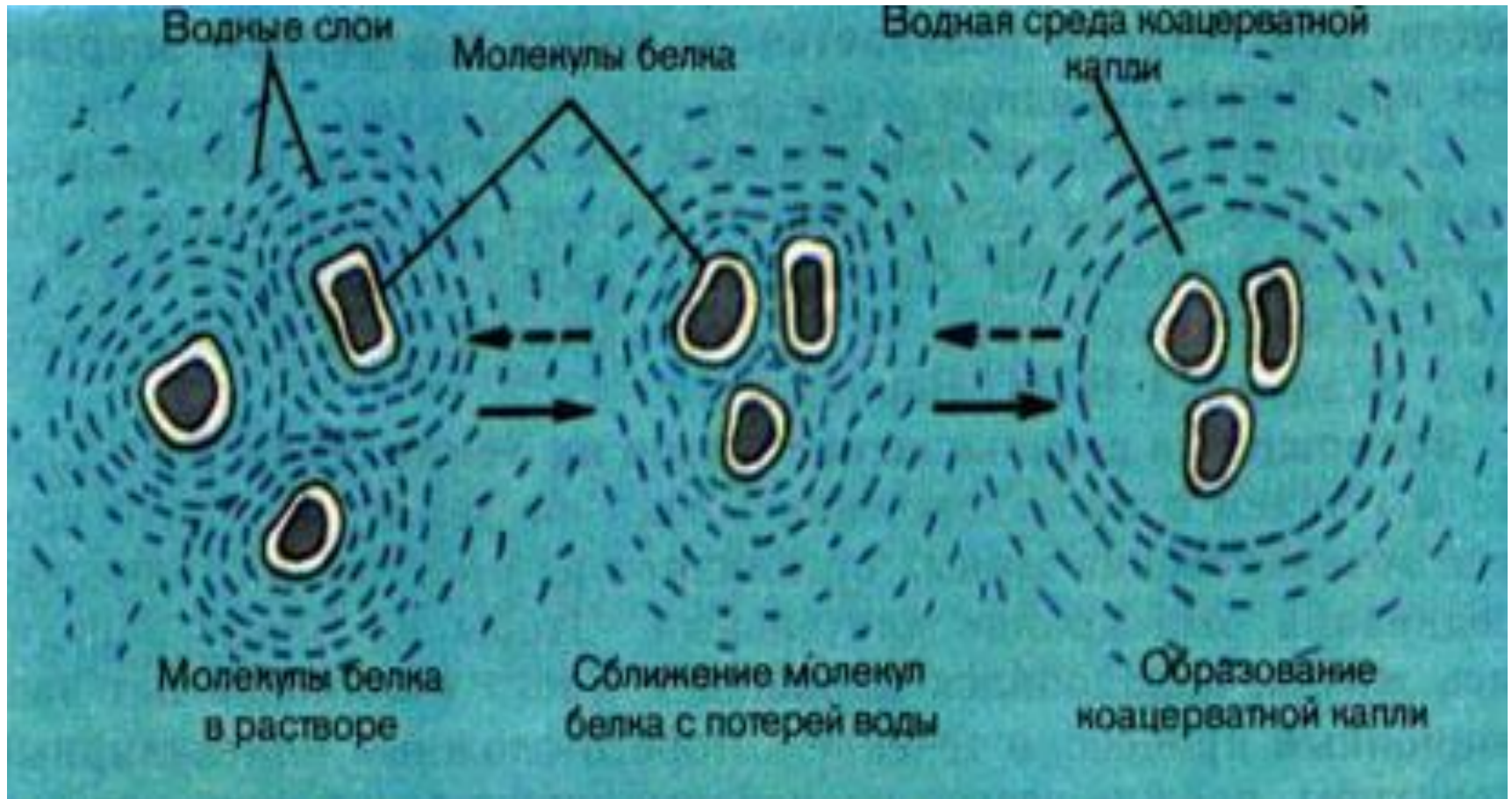
# Задача:

- как синтезировать сложные органические макромолекулы (прежде всего - белки и нуклеиновые кислоты) из простых (метана, аммиака, сероводорода и пр.), которые составляли первичную атмосферу Земли.

# Подтверждение абиогенеза

- А.И. Опарин и Дж. Холдейн - экспериментально - в растворах высокомолекулярных органических соединений возникают зоны повышенной их концентрации - коацерватные капли.
- Подобны (?) живым объектам: самопроизвольно растут, делятся и обмениваются веществом с окружающей их жидкостью через уплотненную поверхность раздела.

# Коацерватные капли



# Подтверждение абиогенеза

- С. Миллер воспроизвел газовый состав первичной атмосферы Земли - электрические разряды - синтез ряда органических соединений - в т. Ч. аминокислоты.
- С. Фоксу удалось соединить а/к в короткие нерегулярные цепи - безматричный синтез полипептидов
- *подобные полипептидные цепи были потом реально найдены, среди прочей простой органики, в метеоритном веществе.*



# Проблемы теории абиогенеза

- Наличие оптических изомеров – в эксперименте в равных количествах, в организме – только 1 изомер
- синтез макромолекул – не образование клетки (главная проблема!!)
- *вероятность случайного возникновения осмысленной аминокислотно-нуклеотидной последовательности соответствует вероятности того, что несколько килограммов типографского шрифта, будучи сброшены с крыши небоскреба, сложатся в 105-ую страницу романа "Война и мир"*

# альтернатива абиогенезу - концепция панспермии

*биогенез*

# С. Аррениус, В.И. Вернадский

- жизнь вечна и повсеместна, как материя, и зародыши ее постоянно в космосе
- вещество Земли в момент ее образования из газопылевого облака уже было "инфицировано" входившими в состав последнего «зародышами жизни»
-

# Проблемы

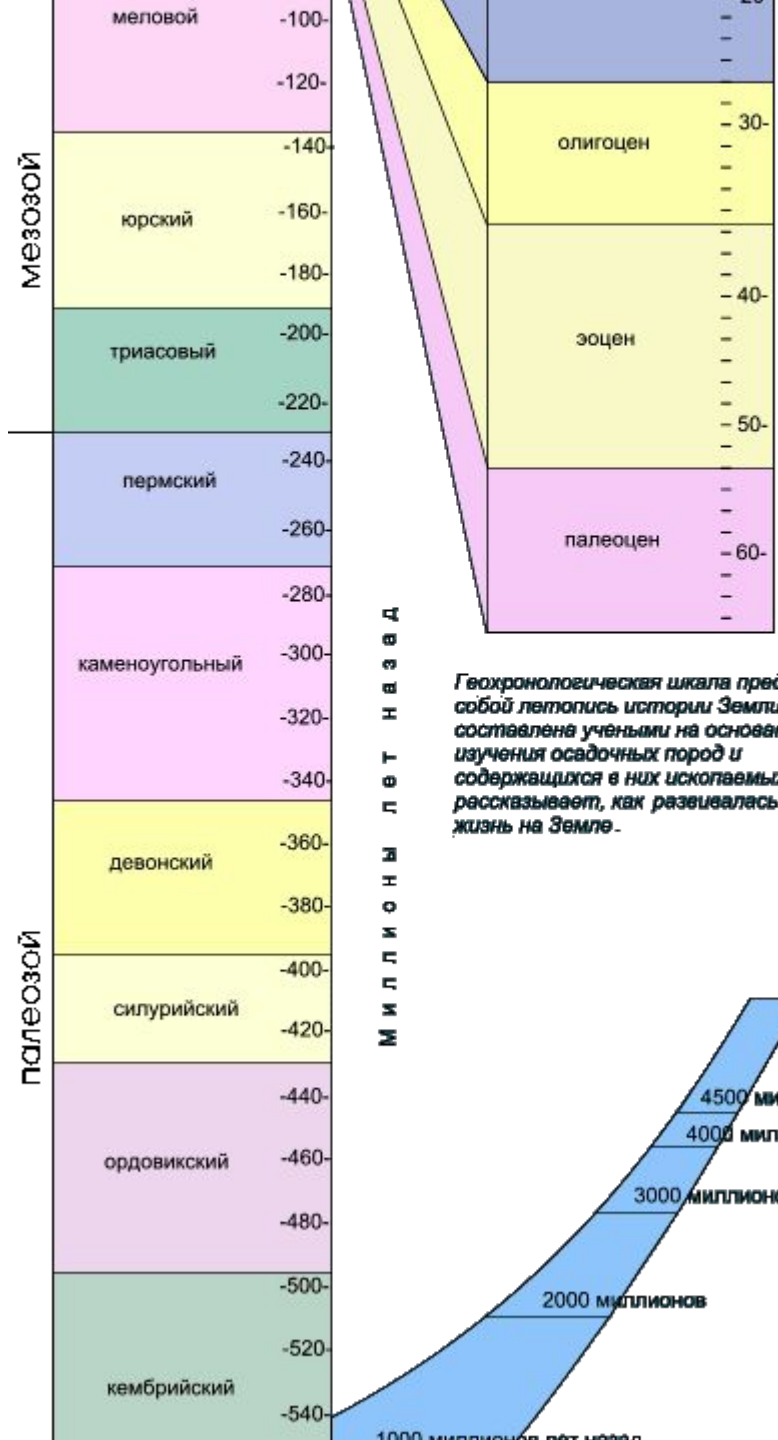
- в составе метеоритного вещества клетки не обнаружены
- Органика метеоритов не обладает хиральной чистотой – содержит L- и D-изомеры

