

# История возникновения и развития живого на Земле

«Наши далекие предки и не подозревали, что вопрос о происхождении живого из неживого может стать серьезной проблемой для их потомков. Для них все вокруг было живым, одухотворенным: солнце и воздух, горы и реки, облака и море.

Мудрецы Античности и Средневековья тоже не видели непреодолимой грани между живым и неживым. Вслед за Аристотелем вплоть до XVII века все ученые считали зарождение жизни самым обычным, повседневным явлением. В гниющих отходах зарождаются черви и мухи, в старом тряпье — мыши, на подводных камнях и днищах кораблей — моллюски. Могучая «животворная сила» пронизывает мироздание; она-то и заставляет косную материю порождать жизнь.

Это учение — витализм — не противоречило и библейской версии космогенеза.

«И сказал Бог: да произрастит земля зелень...»

«И сказал Бог: да произведет вода пресмыкающихся...»

Бог дал стихиям творческие силы. И с тех пор — чему же удивляться? — вода производила, а земля произращивала.»

# Франческо Реди (1626-1697)



Портрет Франческо Реди (1626-1697) на медали, выбитой в честь этого ученого

В 17-м веке ученый Ф. Реди доказал невозможность самозарождения не только птиц и зверей, но даже насекомых, червей и всякого рода паразитов. В частности он показал, что белые мясные черви – это личинки мух: они выводятся из яичек, отложенных мухами в мясе. Выдвинул принцип «все живое – из живого».

Провел **опыт с мясом**: мясом покрыл кисею, не ограничивая доступ воздуха -

на мясе не появились личинки мясной мухи.



# Дж. Нидхем (1713 — 1781)

- **Серия опытов:**

- **готовил в стеклянных колбах разные настои, кипятил их в течение нескольких минут, затем закрывал обычными пробками**
- **через несколько дней в сосудах появлялись микроорганизмы**
- **Заключение о спонтанном возникновении микроорганизмов из неживого органического вещества, т. е. о возможности самопроизвольного зарождения на уровне низших живых существ.**

# Ладзаро Спалланцани, 1765г.



**Вдохновленный Левенгуком, ставил опыты с микроорганизмами. Опыт с бульоном в запаянной колбе, колбе, закрытой пробкой, долго и недолго кипятившейся:**

- Нет микроорганизмов в запаянных долго нагревавшихся колбах -**
- в опытах Дж. Нидхема микроорганизмы в настоях появлялись из воздуха или погибали не все клетки из-за недостаточно длительного кипячения (прораствание покоящихся спор).**
- Следствие - Николя Аппер и консервы 😊**

# Эксперимент Луи Пастера в диспуте с Феликсом Пуше -1865

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

- Оппонент не явился и тем проиграл.
- Сам Пастер знал, что диспут проиграл он – микробы, которых изучал Пуше, у него тоже сохранялись... Но потом сам же выяснил, что споры этого микроорганизма (сенной палочки) выдерживают до 120С.

## Germ Hypothesis

Preexisting microorganisms present in the air can contaminate the nutrient broth

## Spontaneous Generation Hypothesis

Living organisms can be generated spontaneously from nonliving organic molecules in broth



Flask is sterilized by boiling the broth



Unbroken flask remains sterile



Broken flask becomes contaminated after exposure to germ laden air

**Results: Airborne Germs Will Enter the Broth and Grow**

*Креационизм* – теория однократного сотворения всего разнообразия живого.

