



Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

ИЦ Популярная геология <http://popular.geo.web.ru>



Битва за море

В.Н.С. Тесакова Е.М.
ostracon@rambler.ru

Поскольку известная нам жизнь существует на основе углерода и представляет собой чрезвычайно сложные химические реакции, появиться она могла только там, где они могут протекать, т.е. в растворе - воде.

Откуда на Земле взялась вода? Когда она появилась?

1. Космическая (внешняя)

2. Земная (внутренняя)

- Вулканы
- Гейзеры

Меркурий (водяные пары, лед)

Венера (водяные пары)

Земля (жидкая вода!, лед, водяные пары)

Луна (лед)

Марс (водяные пары, лед)



Юпитер (водяные пары, лед)

Сатурн (водяные пары, лед?)

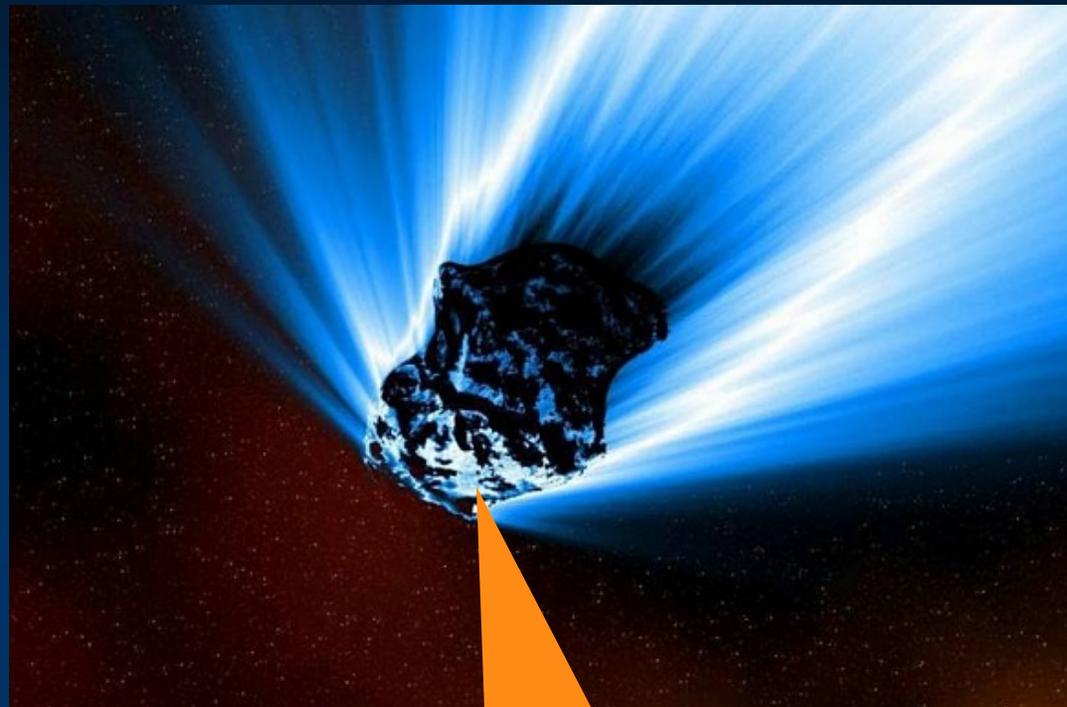
Уран (водяные пары, лед)

Нептун (водяные пары, лед, жидкая вода?)

1. Космический источник. Активная метеоритная бомбардировка 4,6-4,0 млрд. лет назад (Гадей)



Плюс кометы

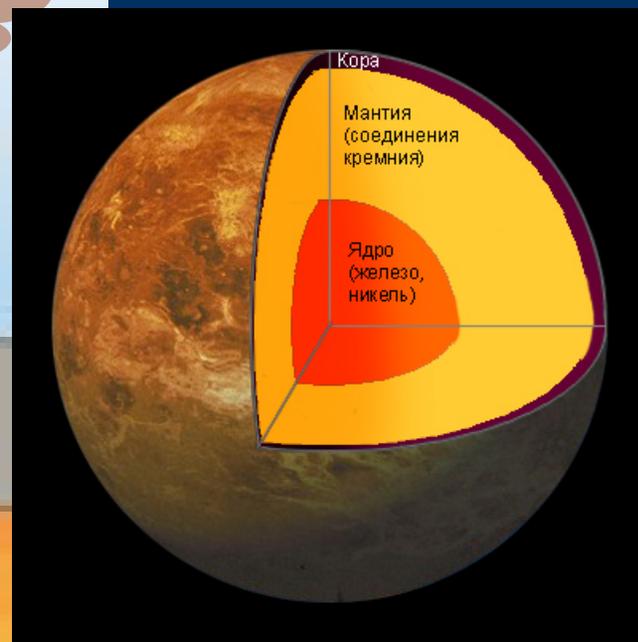
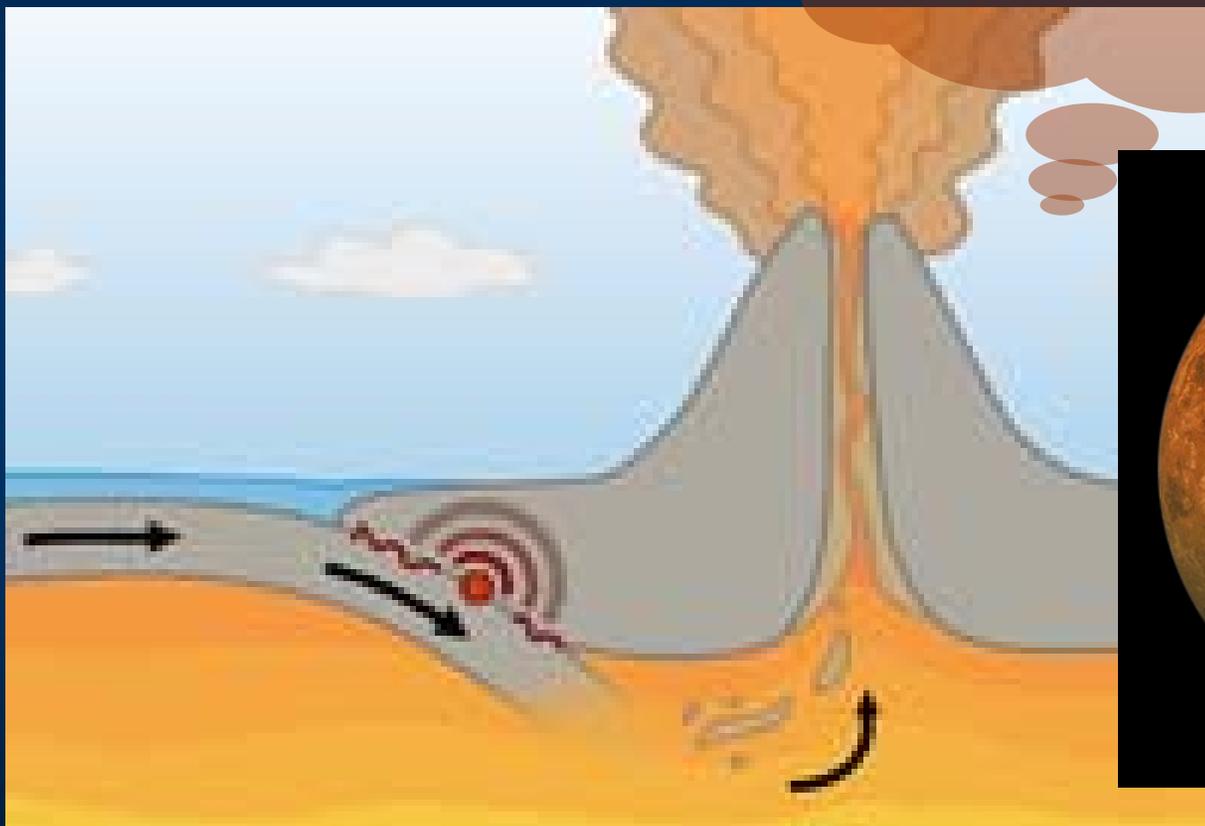


**Каменистые частицы,
пыль, замороженные
 NH_3 CO_2 H_2O**

2. Магматический источник воды на Земле

Схема извержения вулкана

HCl , CO_2 , H_2S , SO_2
 N_2 , H_2 , H_2O



В составе мантии Земли воды (химически связанной) содержится в 10-12 раз больше, чем в Мировом океане

Извержения вулканов в настоящее время



Камчатка



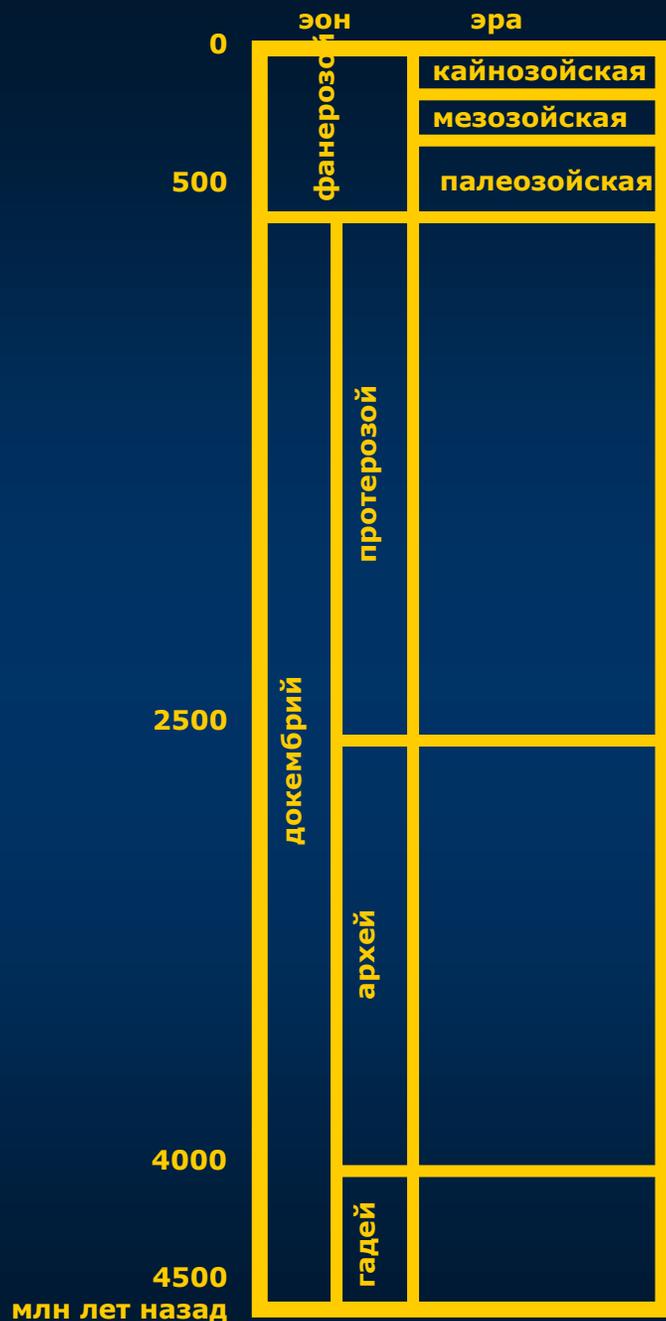
Япония



Филиппины

И современные гейзеры (Северная Америка, Исландия, Камчатка, Япония, Китай, Новая Зеландия)

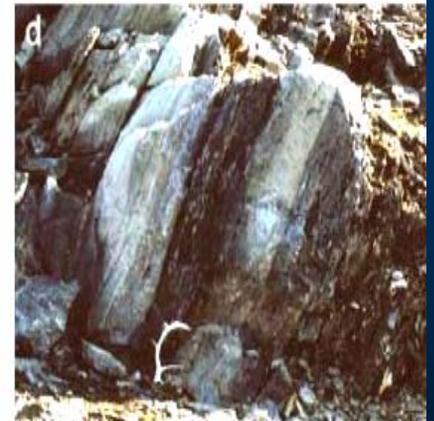
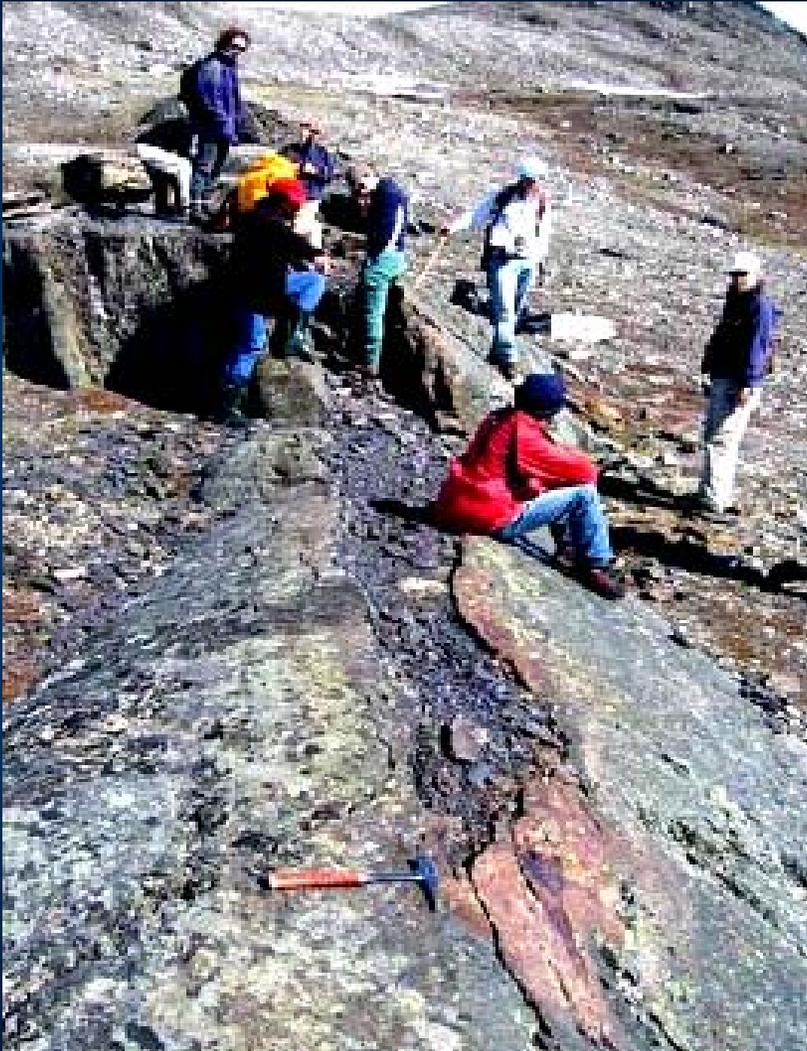




Когда на Земле появилась вода?