# теория самоорганизующихся систем

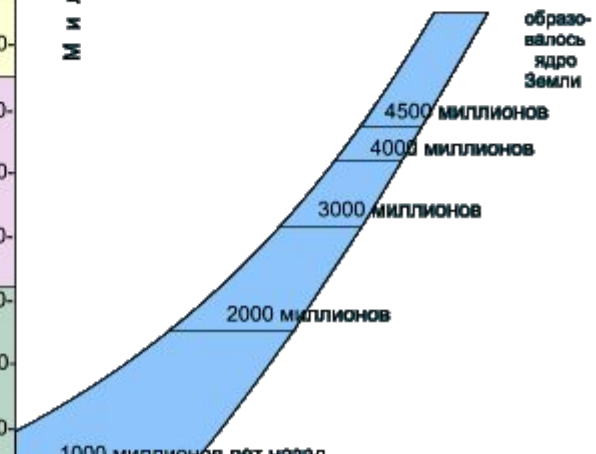
- Самоорганизующейся называют такую систему, которая обладает способностью корректировать свое поведение на основе предшествующего опыта
- термодинамика И. Пригожина

# Теория гиперциклов М. Эйгена

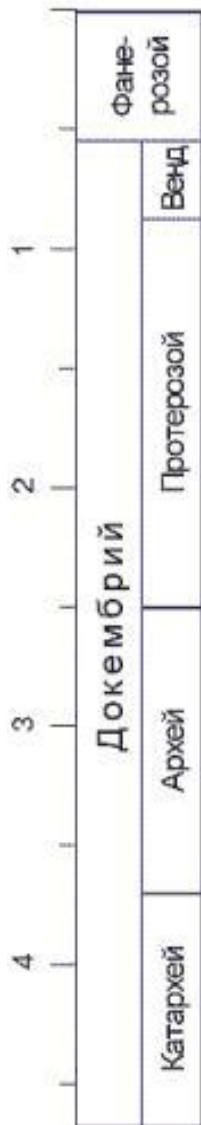
- Естественный отбор универсален
- Единицей отбора первоначально был гиперцикл
- Гиперцикл – совокупность химических реакций, связанных цикличностью и саморегулирующихся (продукт одной реакции является субстратом для другой)
- Такие системы с большей вероятностью могут существовать и конкурировать с другими химическими процессами



*Геохронологическая шкала представляет собой летопись истории Земли. Она составлена учеными на основании изучения осадочных пород и содержащихся в них ископаемых и рассказывает, как развивалась жизнь на Земле.*



Время,  
млрд лет



## Фанерозой

Эра	Период
Кайнозой, KZ	Четвертичный, Q (антропоген)
	Неоген, N
	Палеоген, P
Мезозой, MZ	Мел, K
	Юра, J
	Триас, T
Палеозой, PZ	Пермь, P
	Карбон, C
	Девон, D
	Силур, S
	Ордовик, O
	Кембрий, C



# Возникновение жизни

- древнейшие из известных минералов - возраст 4,2 млрд. лет
- (возраста Земли в 4,5-4,6 млрд лет - анализ вещества метеоритов и лунного грунта).
- углерод органического происхождения (в углероде, принимавшем когда-либо участие в реакциях фотосинтеза, необратимо меняется соотношение изотопов  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$ ) - 3,8 млрд. лет - формация Исуа в Гренландии древнейшие осадочные породы.
- первые достоверные следы жизни - первые достоверные следы воды.

# Эволюция метаболизма

- 1. гетеротрофы – хемоавтотрофы – фотоавтотрофы ??????
- 2. авто- и гетеротрофность возникли одновременно
- 3. фотоавтотрофы – хемоавтотрофы (пигменты-защита от УФ-излучения)

# Эволюция фотоавтотрофов

- древнейшие организмы из формации Исуа- фотосинтез
- 3,1 млрд лет - остатки хлорофила - фитан и пристан, фикобилин (цианобактерии)
- деятельность фотоавтотрофов определяется по одному из побочных продуктов – кислороду
- количество кислорода на Земле росло

# Эволюция фотоавтотрофов

- первичная атмосфера Земли была восстановительной - графит (C), лазурит ( $\text{Na}_2\text{S}$ )
- появление полосчатых железных руд (*джеспиллитов*) - источник кислорода – возникновение фотосинтетиков
- 3,1 – 2 млрд.л –  $\text{O}_2$  мало, «кислородные оазисы»
- кислород расходовался на окисление железа

# Ранние периоды развития жизни

- протерозойская и архейская эры, объединяемые в криптозой, или докембрий – бескислородная жизнь
- бедные по составу сообщества прокариотных организмов - бактерий и цианобактерий.
- среди прокариот неизвестны многоклеточные организмы - нитчатые и пальмеллоидные формы цианобактерий (колонии)
- *на прокариотной основе многоклеточность не возникает в принципе.*

# Строматолиты

- Для докембрийских осадочных пород характерны строматолиты (*по-гречески - "каменный ковер"*) - тонкослойные колонны или холмики, из карбоната кальция
- Строматолит образуется в результате жизнедеятельности цианобактериального мата



# **Современные строматолиты (Австралия)**



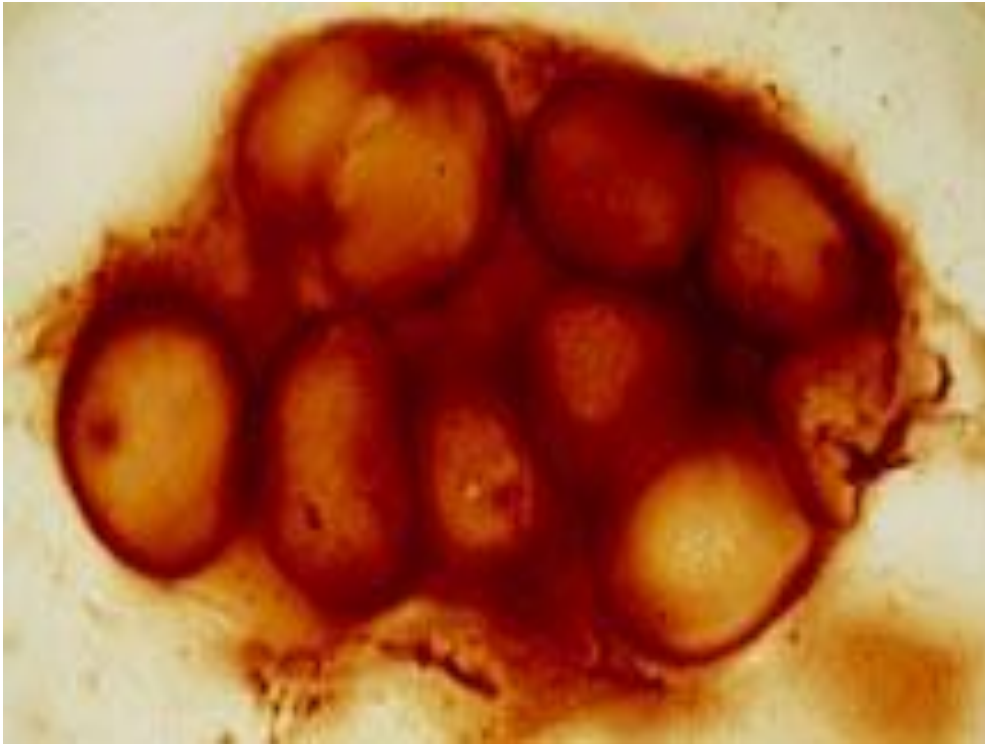




**Stromatolite**



***Колониальная (хроококковая) форма  
из позднего Протерозоя Австралии  
(850 млн. лет назад)***



# ***Нитевидная форма Palaeolungbua***



# Структура мата

1. **Фотическая зона мата - Верхний слой -**  
поверхность роста (1-1,5 мм),
  1. автотрофы
  2. гетеротрофы - облигатно-аэробные бактерии.
2. **Фотическая зона -(менее 1 мм) подкладка**
  1. автотрофы - нескислородный фотосинтез
  2. гетеротрофы - факультативные аэробы.
3. **Бескислородная зона - разнообразные анаэробы.**

# Рост мата

- *частички осадка (обычно - кристаллы карбоната кальция), - затемнение фотической зоны интенсивность света падает*
- *положительный фототаксис - миграция вверх - новая поверхность роста*
- *современные строматолиты прирастают со скоростью около 0,3 мм/год*


# Мат - высокоинтегрированное сообщество

- с сложной трофической структурой:
- два верхних слоя составлены продуцентами и консументами первого порядка
- нижний слой - редуценты.
- мат производит столько органики и кислорода, сколько расходует

- донные сообщества. Дело в том, что, помимо уже известных нам строматолитов, следы жизнедеятельности микробных сообществ представлены еще и онколитами - более или менее сферическими образованиями



# Появление кислородной атмосферы

- как продукта обмена цианобактерий
  - вместо кислородных «оазисов» - анаэробные зоны в местах разложения органики
  - 1,9 млрд лет назад – отложения пород, сод. окисленный Mg
  - Сод. O<sub>2</sub> 1% от современного (точка Пастера)
- 

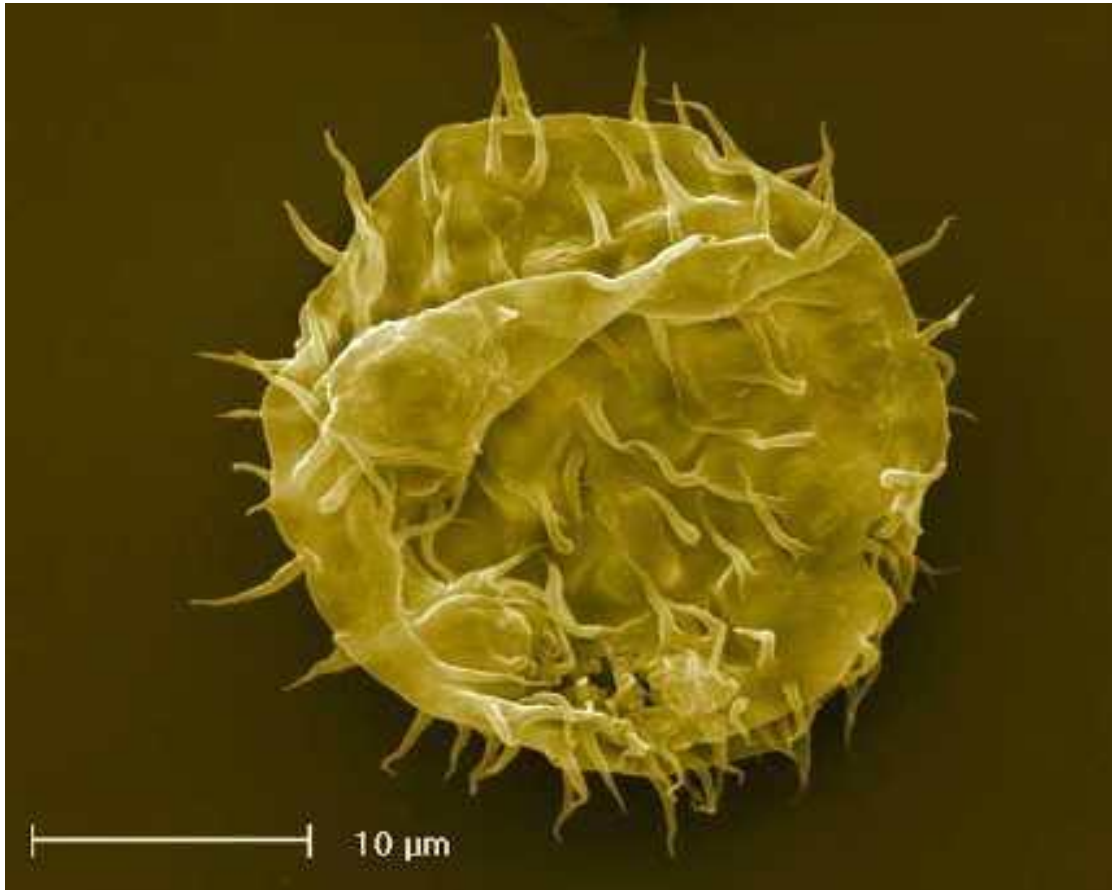
# Точка Пастера

- возможно кислородное дыхание
- возникает озоновый слой – сниж. УФ
- К середине протерозоя (1,7-1,8 млрд лет назад) - аэробная атмосфера.
- Выгодно – разделение в пределах клетки структур и выполняемых ими функций –
- КОМПАРТМЕНТАЛИЗАЦИЯ