Первые следы воды на Земле

Джеспилиты, карбонаты со смещенным соотношением C^{12}/C^{13} , турбидиты, пиллоу-лавы



Серия Исуа, Гренландия (3,8 млрд. лет)

ГАДЕЙ

4.6-3.85 млрд.

АТМОСФЕРА: H₂O (75%), CO₂ (15%), метан, аммиак, сера (H₂S, SO₂), «кислые дымы» (HCl, HF, HBr, HI) и инертные газы

Сформировалась благодаря вулканической деятельности. Полное отсутствие кислорода и невозможность его появления из вулканических источников

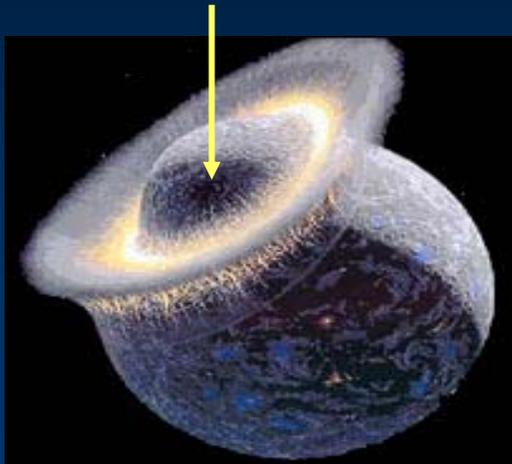
Давление до 250 атмосфер, за счет обилия водных паров.

Тонкая атмосфера → температура поверхности Земли около 15*С → конденсация водных паров → появление гидросферы

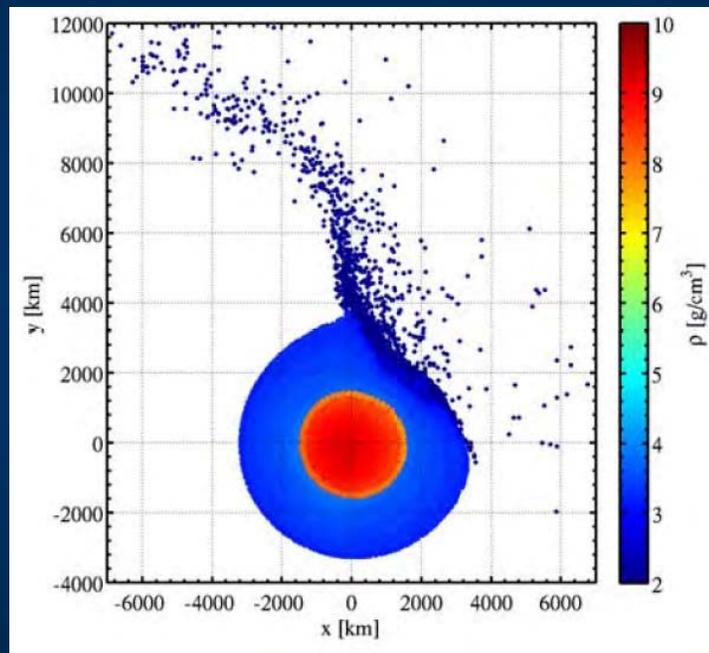


Происхождение Луны: Гипотеза мегаимпакта

Тело размером с Марс



Луна образовалась в результате аккреции выбросов от удара на околоземную орбиту



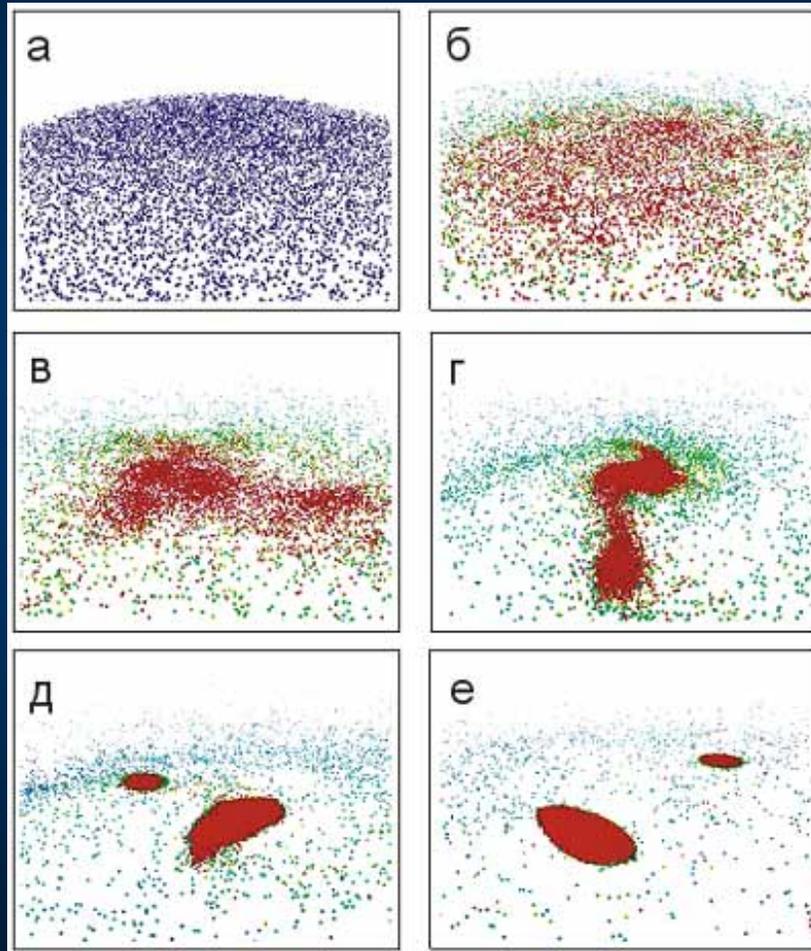
Прото-Земля

Столкновение Земли с небесным телом размером с Марс, в результате которого произошел выброс расплавленного вещества, образовавшего Луну (гипотеза мегаимпакта).

Происхождение Земли и Луны как двойной системы



Э.М. Галимов



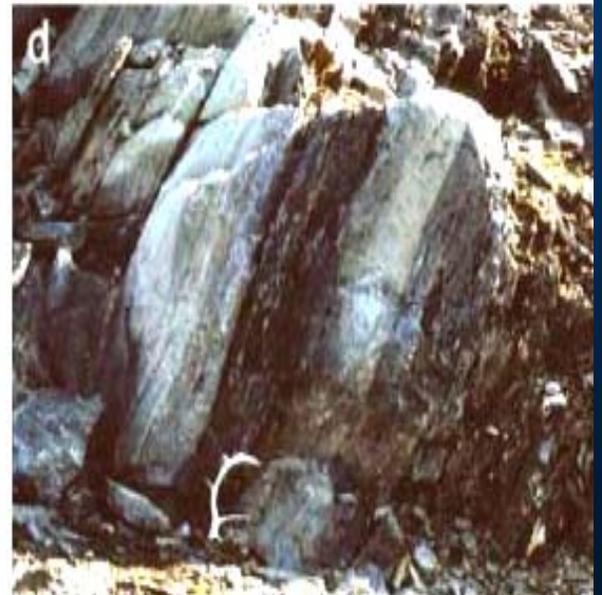
модель коллапса облака испаряющихся частиц. Показаны последовательные фазы фрагментации облака (а - г) и образования двойной системы (д - е).

Луна – гигантский «миксер», перемешивающий воды мирового океана и помогающий растворению в них минеральных веществ.



Джеспилиты, карбонаты со смещенным соотношением C^{12}/C^{13} ,
турбидиты, пиллоу-лавы

Формация Исуа





Добыча джеспилитов в
Михайловском руднике КМА



Строматолиты – постройки цианобионтов – первых фотосинтезирующих организмов Земли



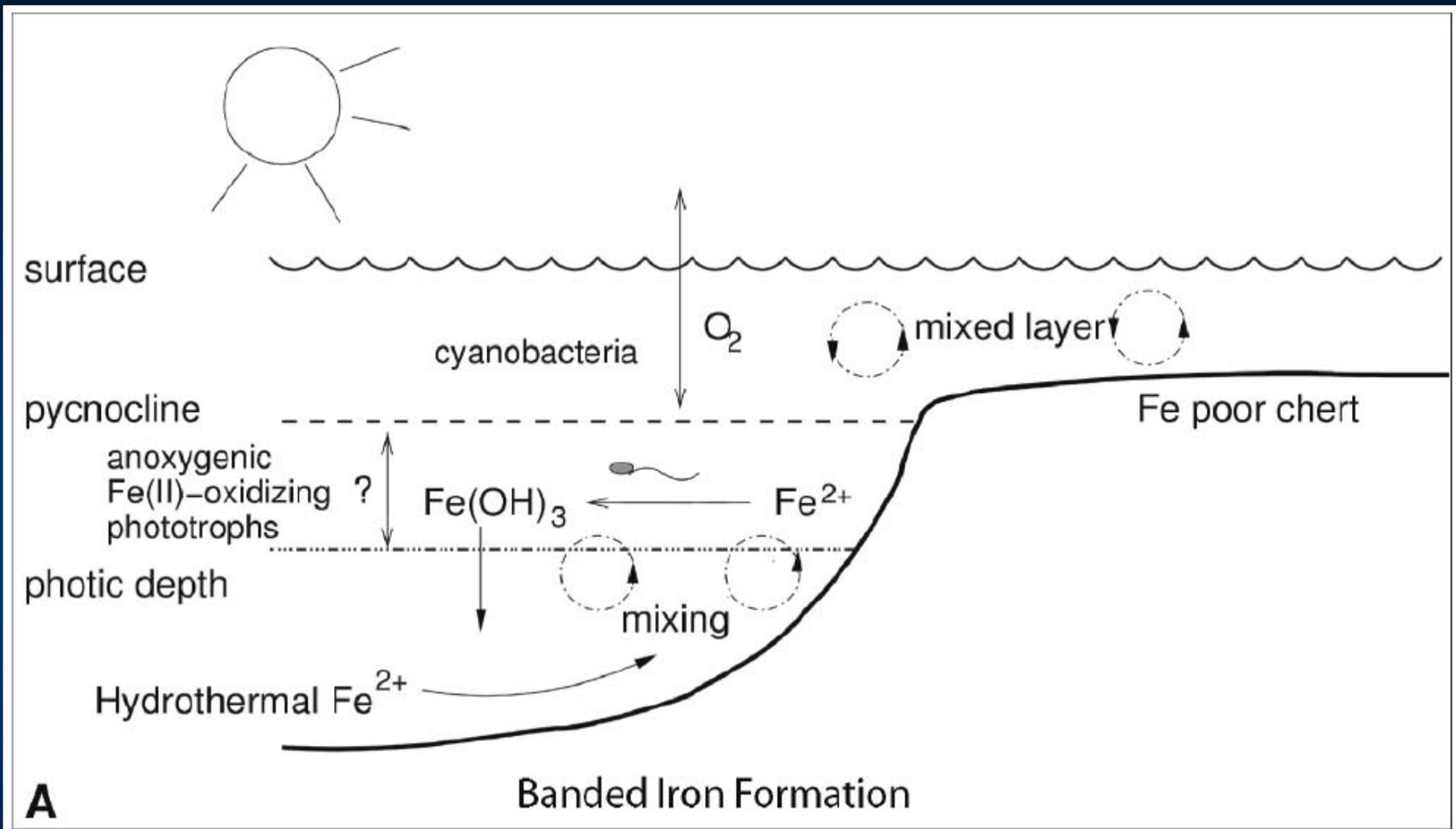
Серия Варравуна,
Австралия (3,5 млрд.)

Строматолиты из
группы Фиг Три,
Ю. Африка (3,3 млрд.)



Цианобионты – первые фотосинтетики Земли





Аноксигенные фототрофные железокисляющие бактерии

Достоверные свидетельства жизни и основные экосистемы АРХЕЯ

Бентос

Строматолиты



Серия Варравуна,
Австралия (3,5 млрд.)



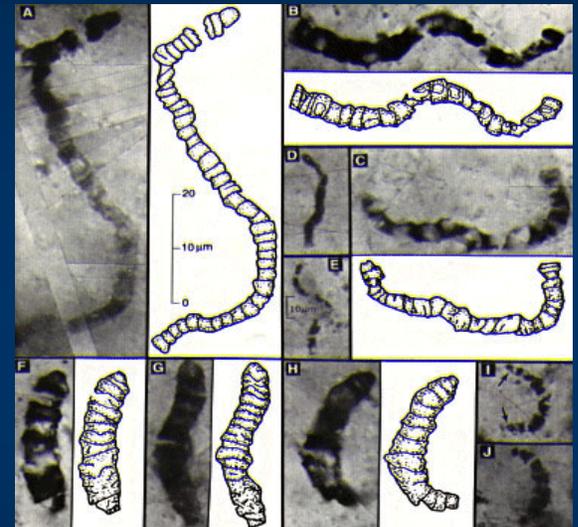
Группа Фиг Три,
Ю. Африка (3,3 млрд.)



Джеспилиты из
Австралии
(3,5млрд.)

Планктон фототрофные зубактерии

Свазиленд Ю. Африка (3,5
млрд.)

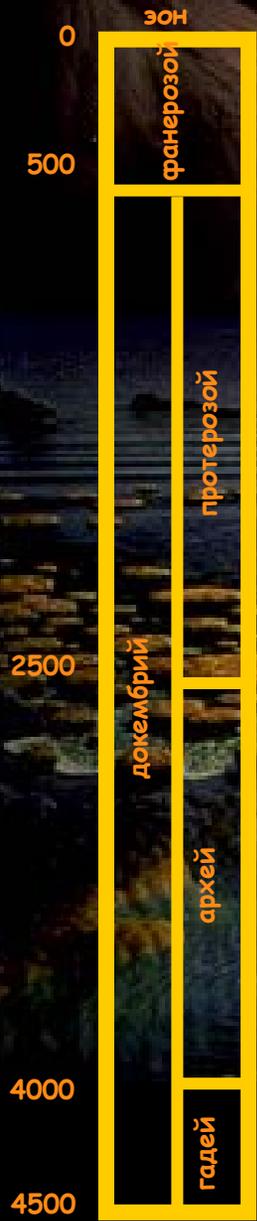


Apex Chert

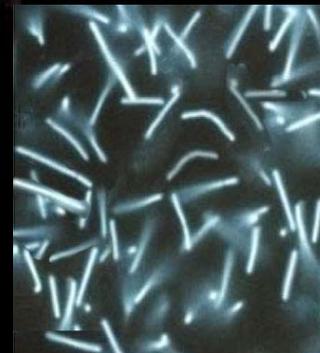


Кремни Апекс, 3. Австралия (3.46 млрд.)