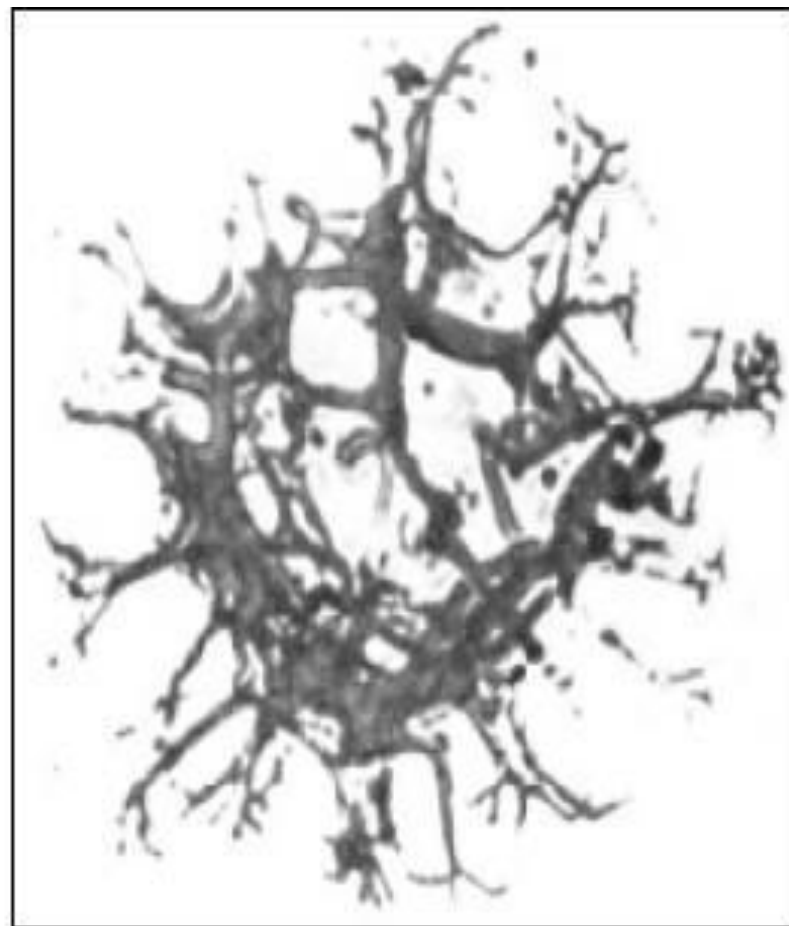
# Эукариоты

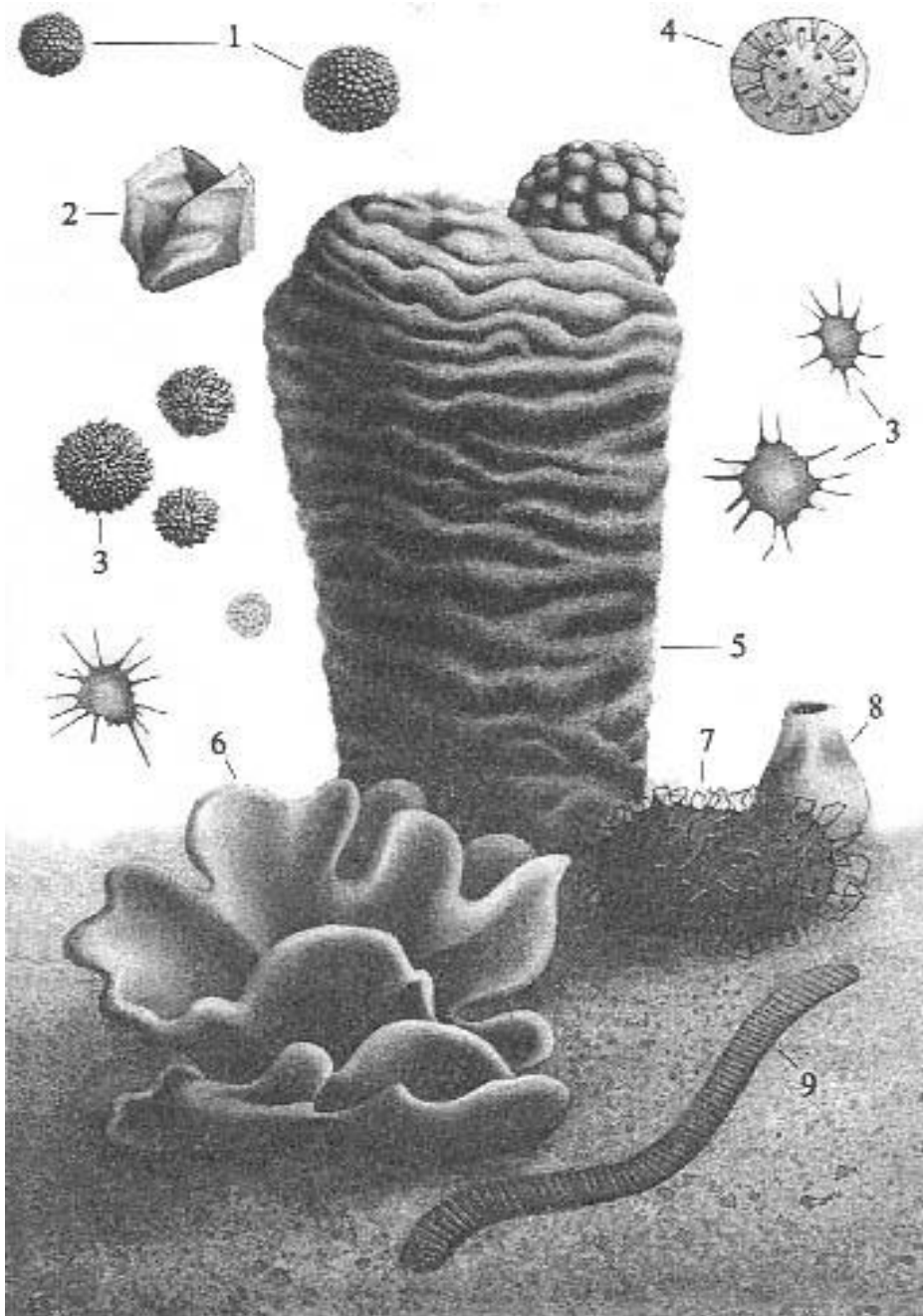
- **Акритархи- первые эукариоты.**
- *Заключение об их эукариотности первоначально основывалось на размере клеток (они превышают 60 мкм, тогда как практически все известные прокариоты со сферическими клетками мельче 10 мкм), однако позже на Среднесибирском плоскогорье (местонахождение Мироедиха) удалось собрать множество экземпляров уникальной сохранности, на которых удалось реконструировать процесс ядерного деления. А недавно в одном из австралийских нефтяных месторождений сходного возраста (1,7 млрд лет) были обнаружены стеролы - вещества, которые синтезируются только клеточными ядрами.*

# Акритархи



Ours-Nature.ru (c)





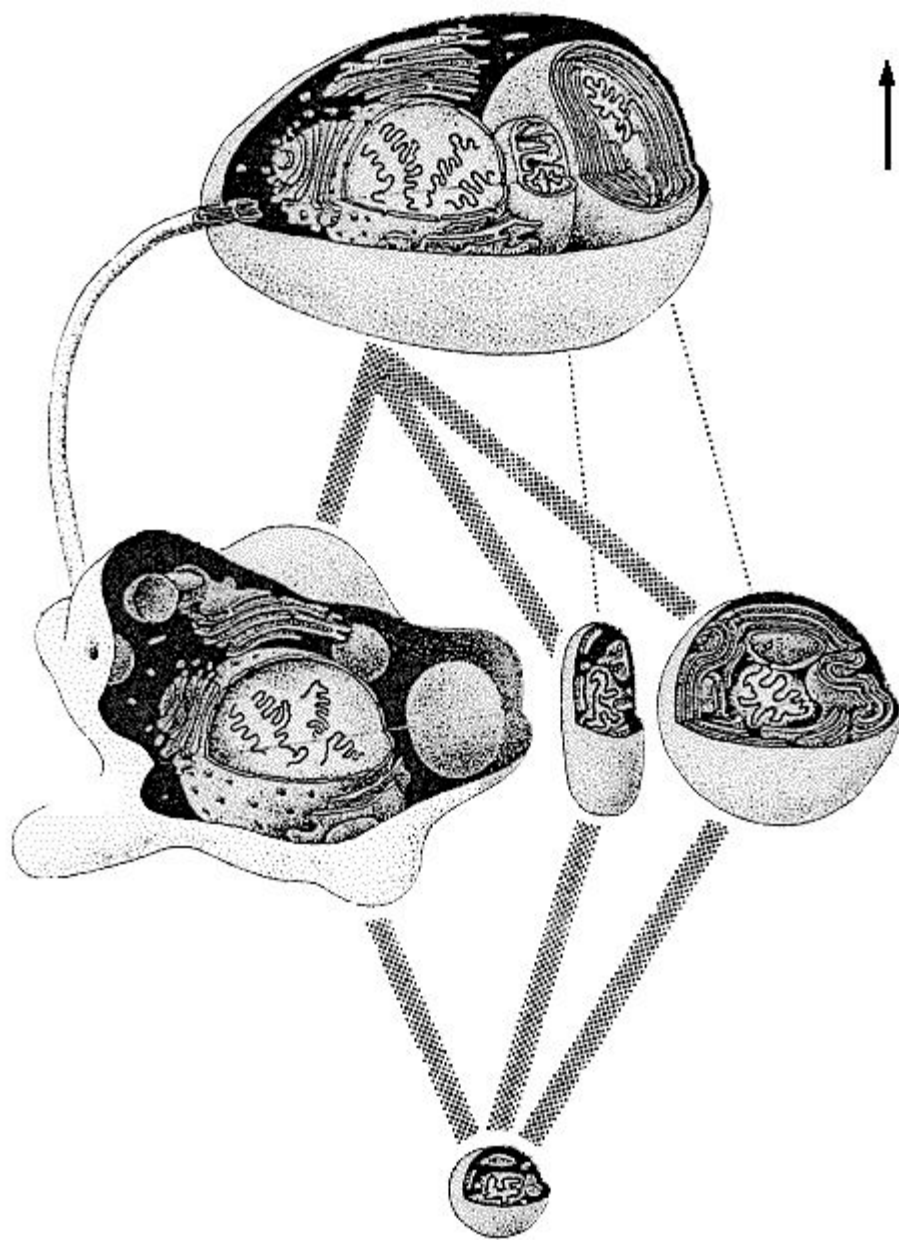


Рисунок 18. Схематическое изображение симбиогенеза

# Эукариоты-аэробы

- Оттеснили прокариотные сообщества (пересоленные водоемы, горячие источникии т.д.),
- Превратили в эфемеров (*сине-зеленые водоросли, стремительно размножающиеся в луже - и тут же исчезающие вместе с ней*)



- различные варианты эукариотности - т. е. внутриклеточных колоний - возникали многократно
- (красные водоросли - результат "независимой эукариотизации" цианобактерий ?)
- эукариотам сложны, но уязвимы;

# Возникновение многоклеточных

- сама по себе эукариотность не создает решающего преимущества
- Снабжение этих одноклеточных биогенами и растворенными газами происходит за счет диффузии
- мелкий организм выедаёт вокруг себя биогены - "пустыня".
- насыщает воду органикой,
- на окисление этой органики расходуется кислород, и водный слой, окружающий организм, эвтрофицируется..

# Решение проблемы

- Организм должен перемещаться относительно воды.
    - активное движение
    - прикрепиться к неподвижному субстрату (прокариоты)
- органы движения - жгутики и реснички эукариотных одноклеточных, и клеточные агрегации,
- Активное и быстрое движение возможно при появлении эукариот, способных к образованию высокоинтегрированных клеточных агрегаций.

# Многоклеточность

- Привела к повышению способности организмов создавать запас питательных веществ
- Запасные вещества и резервная биомасса крупных организмов делают их популяции более независимыми от колебаний ресурса и стабилизируют их плотность

# Происхождение многоклеточности

- См. лекции по Зоологии

# Смена экоценозов

- Первые эукариоты - фитопланктонных акритархи;
- Затем нитчатые формы с эукариотными параметрами клеток - «водорослевые луга»
- *Ныне - лишь в некоторых антарктических внутренних водоемах*
- *в докембрии - в морях за пределами мелководий (которые были заняты матами).*

- около 1,2 млрд лет назад, когда начался постоянный рост численности и видового разнообразия эукариотного фитопланктона, продолжавшийся до 600 млн лет назад.
- донные детритные цепи протерозоя существуют в условиях сильного недостатка кислорода – плохая утилизация

- К середине рифея (1,4-1,2 млрд лет) эти нитчатые эукариотные формы достигли значительного разнообразия
- пластинчатые, корковые и кожистые типами слоевища







# *Кислородный контроль*

- Животные - следы жизнедеятельности (норки и следовые дорожки на поверхности осадка) в конце протерозоя - около 800 млн лет назад
- *До этого – недостаточно кислорода, нужно значительно большая концентрация, нежели в точке Пастера.*

# Накопление кислорода

- с 850 до 600 млн лет назад – резкое увеличение уровня  $O_2$
- планктонные экосистемы детритная пищевая цепь развита очень слабо,
- вся органика - на дно водоема
- Донные детритные цепи протерозоя - недостаток кислорода
- Непереработанная органика накапливается

# Хайнаньская биота

- — богатая фауна макроскопических бесскелетных животных, обнаруженная в 1986 году Сун Вей-го (Song Weiguo) в докембрийских отложениях Китая (остров Хайнань) с возрастом 840—740 млн. лет. Похожая фауна была найдена и М.Б. Гниловской в России, на Тиманском кряже; ее возраст - около 1000 млн. лет
- Изучена она пока недостаточно. Известно лишь, что составляющие ее организмы уступают по размеру эдиакарским и являются не *лентовидными*, а *червеобразными*, причем иногда кажутся *членистыми*. Многие из них строят из органики сегментированные трубки бокаловидной формы. Очень важно то, что среди этих организмов нет ни медузоподобных "дисков" (как в Эдиакаре), ни каких-либо форм, близких к *губкам* (примитивнейшим из современных групп животных); судя по всему, довендская хайнаньская биота не может считаться предковой ни для эдиакарской, ни тем более для современной (фанерозойской).

# Эдиакарская фауна

- венд (620-600 млн лет назад)
- состояла из крупных или очень крупных беспозвоночных, размером до полутора метров.
- радиально-симметричные формы - "медузоиды",
- билатерально-симметричные (петалонамы)
- напоминают современные кораллы морские перья (Pennatularia),
- (дикинсония и сприггина) - кольчатых червей и членистоногих

- Первые исследователи эдиакарской фауны (Спригг и Глесснер) считали эти формы реальными предками современных кишечнополостных и червей ("австралийская школа")
- большинство исследователей считает, что сходство внешнее, и эдиакарские организмы представляют собой нечто совершенно особенное.
- А. Зейлахер (1984) ввел название - вендобионты.

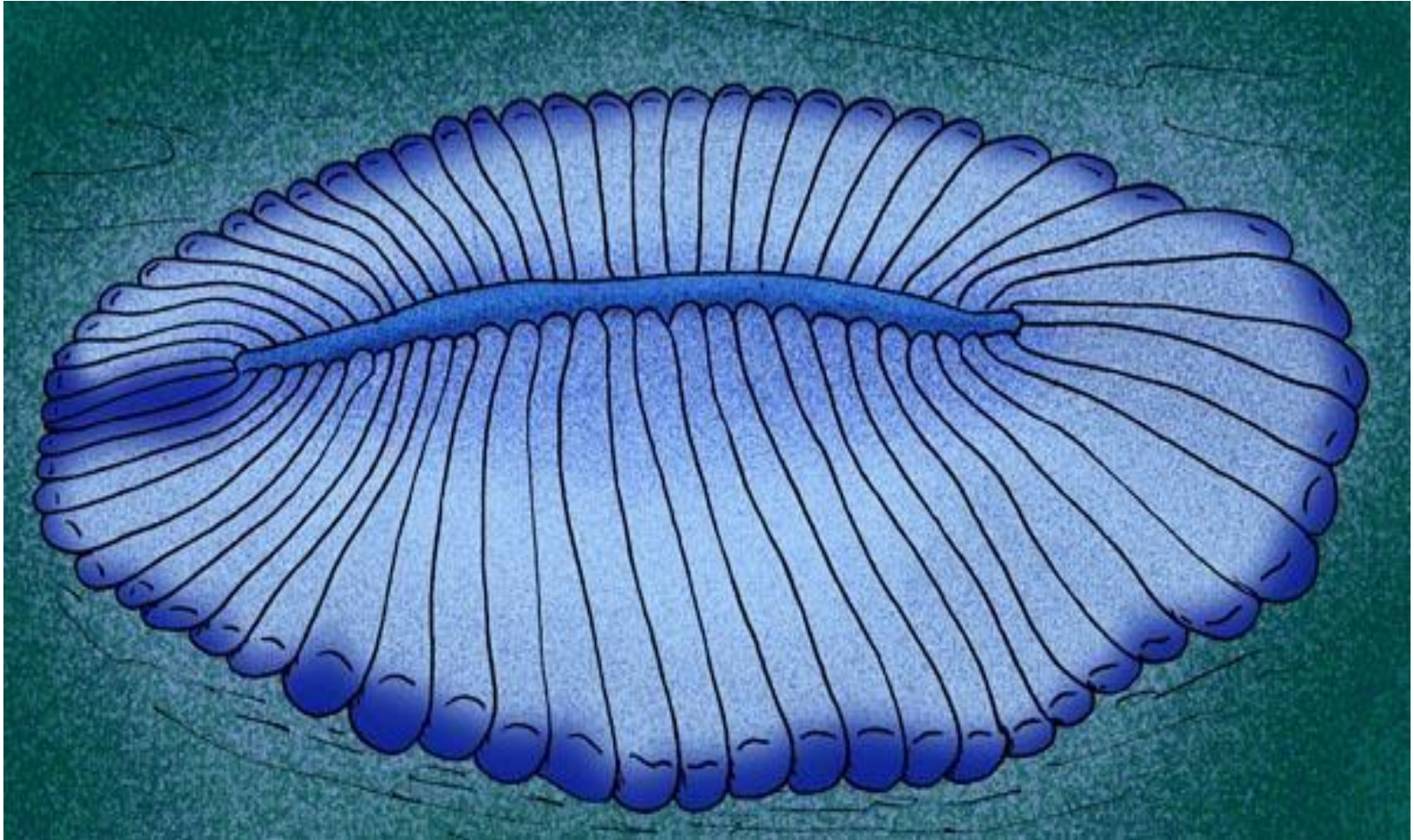
- *элементы характерной для вендобионтов симметрии скользящего отражения, наблюдаемые в строении примитивнейшего из хордовых - ланцетника. С другой стороны, один из эдиакарских организмов - ярнемиия, с ее мешковидным телом и двумя "сифонами", очень напоминает близкого родственника хордовых - асцидию; к тому же оказалось, что отпечатки этого организма сильно обогащены ванадием - тем самым металлом, что является основой дыхательного пигмента асцидий. Так что некоторые исследователи не исключают, что мы с вами (как представители хордовых) ведем свой род прямиком от вендобионтов.*