АРХЕЙСКАЯ ЭРА и составляющие ее экосистемы



- Исключительно мир ПРОКАРИОТ
- РАЗНООБРАЗНЫЕ анаэробные: хемотрофные АРХЕИ, металлогенные и сульфатредуцирующие БАКТЕРИИ, фототрофные ЦИАНОБИОНТЫ и АРХЕИ
- 3-4 экосистемы - БЕНТОСНЫЕ и ПЕЛАГИЧЕСКИЕ сообщества ПРОКАРИОТ



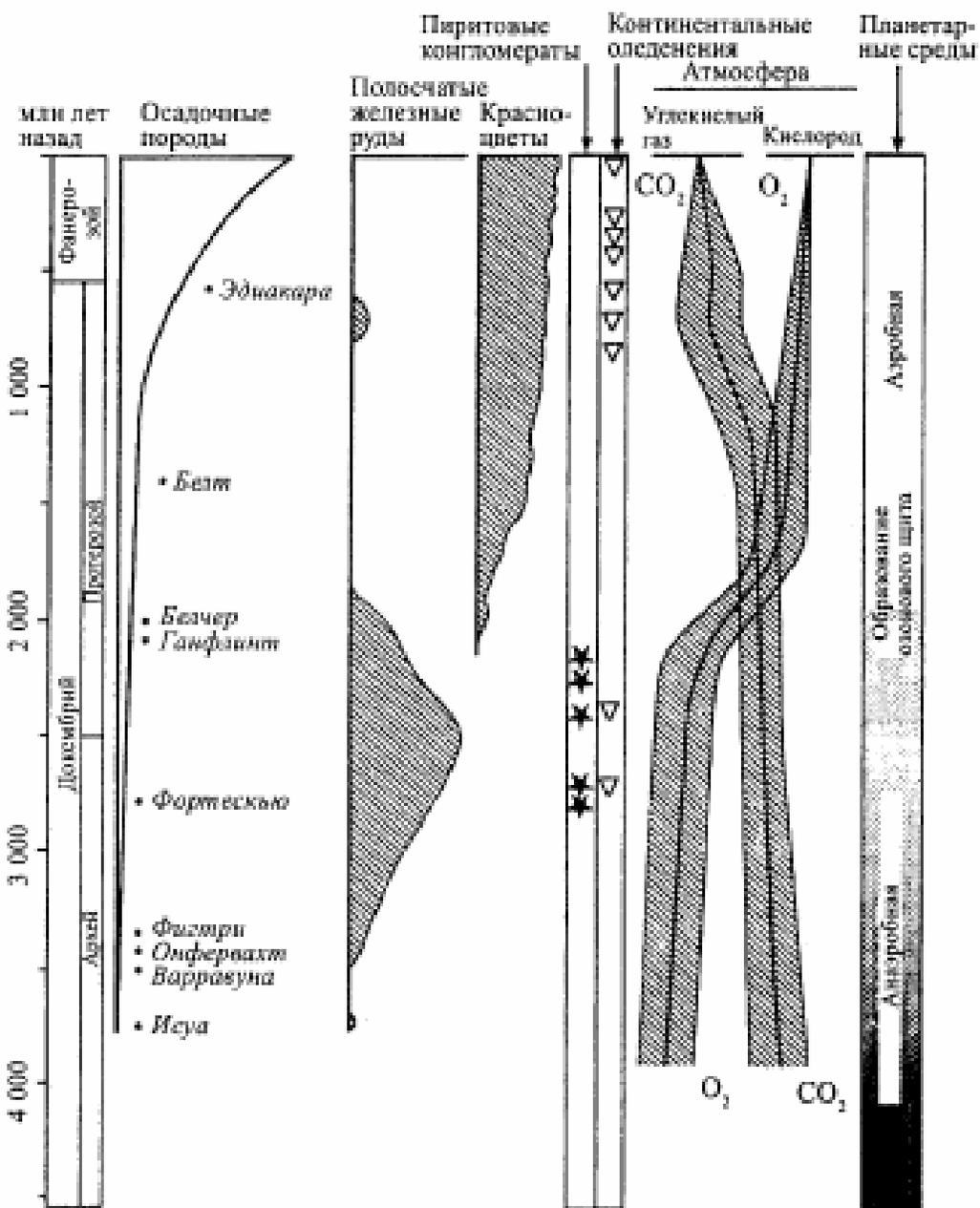
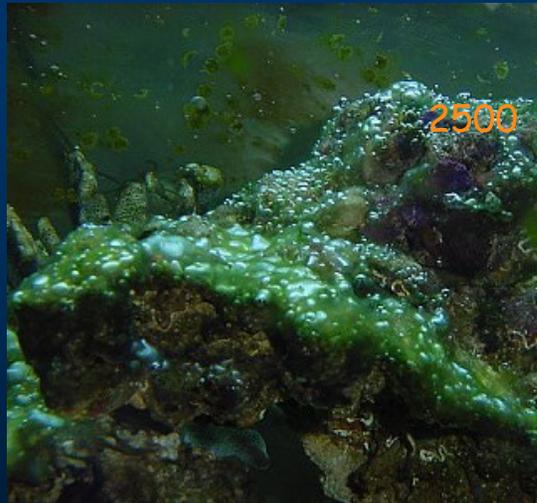


Рис. 16. Геологические свидетельства изменений состава земной атмосферы и условий среды на протяжении докембрия и фанерозоя (по Schopf, 1992)

Первая глобальная экологическая катастрофа, повлекшая тотальную перестройку морской биоты

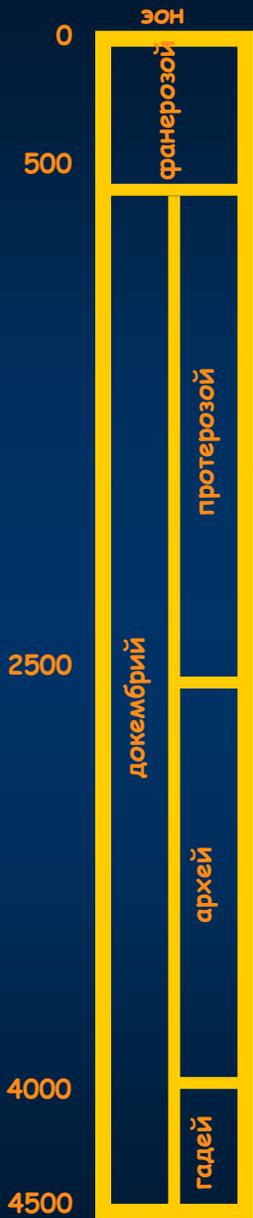
http://0.tqn.com/d/saliaquarium/1/0/p/a/sbossalgael_400.JPG



около 2 млрд. лет назад железо полностью ушло в глубь Земли, и кислород быстро насытил морскую воду, после чего началась его диффузия в атмосферу; биосфера «вывернулась наизнанку», превратившись из восстановительной в окислительную.

3,5 млрд. лет назад началось производство кислорода, тратившегося на окисление железа (формирование крупнейших железорудных месторождений);

Первые эвкариоты



Появление первых ЭВКАРИОТ - одноклеточных животных и водорослей,

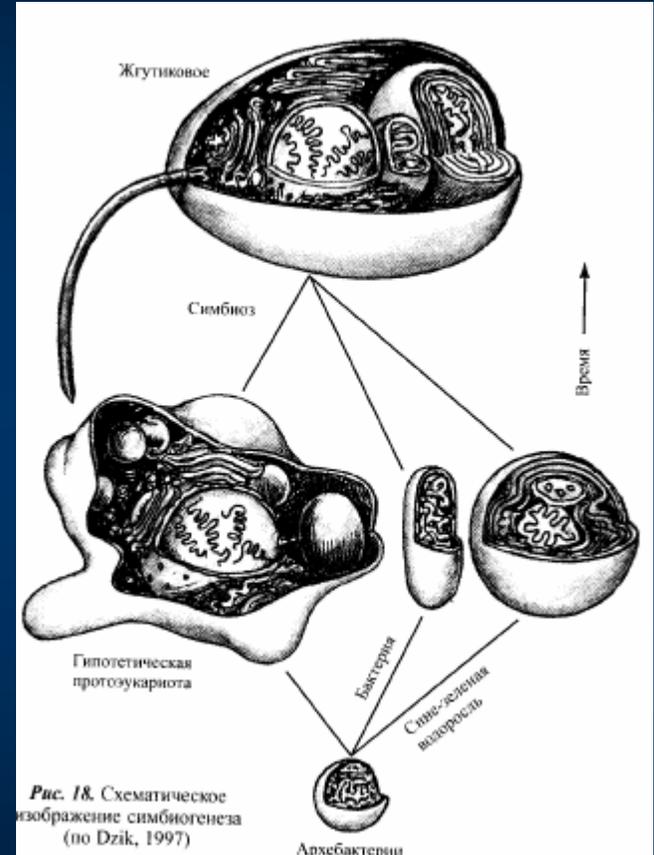


Рис. 18. Схематическое изображение симбиогенеза (по Dzik, 1997)

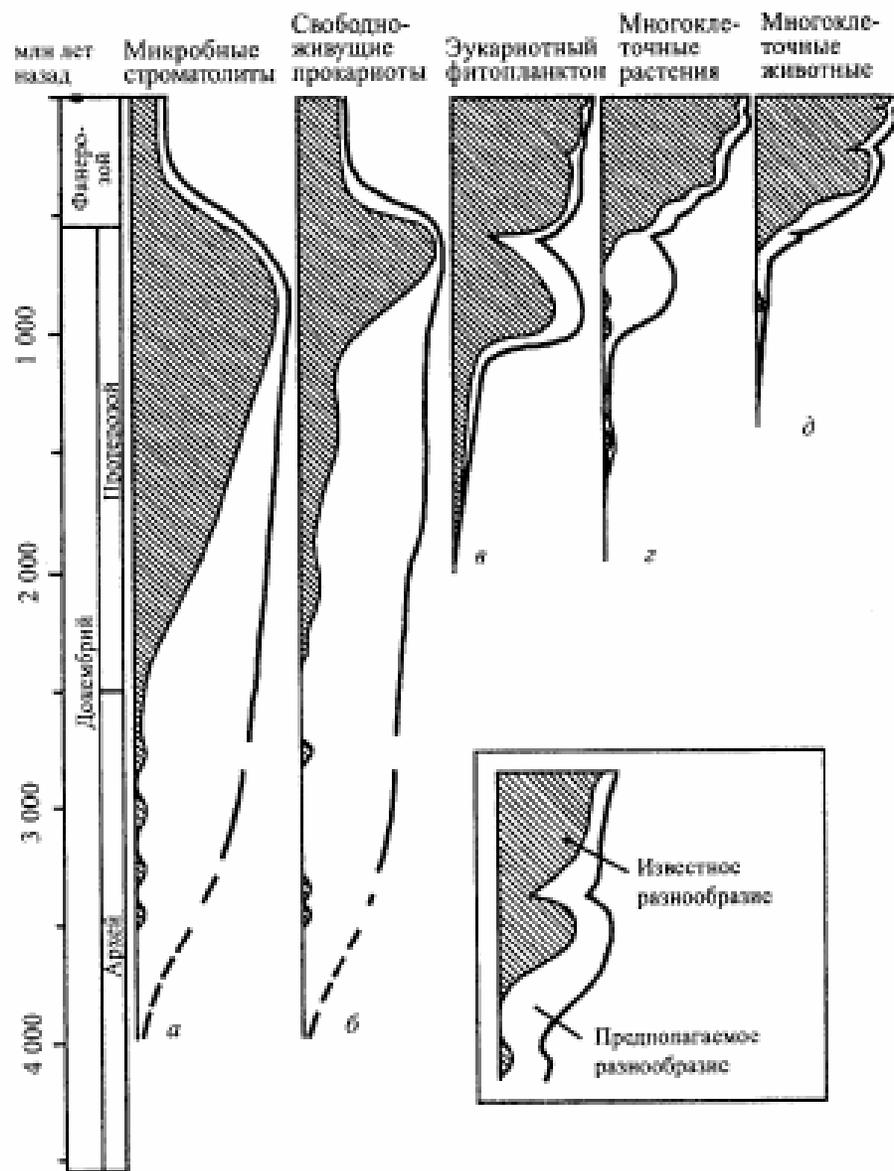
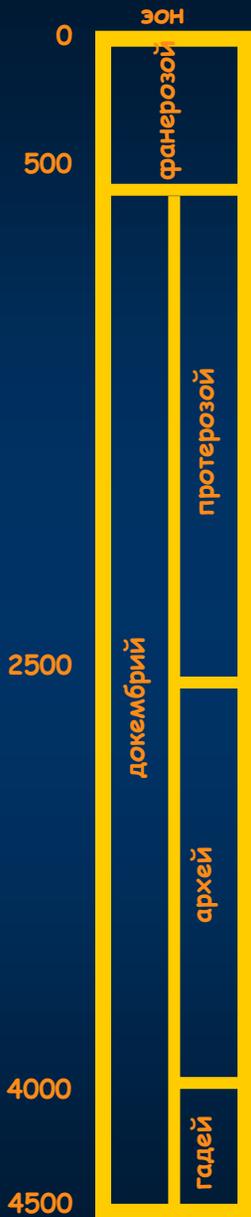


Рис. 19. Изменения во времени относительного обилия основных биотических компонентов:
а – прокариоты-строматолитообразователи; *б* – свободноживущие прокариоты; *в* – эукариотный фитопланктон; *г* – многоклеточные растения; *д* – многоклеточные животные (по Schopf, 1992)