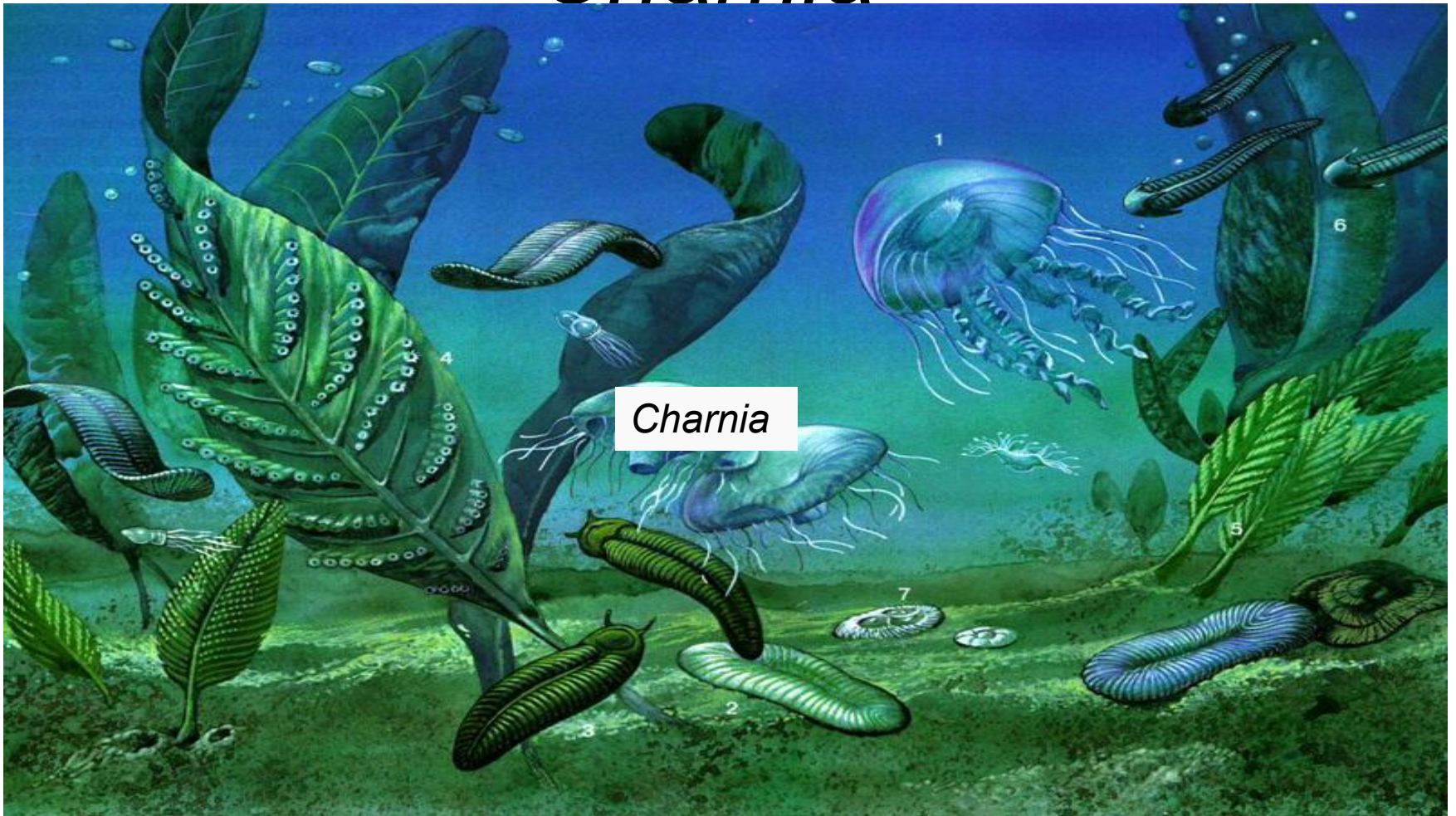
# Сприггина



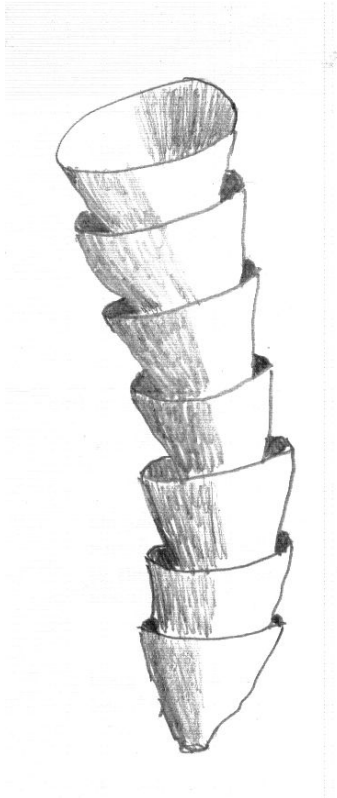
# ДИКИНСОНИЯ

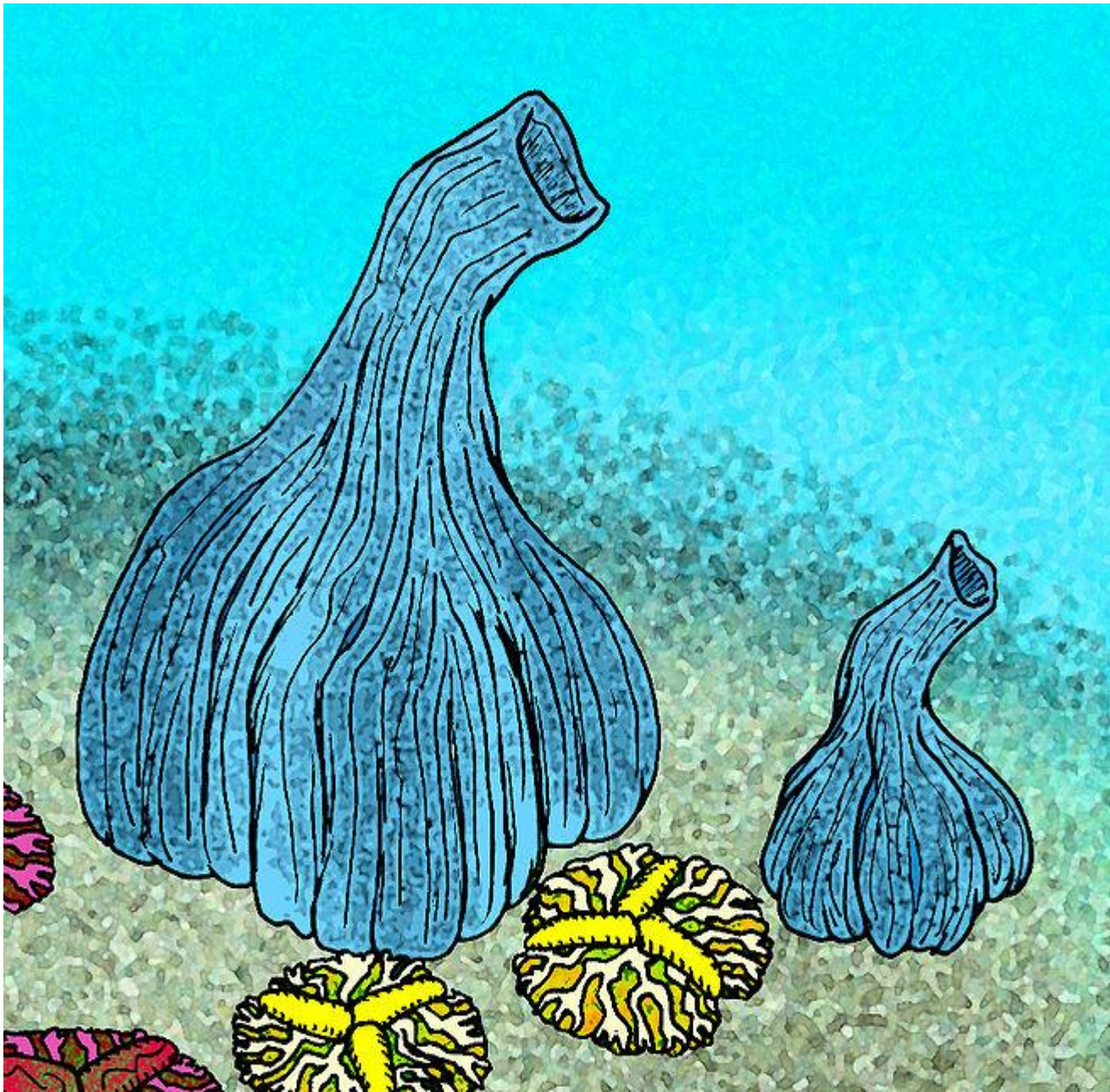


# Charnia



# *Cloudina*






*Inaria  
Albumares.*

# Кембрий

- Фитопланктонный кризис
- Вымирание:
  - акритарх
  - вендобионтов
  - упадок прокариот-строматолитообразователей

# Фанерозойская биосфера

- минеральный скелет – животные всех уровней, водоросли
  - скелет требует высокого уровня обмена в-в – достаточно  $O_2$
  - возникновение организмов-фильтраторов
  - уменьшение мутности воды
  - обогащение придонных слоев  $O_2$
- 
- A diagram consisting of two black arrows. The first arrow starts from the word 'фильтраторов' in the third bullet point and points downwards and to the right towards the word 'воды' in the fourth bullet point. The second arrow starts from the word 'фильтраторов' and points downwards and to the right towards the text 'обогащение придонных слоев O2' in the fifth bullet point.

# Развитие кембрийской фауны

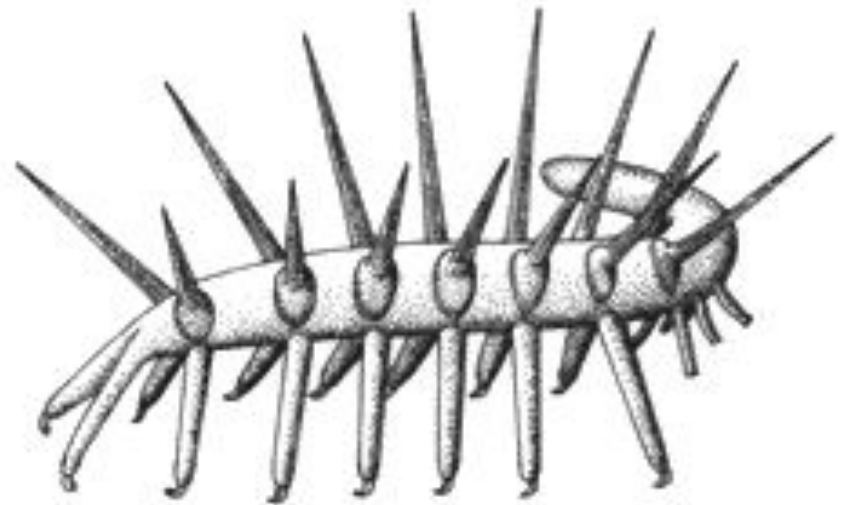
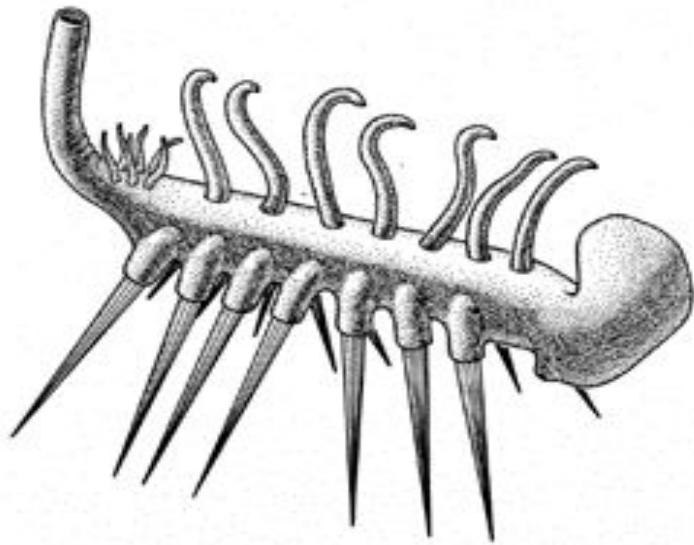
- обогащение придонных слоев  $O_2$
- существование макроскопической донной фауны
- минеральный скелет - от простейших (радиолярии и фораминиферы) и губок до членистоногих и моллюсков