Основные события в биосфере протерозоя

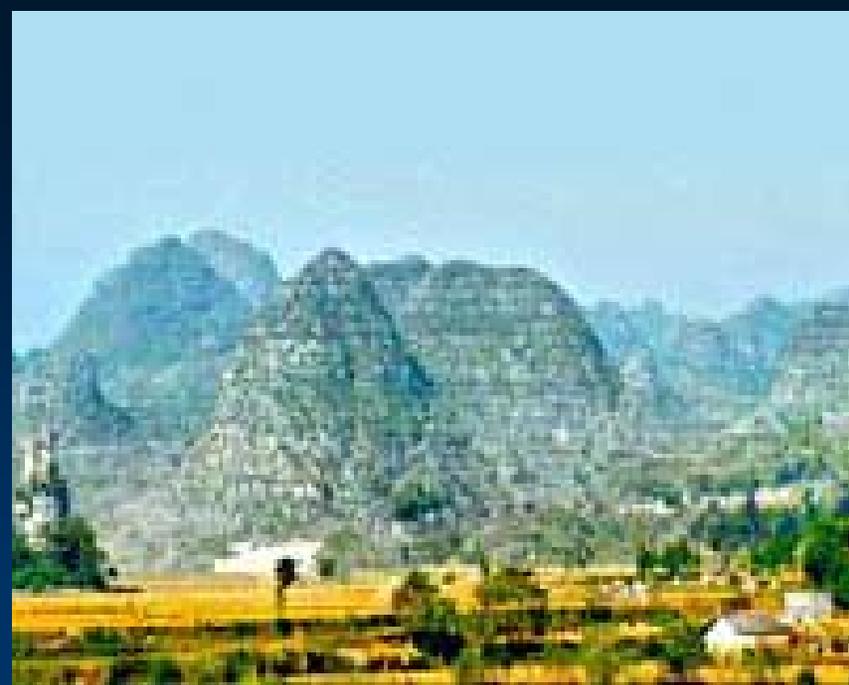


← венд

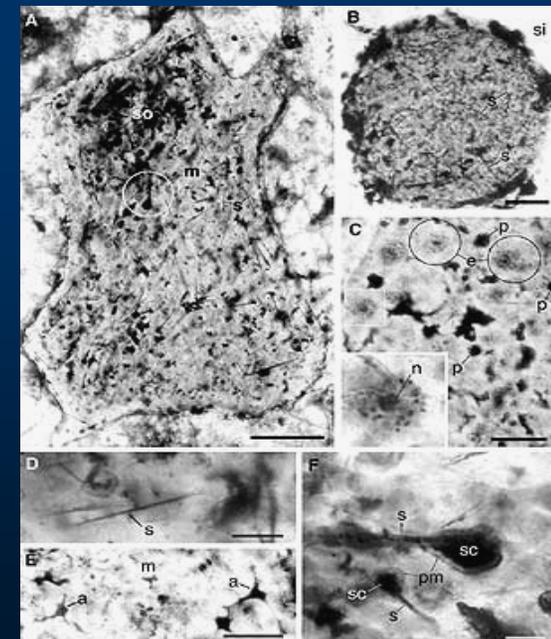
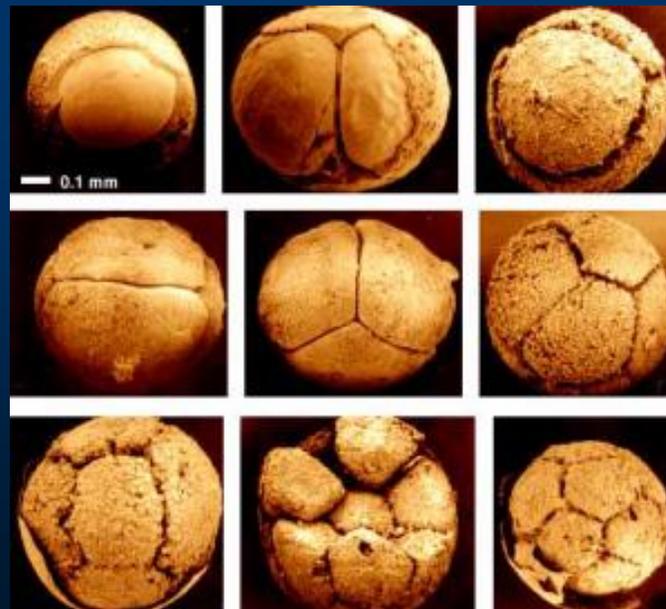
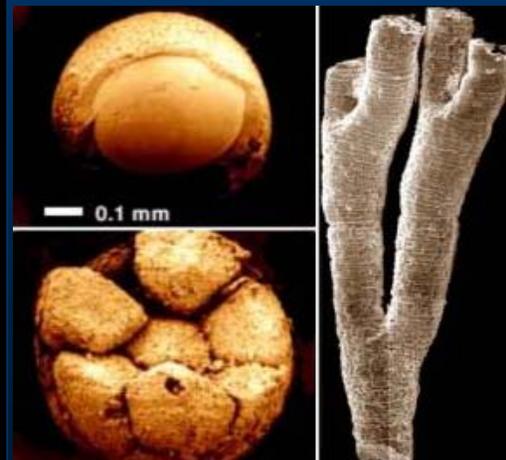
- Повышение уровня содержания кислорода в атмосфере
- Первые оледенения в истории Земли
- Появление первых ЭВКАРИОТ - одноклеточных животных и водорослей, грибы и бесскелетные животные, в том числе билатерии.

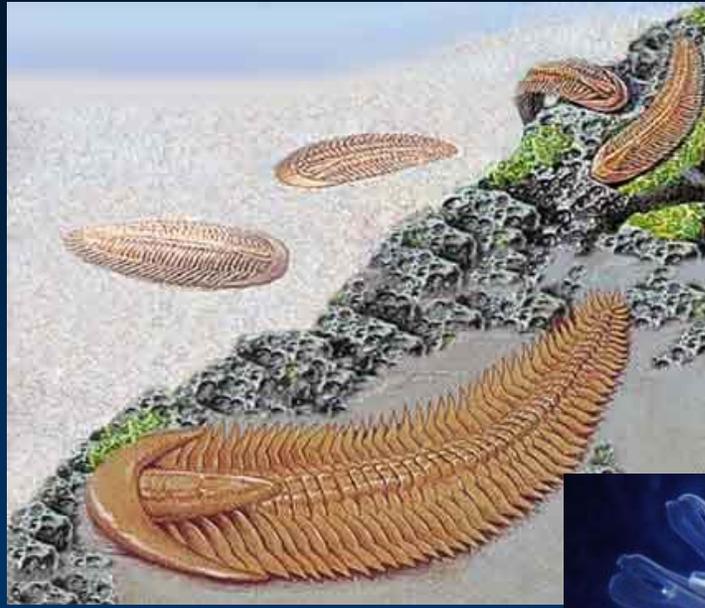


ВЕНД 620 - 542 млн

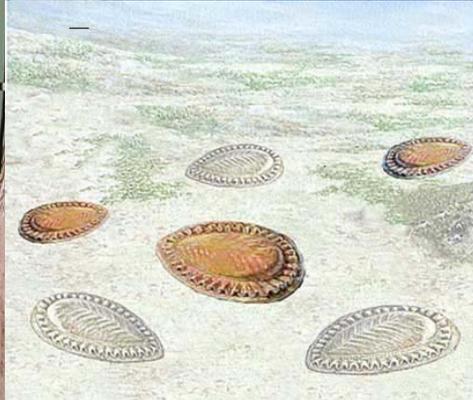


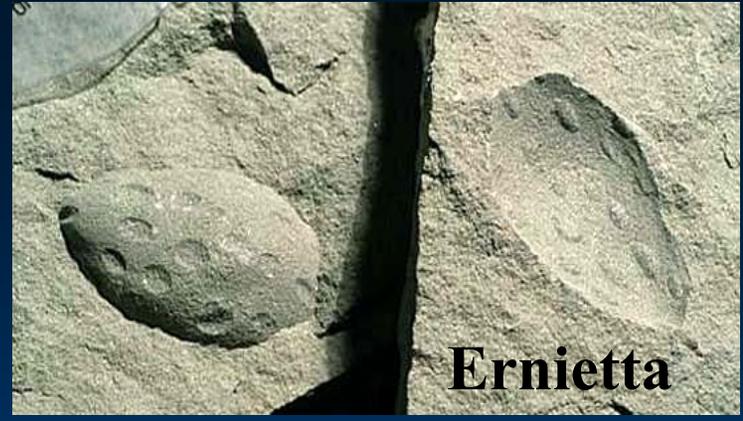
Первые многоклеточные животные известны из формации Душанто (эмбрионы ~580 Ма): южный Китай



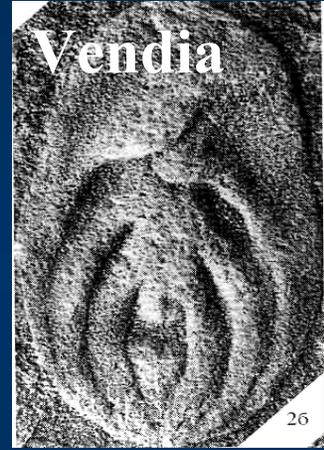
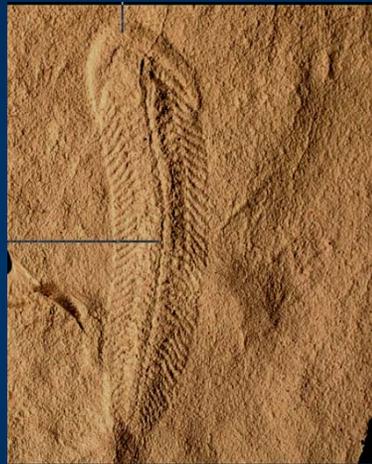
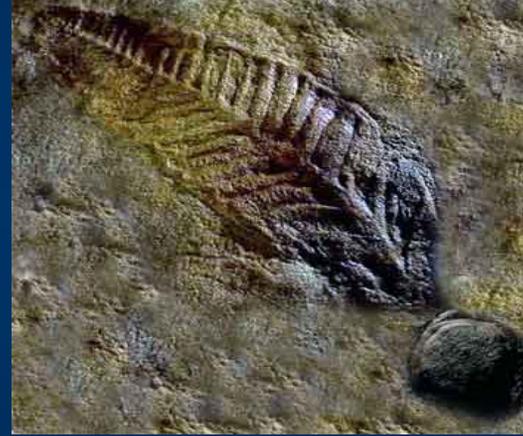


Эдиакарская фауна, Австралия

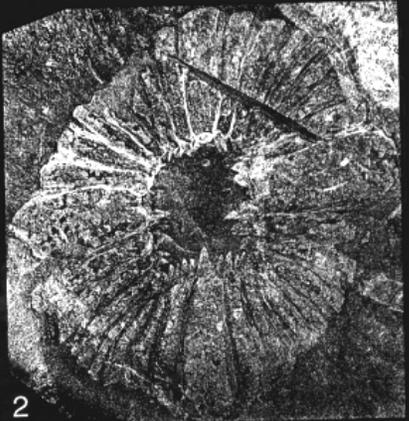




Ernietta



Vendia



parvancornia



Mawsonites sp.

Eoandromeda octobrachiata

млн лет назад

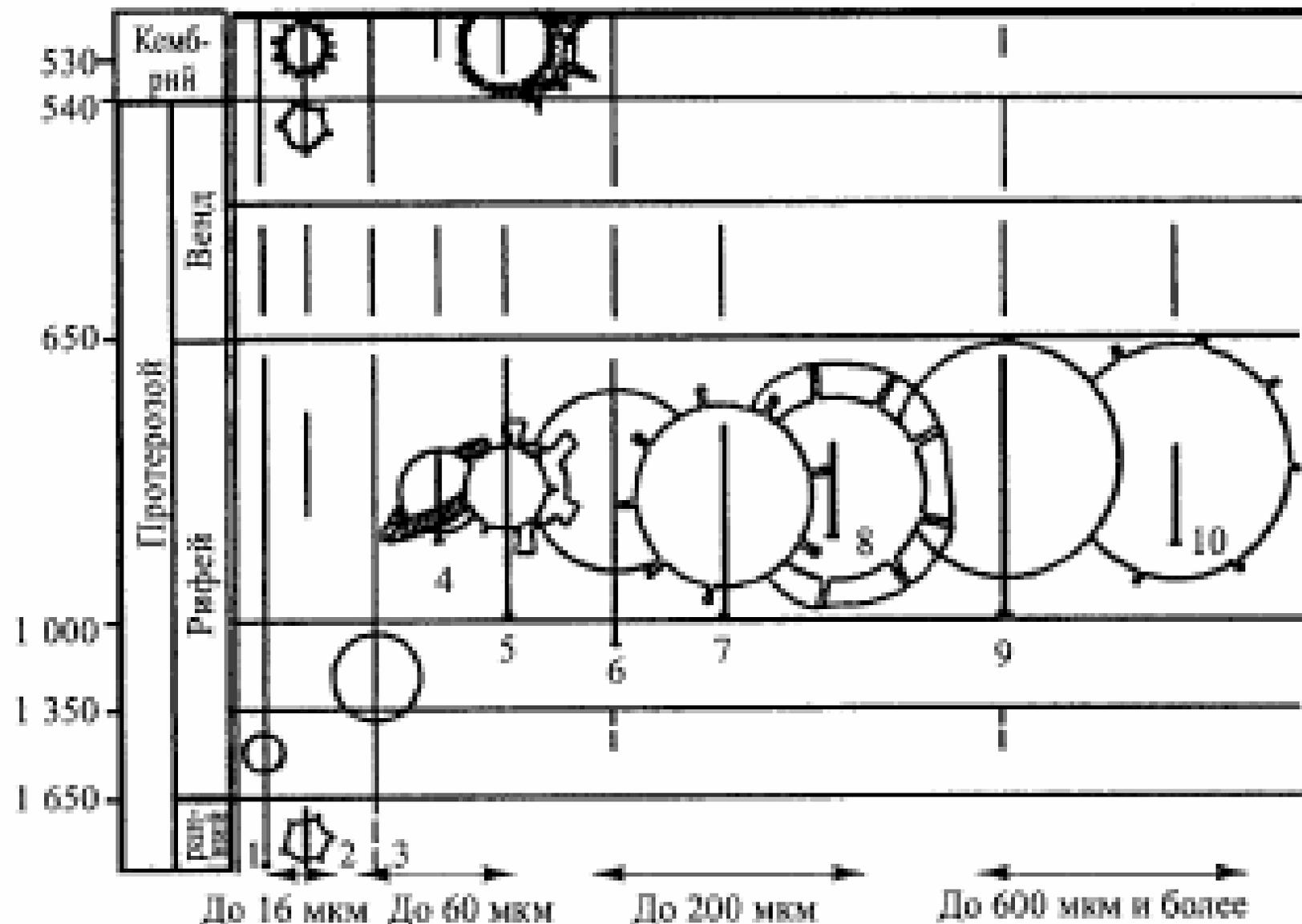
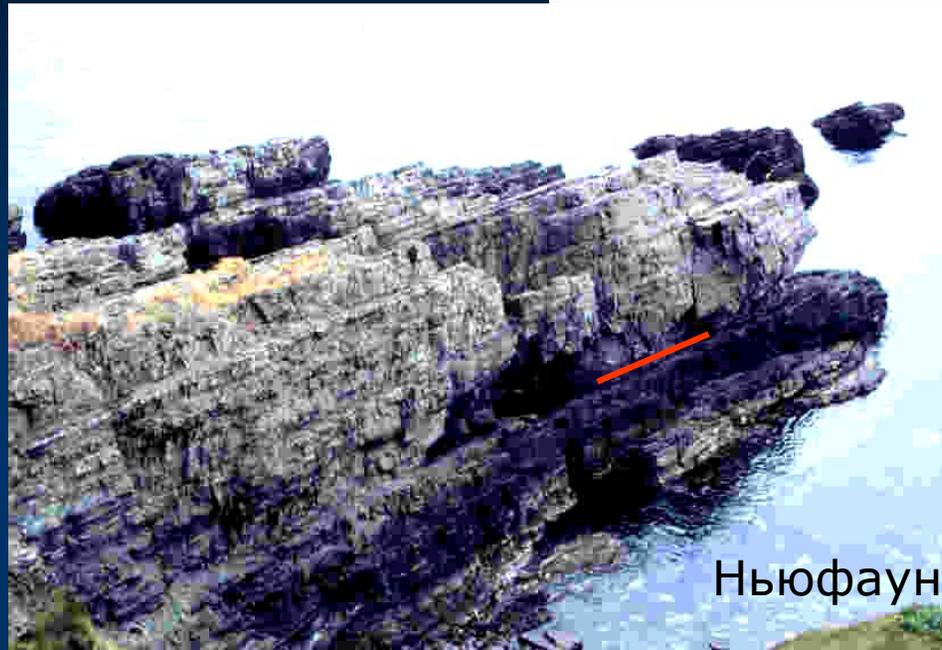
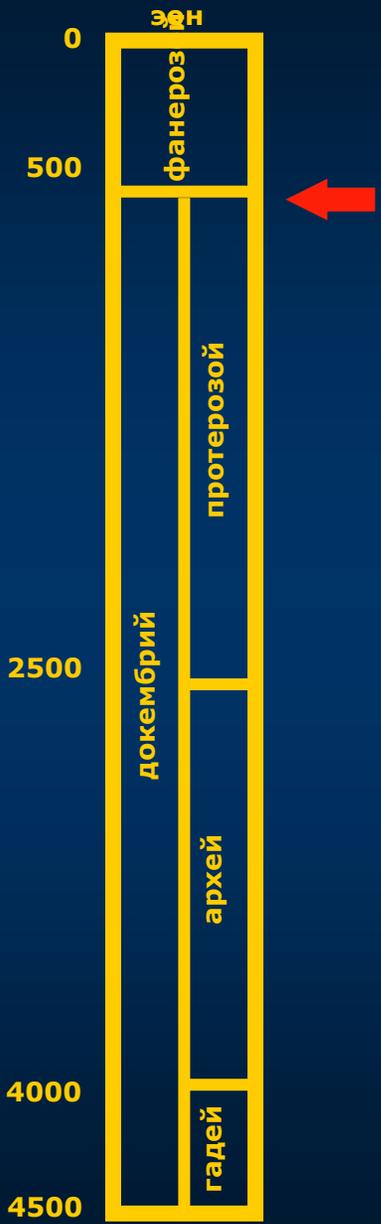
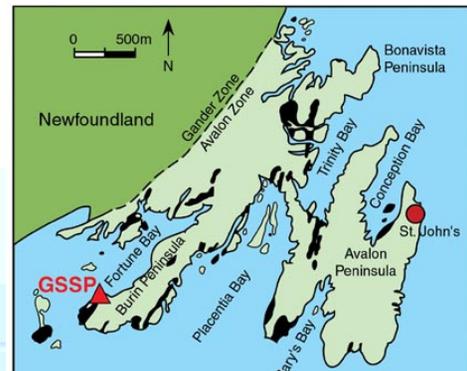


Рис. 22. Схема распространения в позднем докембрии и раннем кембрии основных размерных и морфологических групп фитопланктона (по Бурзину, 1987)

Начало ФАНЕРОЗОЯ, нижняя граница КЕМБРИЙСКОГО периода, СКЕЛЕТНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

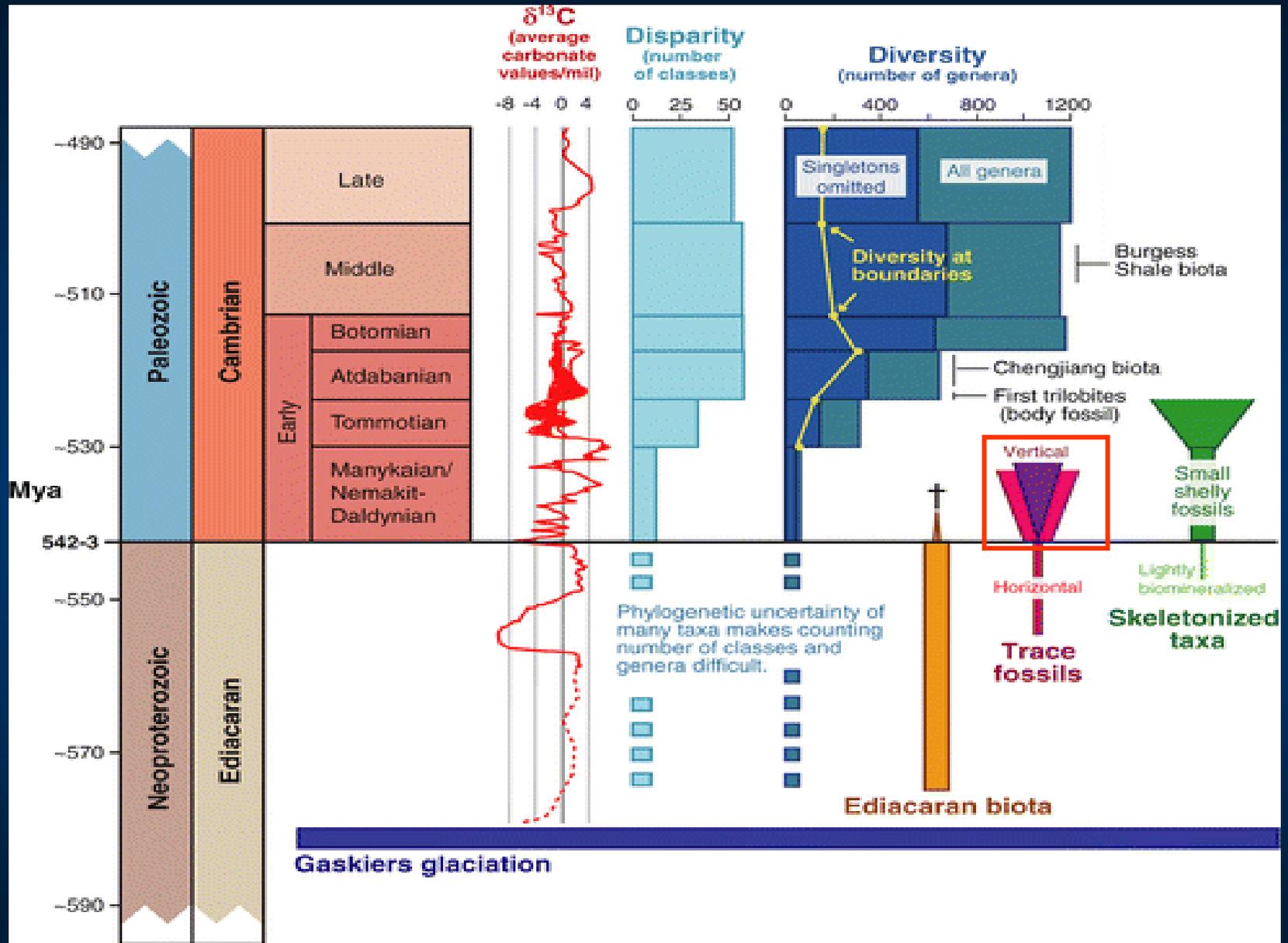


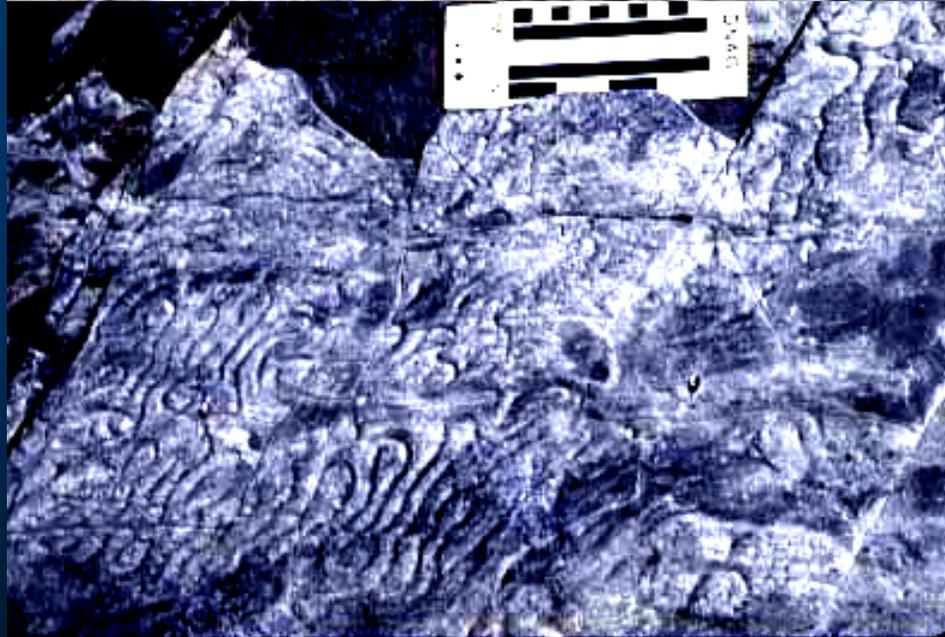
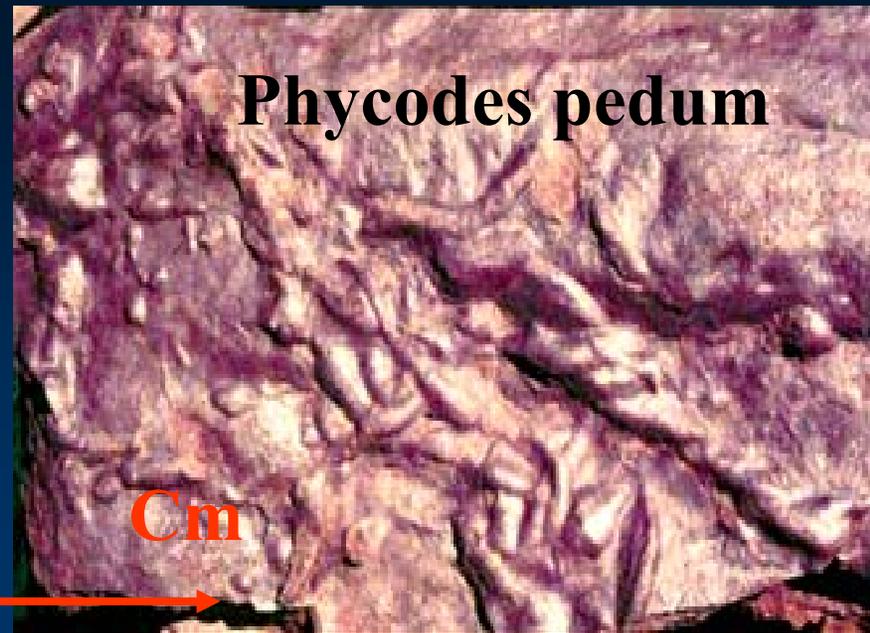
Cambrian-Cambrian Boundary at Fortune Head, Newfoundland