# Разнообразие скелетных образований

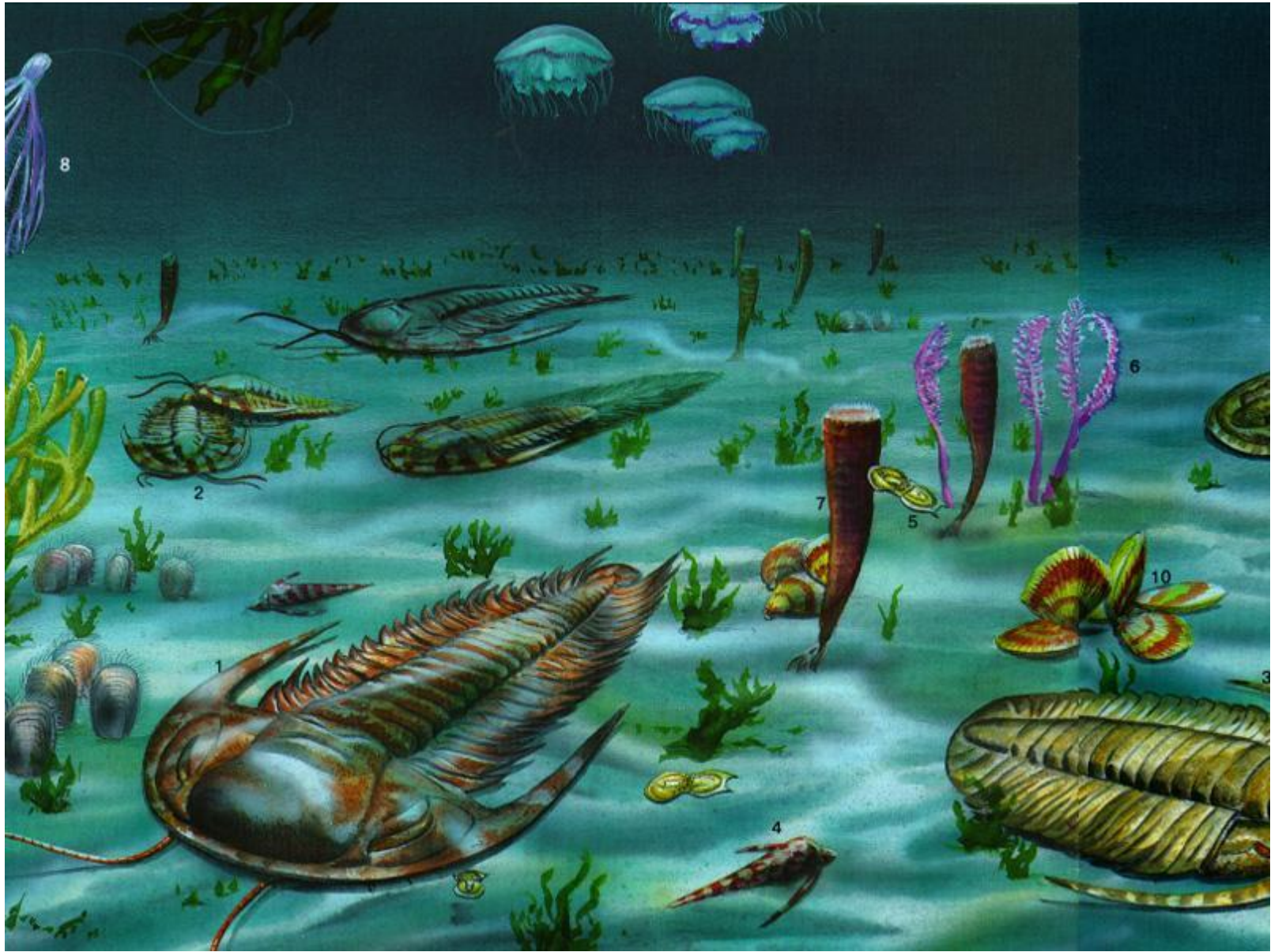
- раковины (моллюски и брахиоподы)
- жилые трубки (сабелидиты, хиолиты)
- зубчики - конодонты - ротовые органы древнейших вторичноротых - щетинкочелюстных и хордовых
- приапулиды (сейчас 20 видов),
- лобоподы (тихоходки и обитающими в подстилке влажных тропических лесов онихофорами); - галлюциногенция

# Галлюциногения

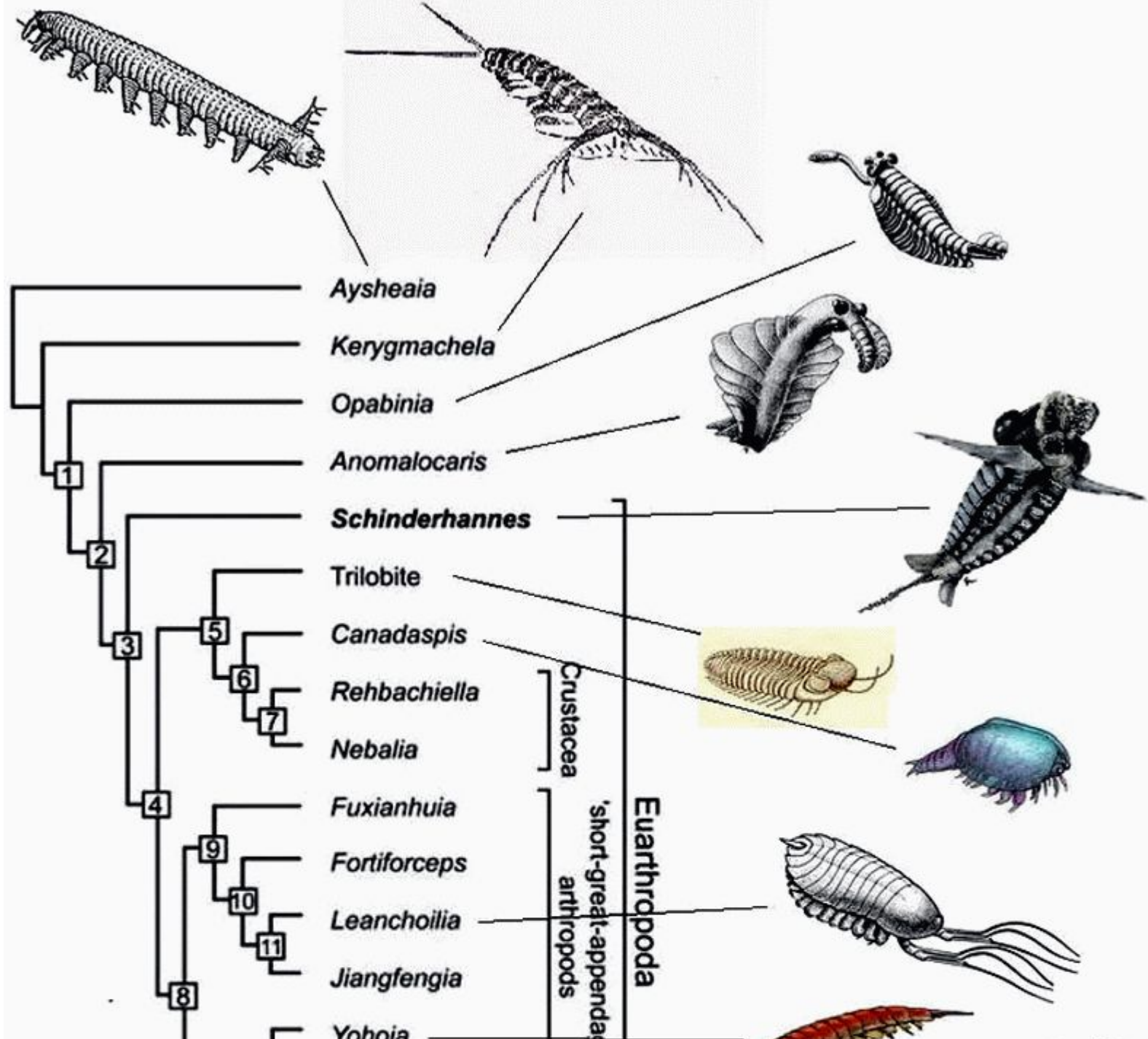


# Типы твердого скелета

- подвижный наружный (членистоногие) - лобоподы, трилобиты, ракоскорпионы
- внутренний (хордовые) - челюстноротые







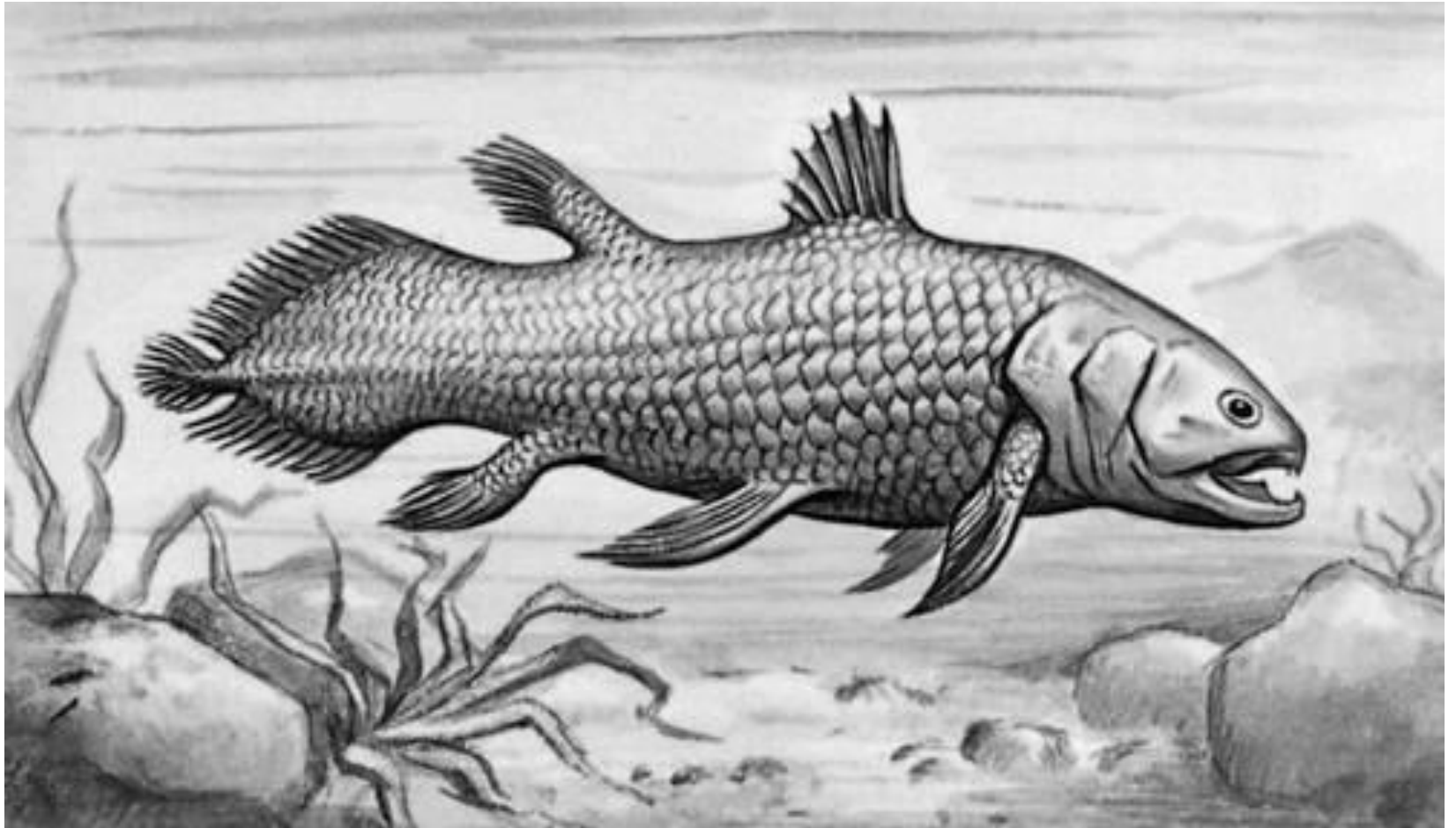
# Выход на сушу

- средний докембриий - водорослевые корки и, возможно, лишайники; - процессы архаичного почвообразования.
- Животные (беспозвоночные) на суше - с ордовика, почвообразующий фактор
- Сосудистые растения на суше - к концу девона

- тетраподы ведут свое происхождение от кистеперых рыб (Rhipidistia)  
латимерия
- *от другой группы рыб - двоякодышащих (Dipnoi), -.*

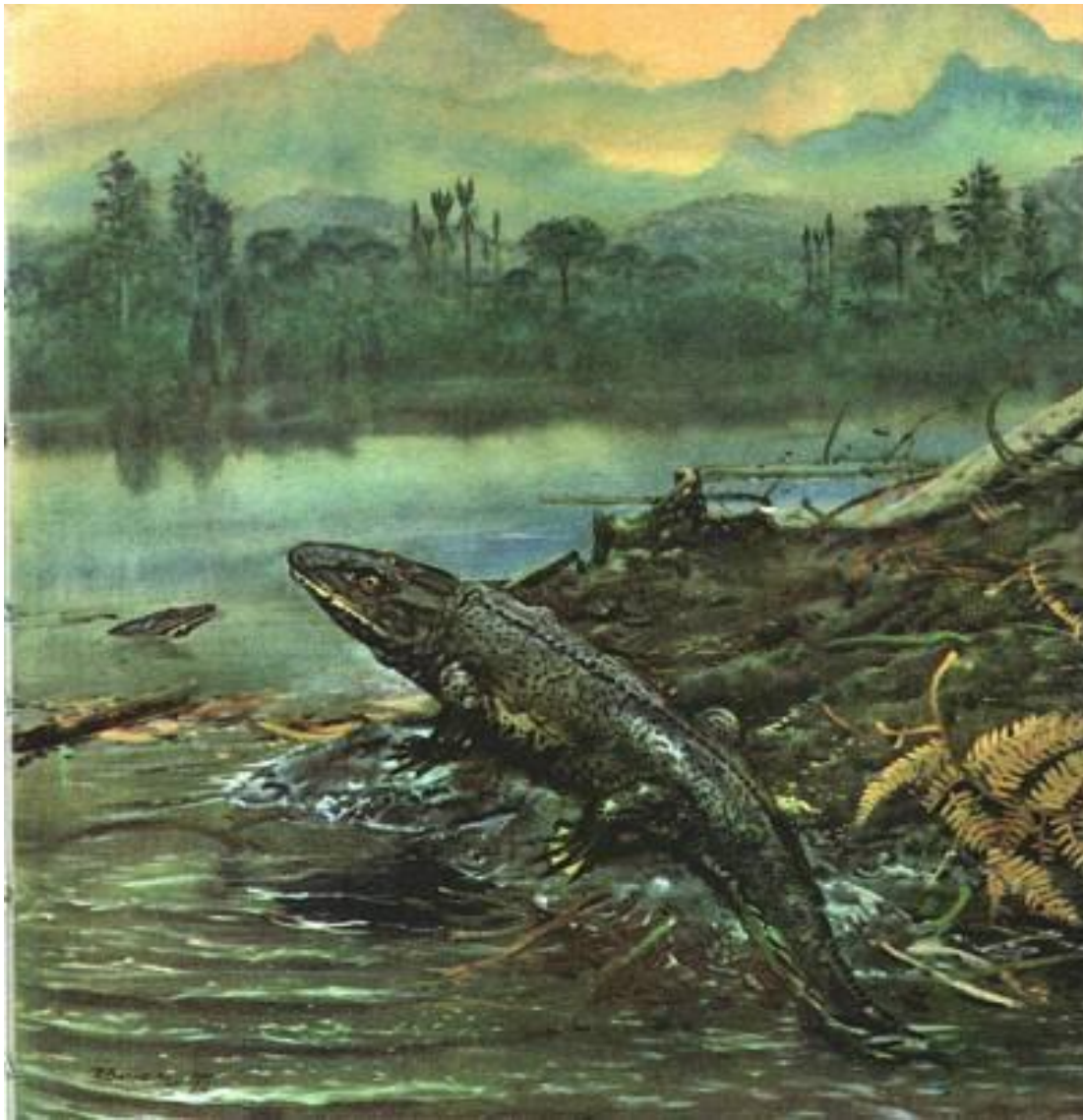








Скелет двубоковой  
амфибии калемасоса  
Калемасоса атлантического  
Полдень, Европа  
Калемасос: длина тела 20 см.  
лет 10-15, продолжительность  
жизни до 20 лет.  
Обитает в водах с медленным  
течением, в основном в  
водоемах с водой и гниющей  
растительностью.



# Gerrothorax pulcherrimus