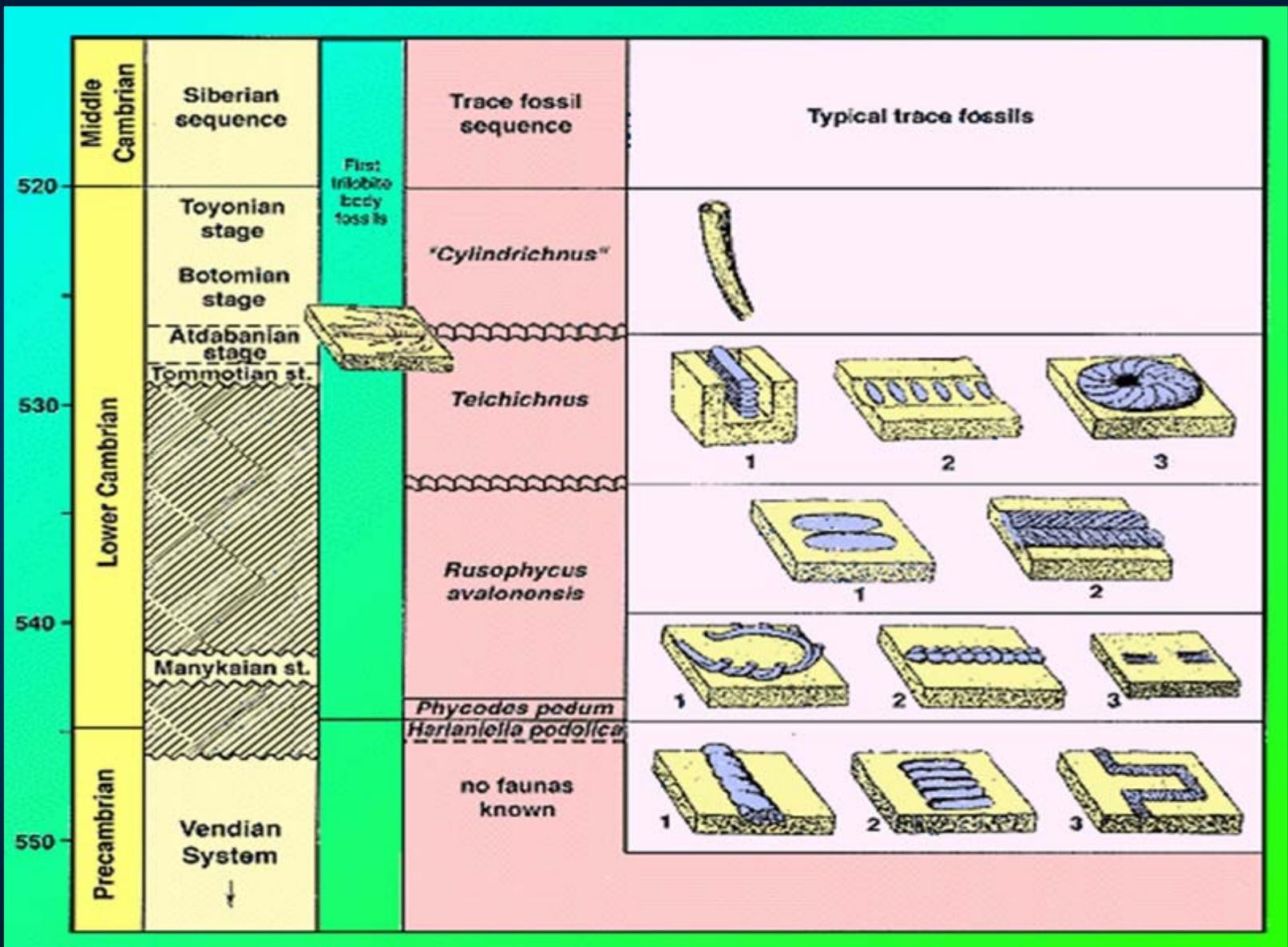


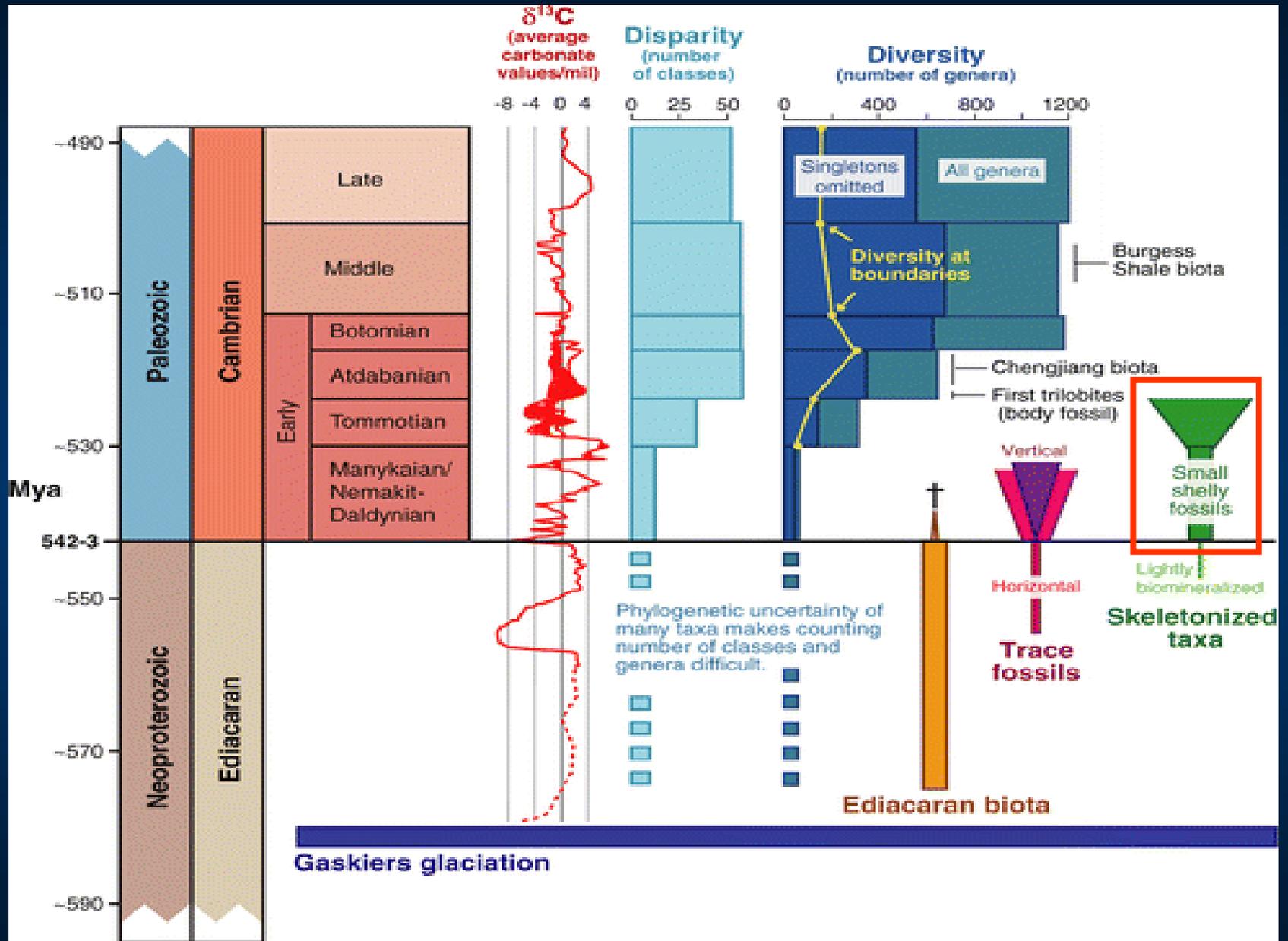
Ньюфаундленд

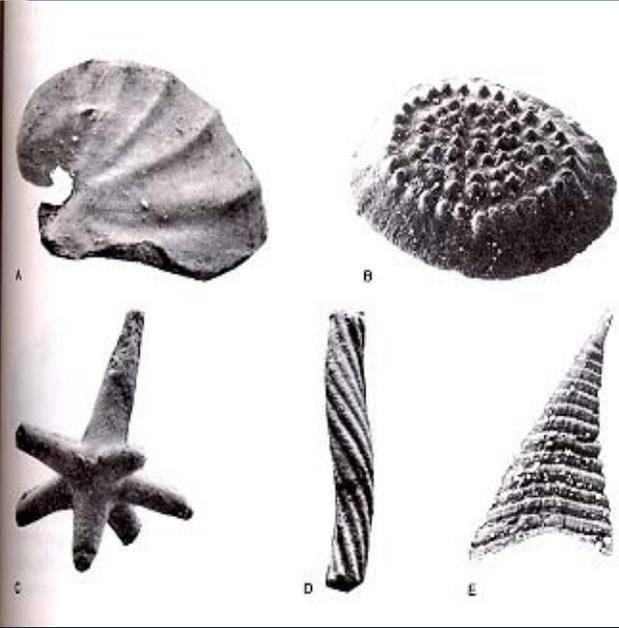
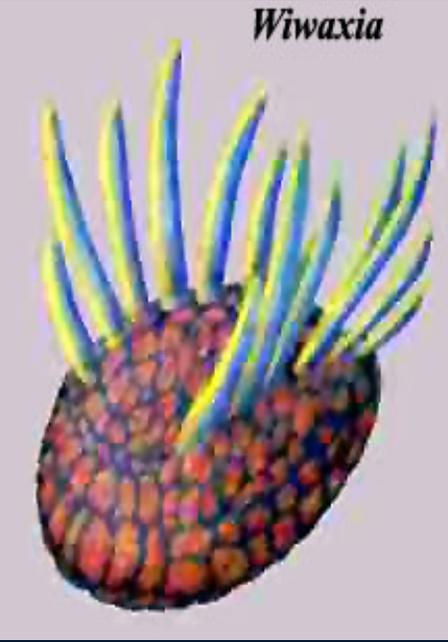
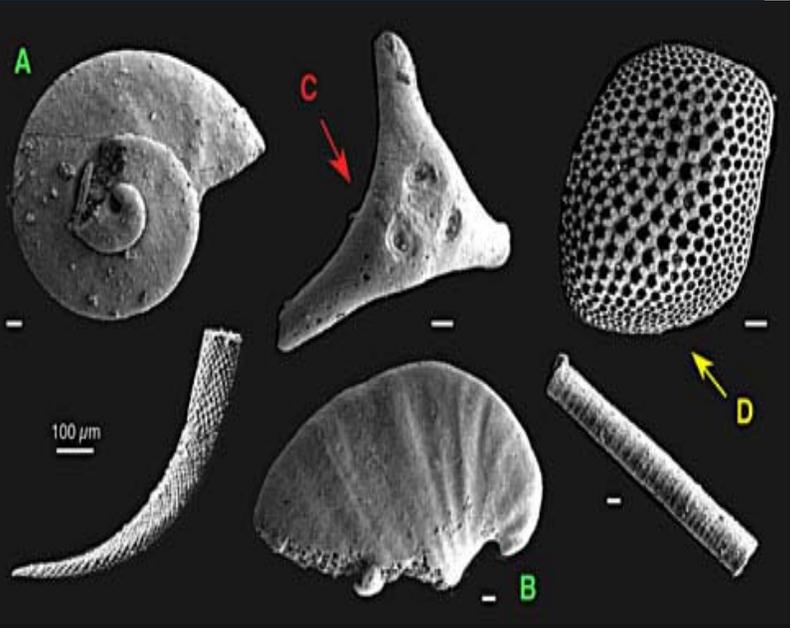
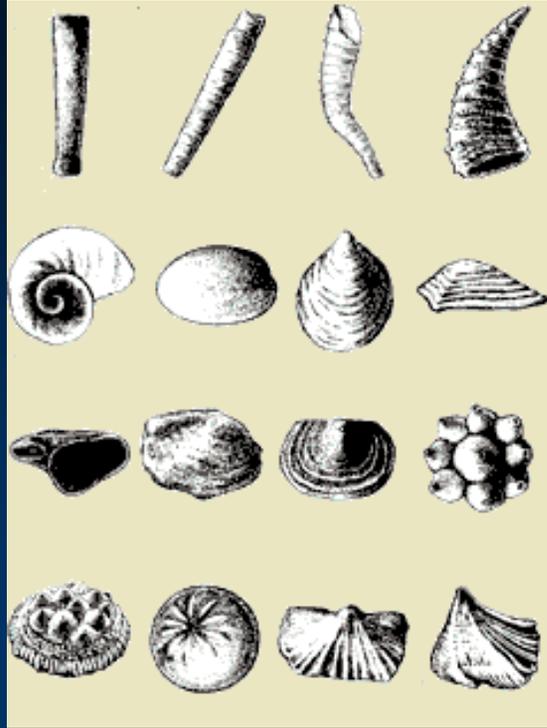
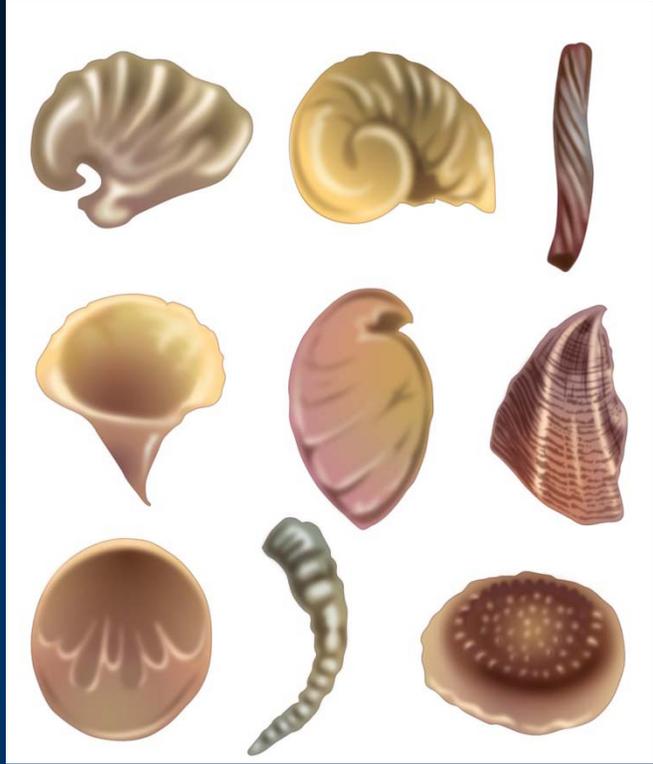


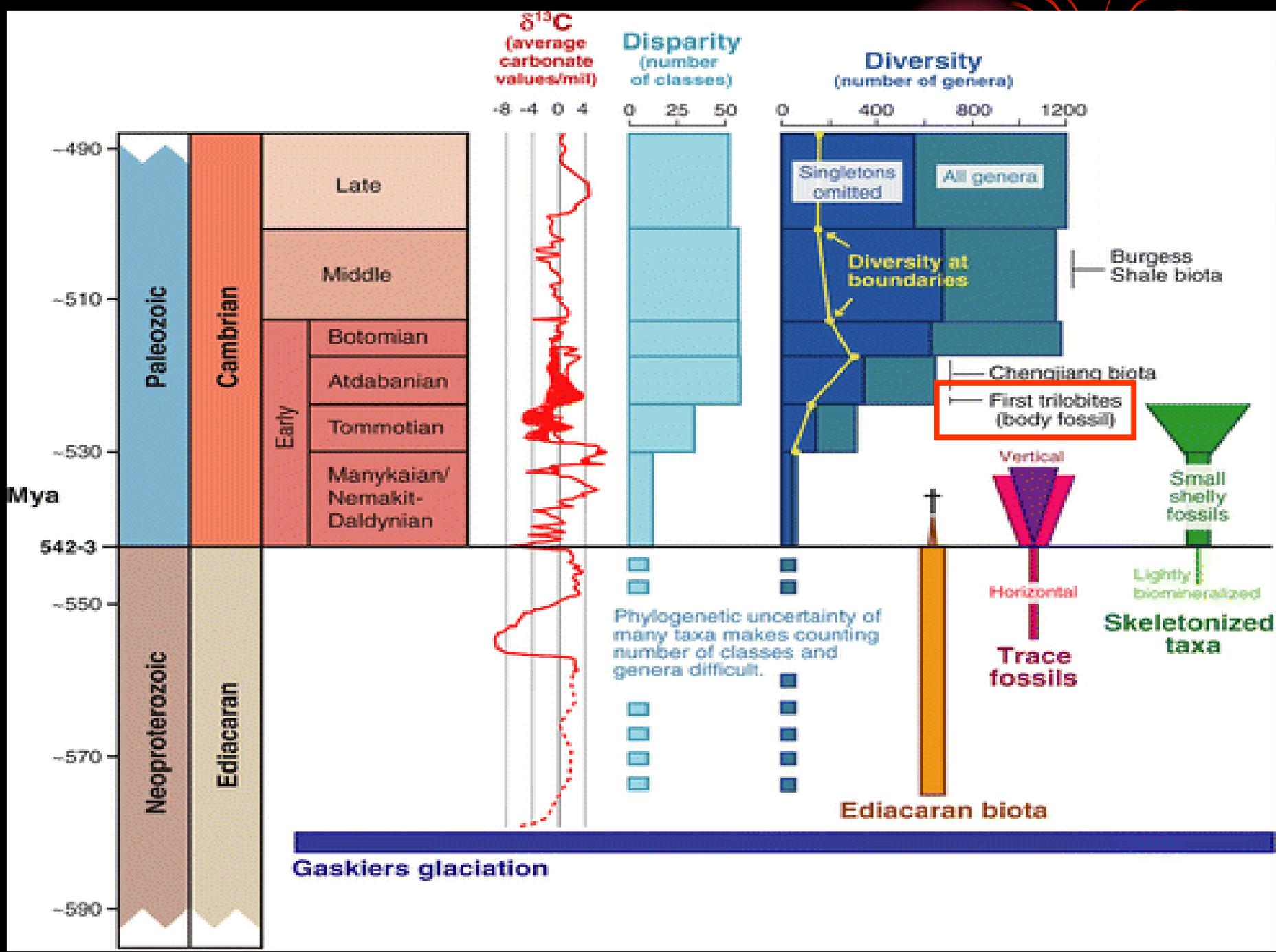




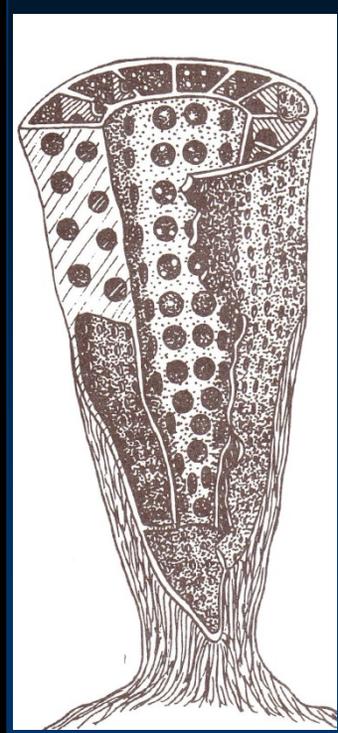






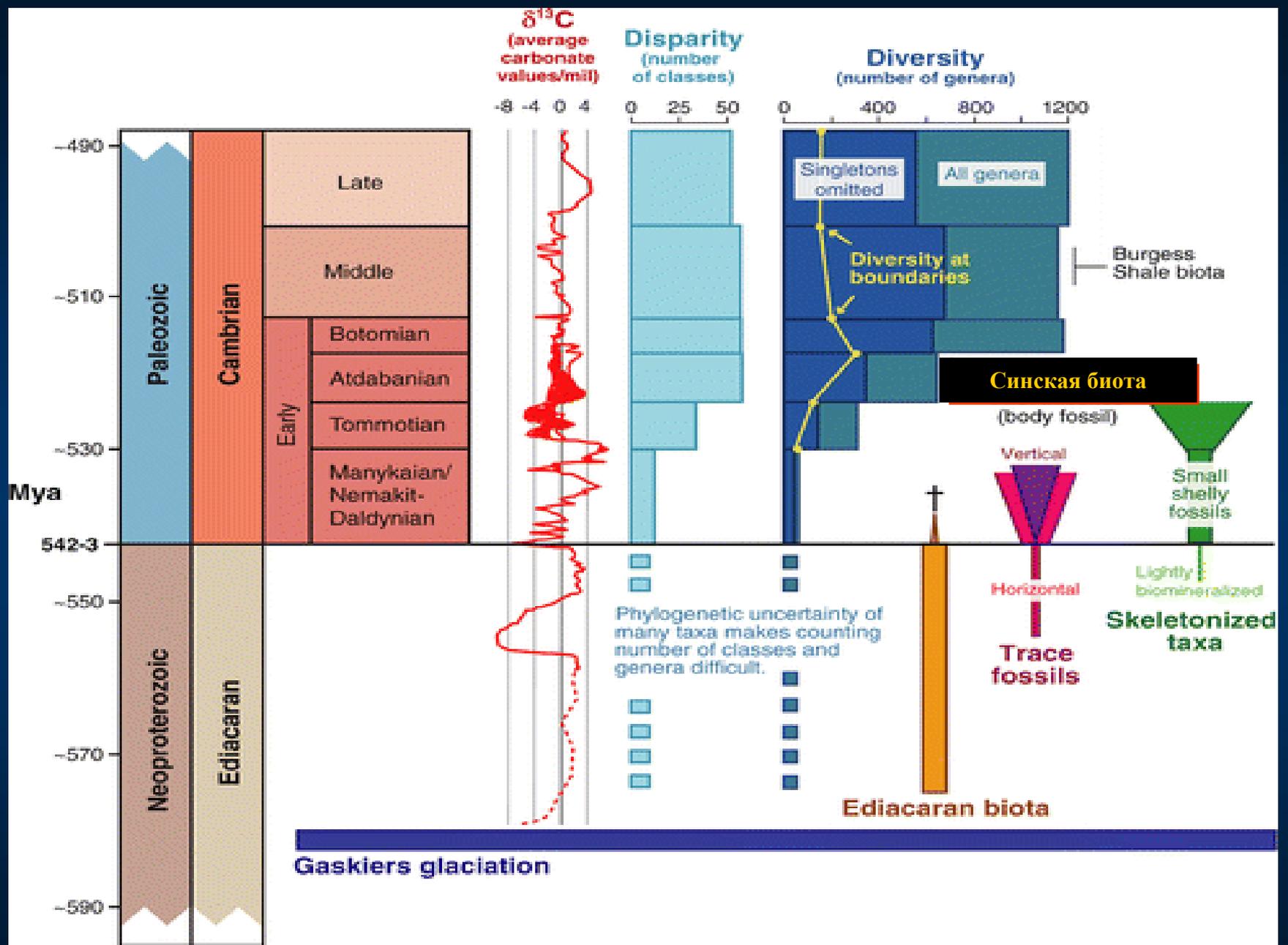


Археоциаты. Первые рифы Земли



Первые трилобиты

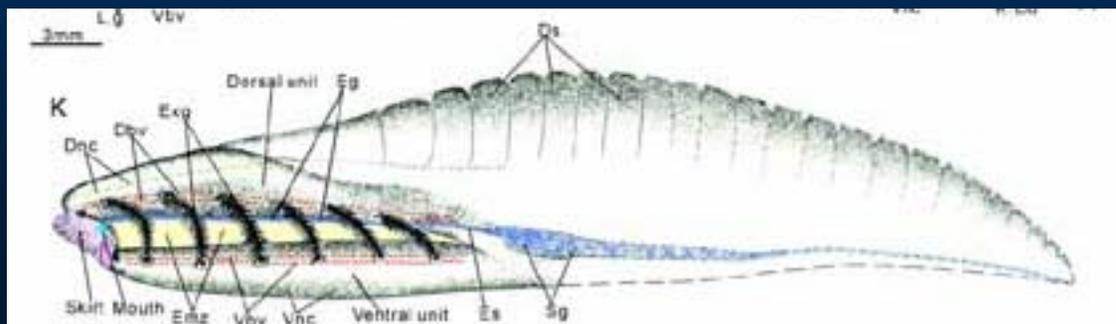
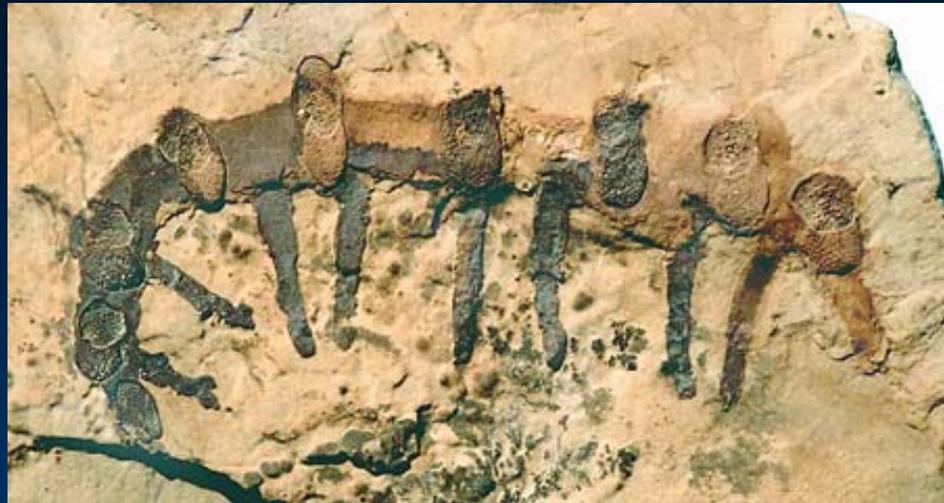
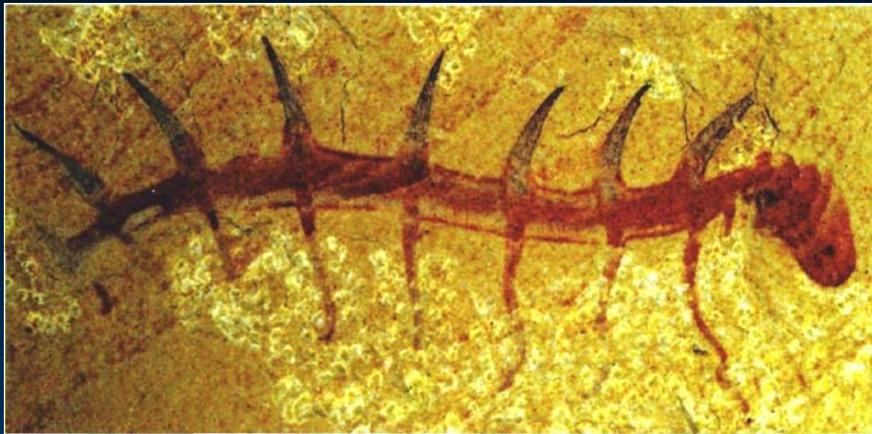


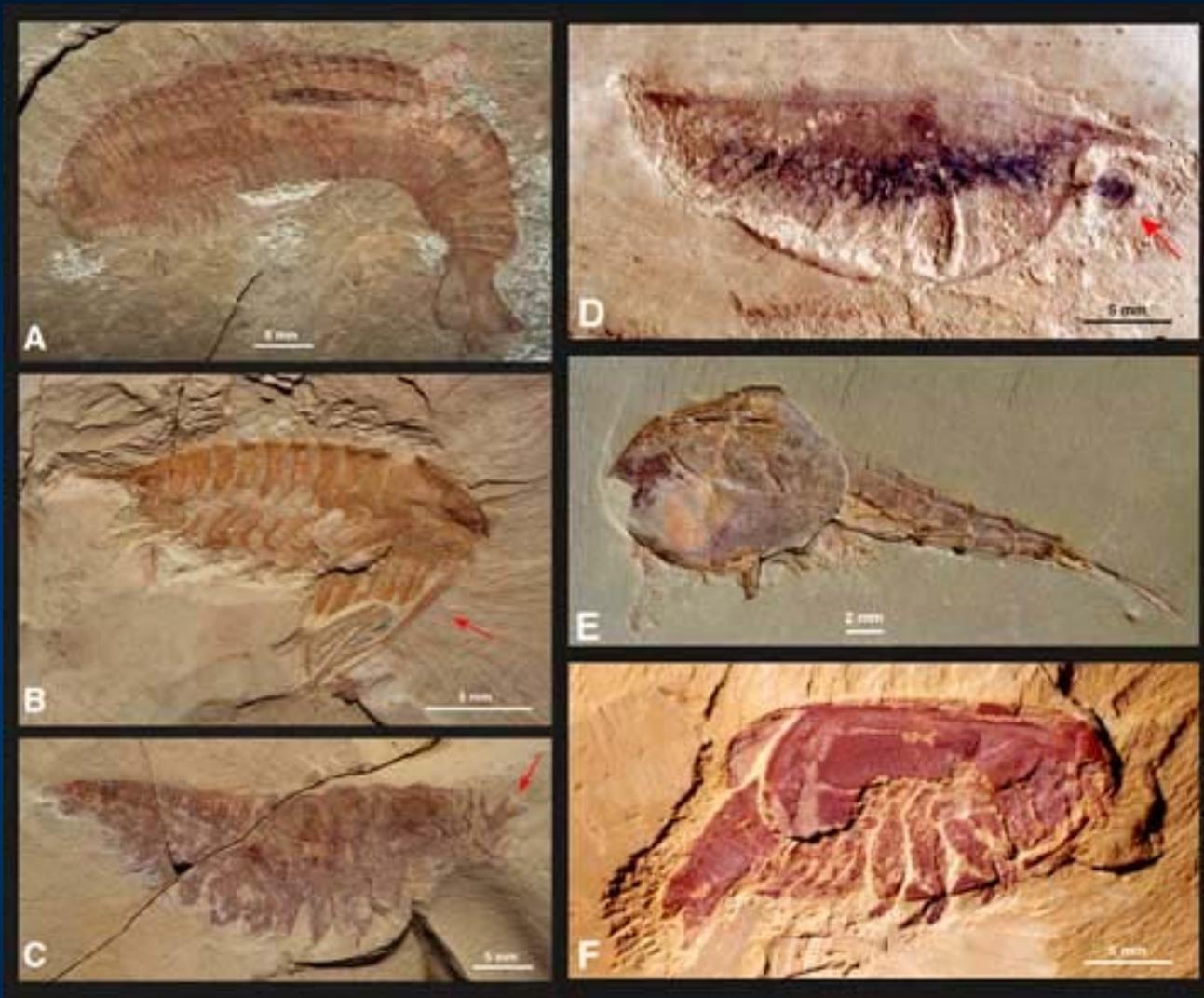




Биота Чендзян







Ракообразные появляются и осваивают пелагиаль,
чем кардинально меняют структуру водной массы и дна →
возникновение новых планктонных и бентосных экосистем

Мелководье с неустойчивой береговой линией - «ни море, ни суша»

Плещевой сток с континентов

Замутнение прибрежной зоны

Ограничение продуктивности планктона

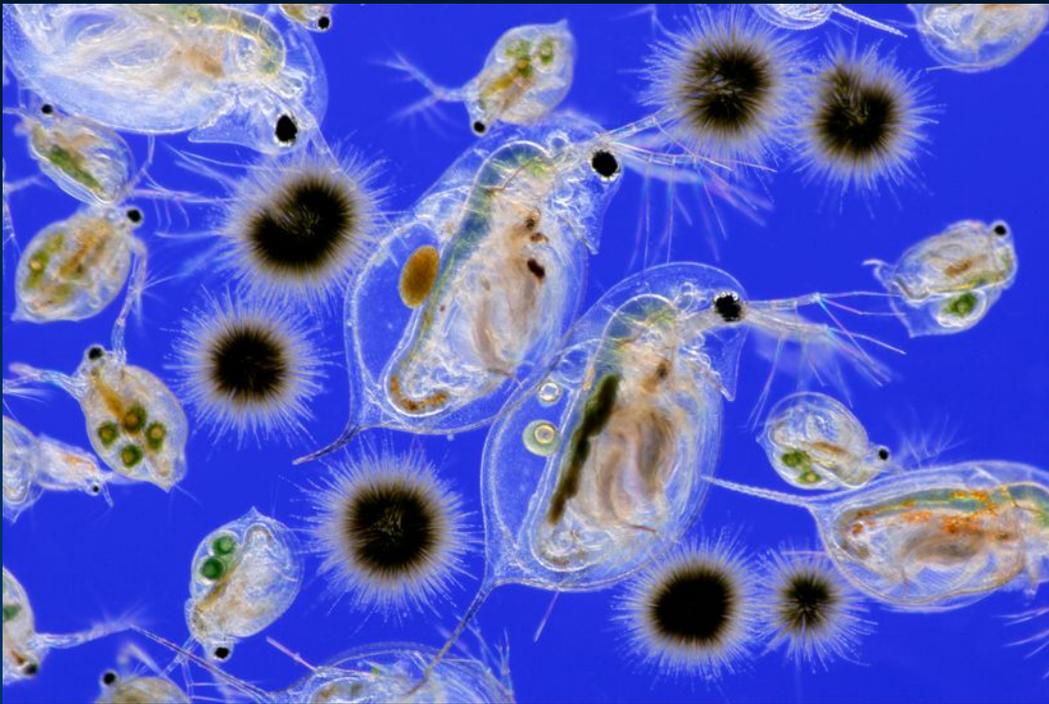
Высокий термоклин - жесткая стратификация водной массы - перегретая эпиталасса и холодная, бескислородная гипоталасса

**Сверху беда, снизу
ваще смерть...**



море в Скадовске

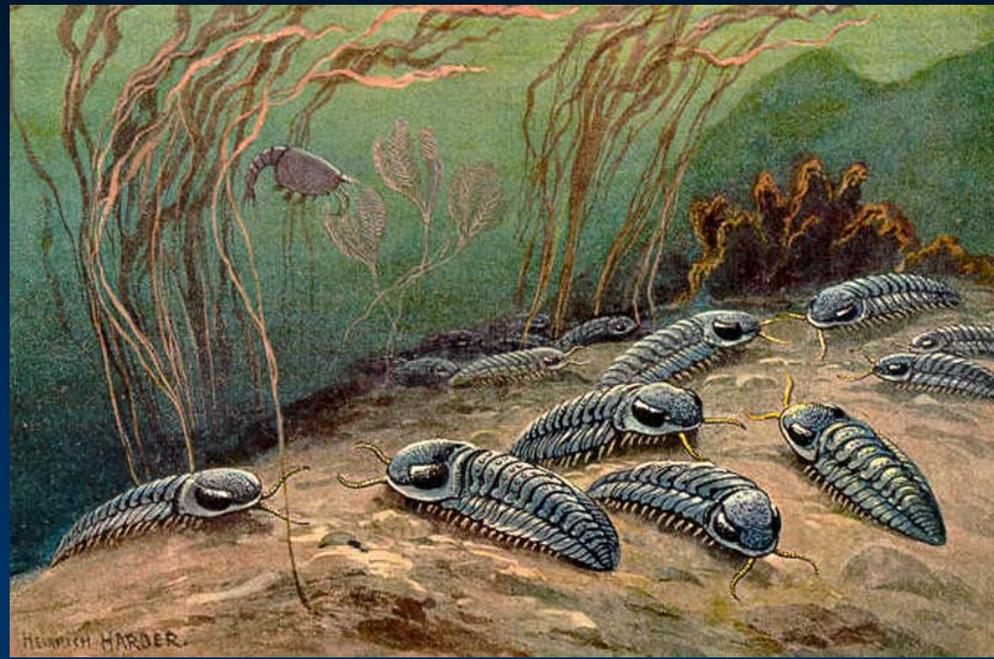
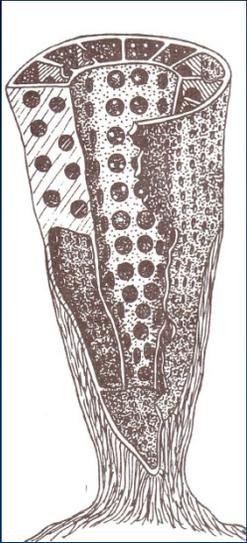






- Профильтровали воду – она стала прозрачной;
- Свет проник глубоко и расширилась зона обитания планктона, и еще водоросли на дне теперь могут расти до глубин 50 м;
- Дно стало прогреваться солнцем, возникла конвекция и усилился приток кислорода на дно;
- Кислород больше не расходуется на окисление рассеянной органики, которую и собирать-то было невыгодно;
- Потому что она теперь поступает в концентрированном виде – ее удобно есть и она не успевает испортиться;
- **Начинается развитие донной макрофауны.**

Археоциаты. Первые рифы Земли

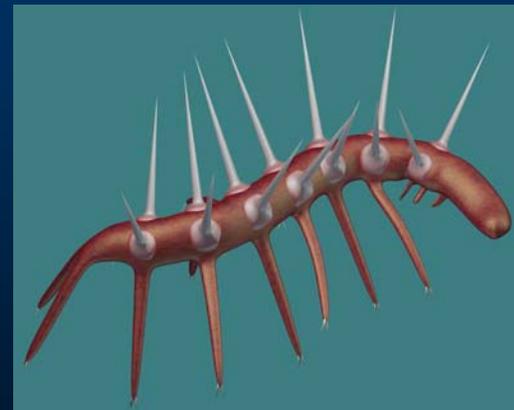


Трилобиты - новые илоеды



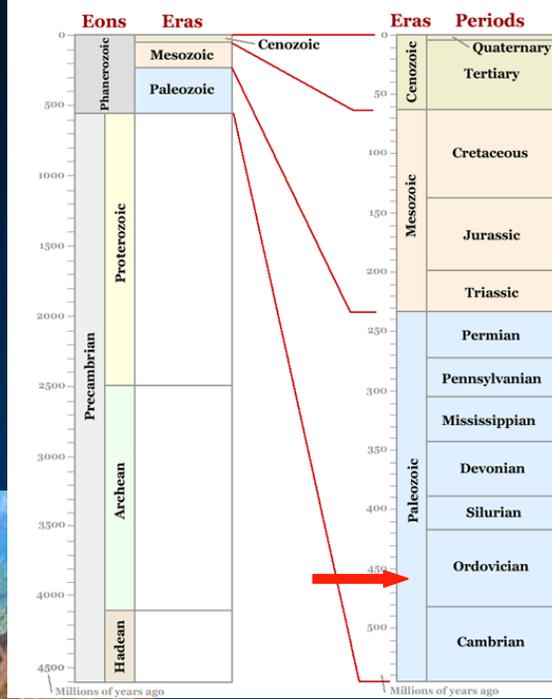


Аномалокарис - первый «суперхищник» Земли



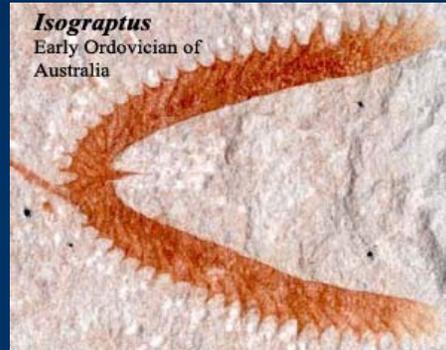
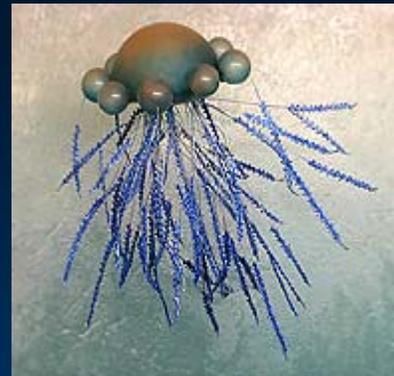
Галлюцигения

ОРДОВИК



ПЕЛАГИЧЕСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ

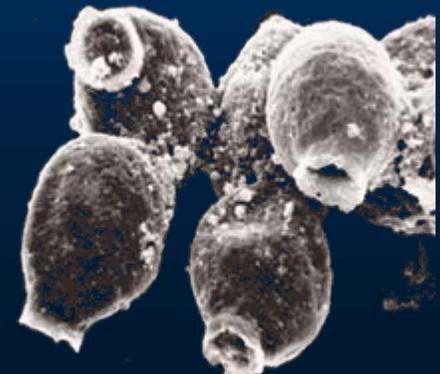
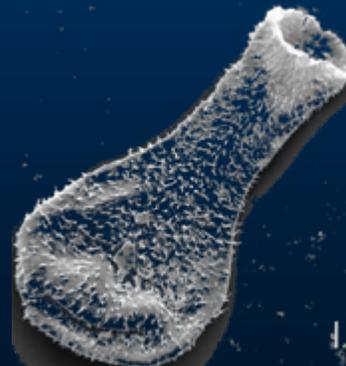
Граптолиты



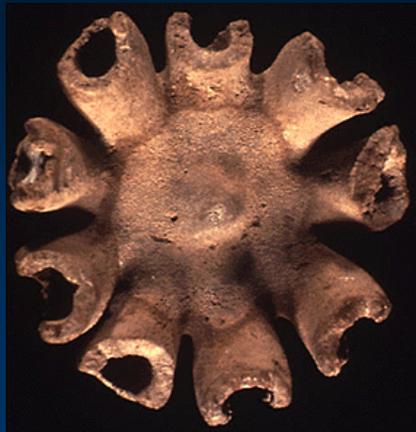
Акритархи



Хитинозои



БЕНТОСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ



Губки



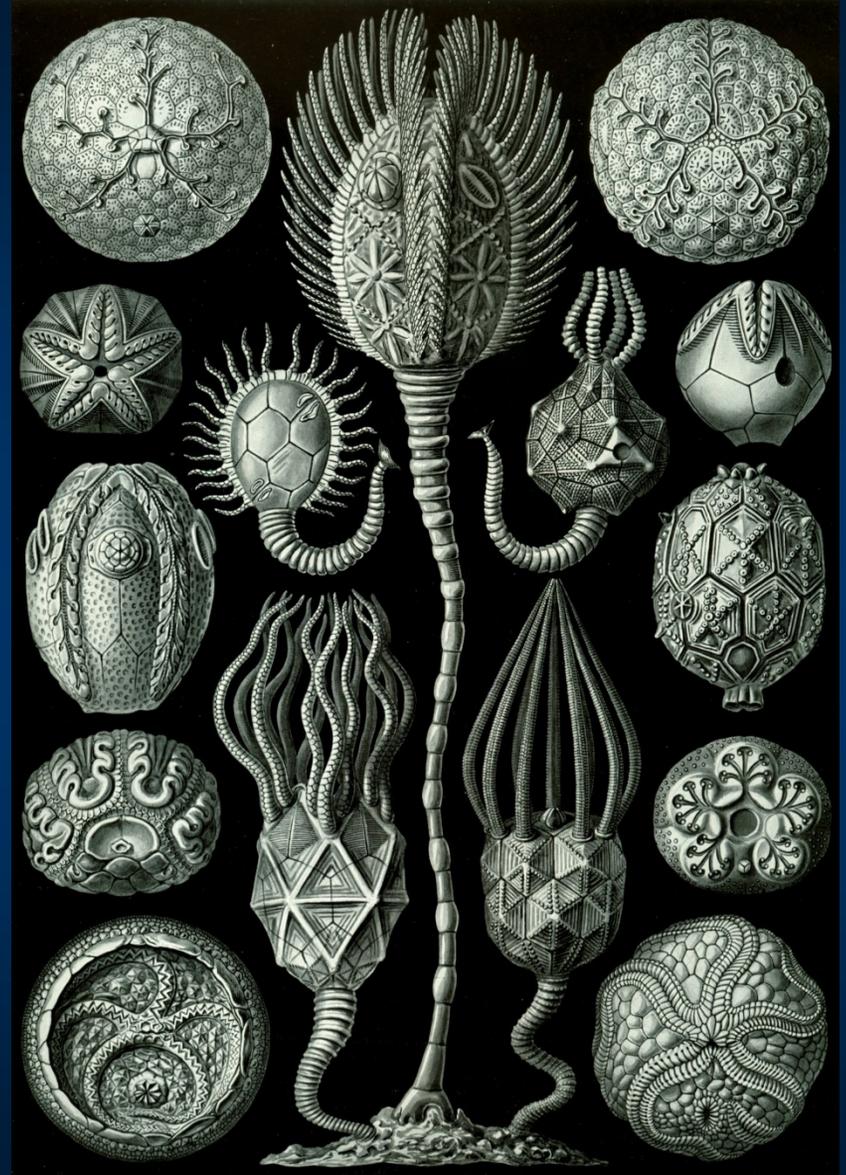
Кораллы



Мшанки



Иглокожие



Трилобиты



Брахиоподы



Головоногие

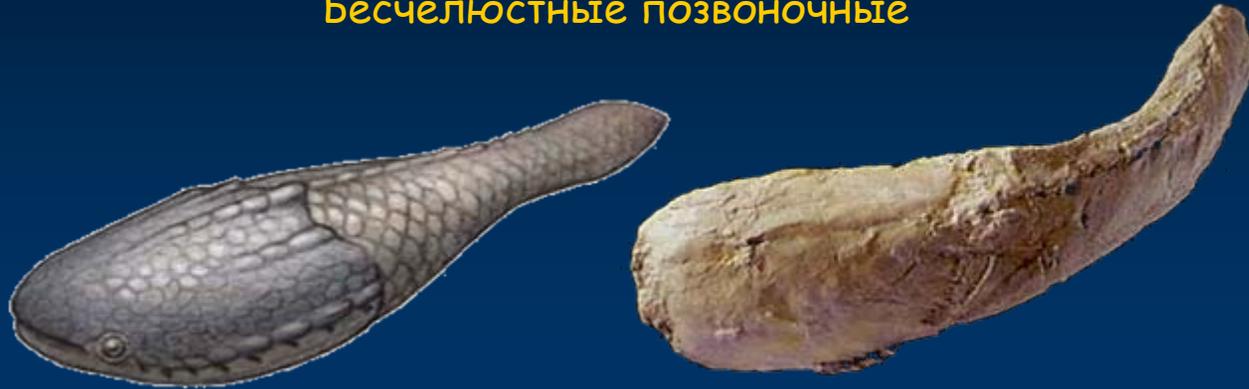


Конодонты



ЛАГУННЫЕ И ПРЭСНОВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Бесчелюстные позвоночные



Ракоскорпионы -
эвриптериды

НАЗЕМНАЯ ЭКОСИСТЕМА ОРДОВИКА



Отныне и впредь морские экосистемы будут приблизительно такими же, как сейчас,

а самое интересное
начнет происходить на суше