*Теории самозарождения живого.*

*Теории абиогенеза.*

*Теория панспермии.*

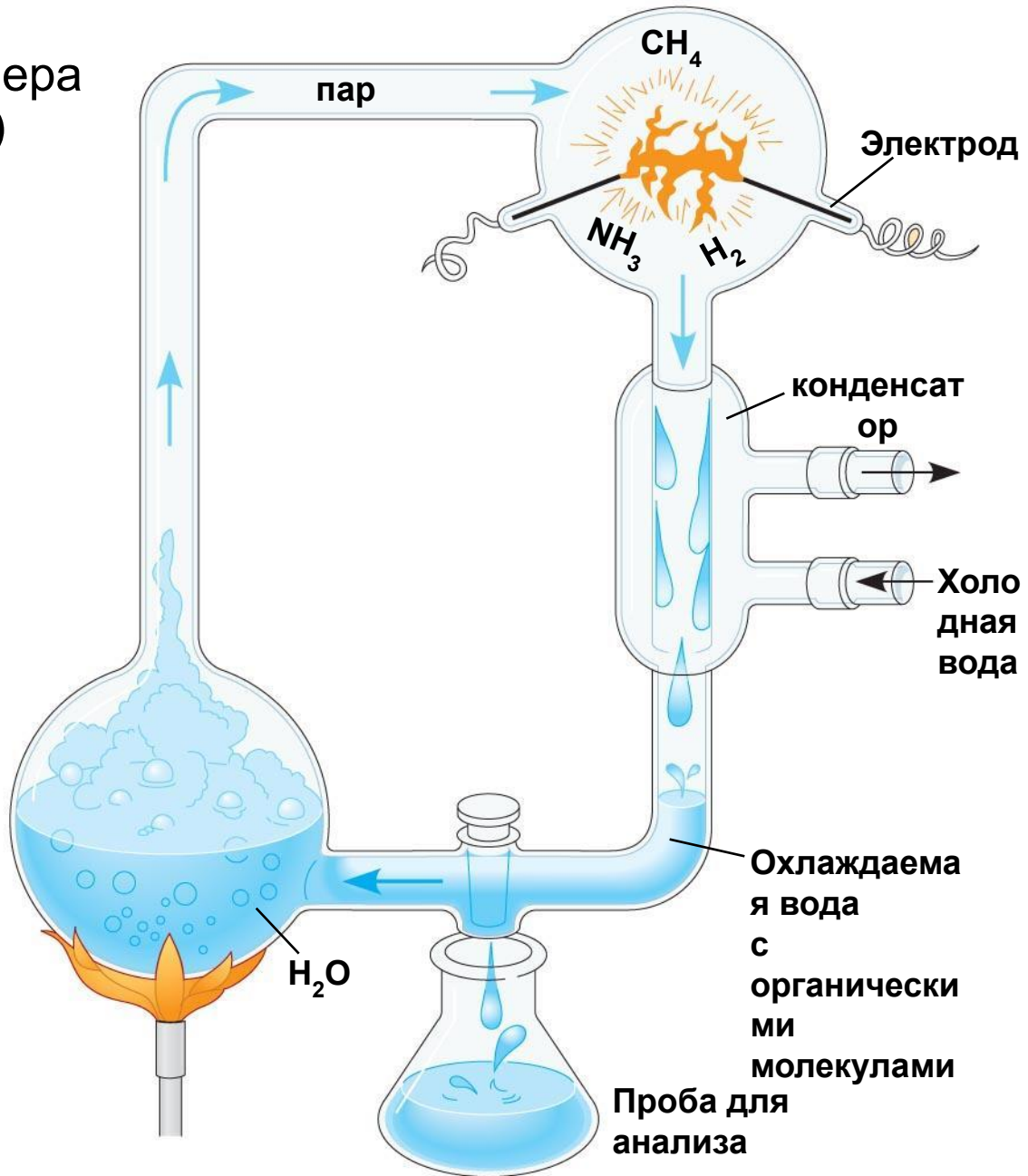
Жизнь занесена с других планет.

# Условия на Земле – ВОЗМОЖНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЖИЗНИ

- Химические и физические процессы на древней Земле могли позволить возникнуть первым простым клеткам:
  - 1. Абиотический синтез простых органических молекул - абиогенез**



- **Опыты Миллера и Юри (1953)**



[Гюнтер Вехтерхойзер](#) - создатель теории «железо-серного мира». Недавно в соавторстве с Клаудией Хубер опубликовал работу о возможности абиогенного синтеза органических веществ в условиях, которые и по сей день существуют на дне океанов. Оказалось, что в подводных горячих вулканических источниках могут происходить химические реакции, в результате которых из неорганических соединений, таких как угарный газ (CO) и цианистый водород (HCN), образуются разнообразные органические молекулы. Катализатором этих реакций служат присутствующие в гидротермальных водах твердые частицы, содержащие железо и никель. Реакции особенно хорошо идут при температуре 80–120 градусов. Первые самореплицирующиеся структуры с обменом веществ возникли на поверхности пирита в глубоководных термальных источниках.

Claudia Huber and Günter Wächtershäuser  
.  *$\alpha$ -Hydroxy and  $\alpha$ -Amino Acids Under Possible Hadean, Volcanic Origin-of-Life Conditions* // Science. 2006. V. 314.  
P. 630–632



- Важнейшие моменты начала развития жизни на Земле:

- **2. Появление «организмов»:**

Объединение в полимеры в «первичном бульоне» или «первичной пицце»

*Теория коацерватов (Опарин, Холдейн)*

*Железо-серный мир – Гидротермальные источники, пирит как субстрат (Вехтерхойзер)*

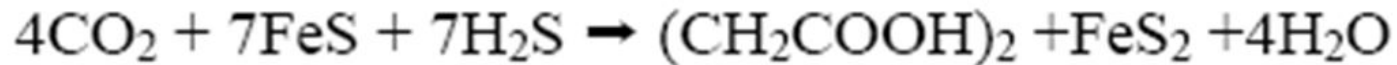
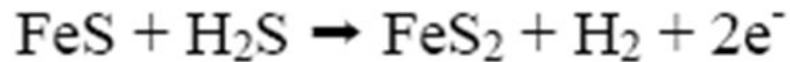
*РНК-мир - самовоспроизводящиеся молекулы РНК на глинах как субстрате (многие, начиная с Крика. Термин ввел Гилберт).*

# Теория коацерватов.

- **Александр Иванович Опарин (1894—1980):**
- Выделение «коацерватных капель» в примитивной белковой среде за счет гидрофильно-гидрофобных взаимодействий
- Способность коацервата к примитивному обмену веществ при наличии ферментов
- Опарин предположил, что в растворах высокомолекулярных соединений могут самопроизвольно образовываться зоны повышенной концентрации, которые отделены от внешней среды и могут поддерживать обмен с ней. Согласно его теории, процесс, приведший к возникновению жизни на Земле, может быть разделён на три этапа:
- Возникновение органических веществ
- Возникновение белков
- Возникновение белковых тел

# Железо-серный мир.

- На твердых поверхностях в горячих источниках (при температурах около 100С и высоком давлении) возникают разнообразные органические соединения.



- Реакции, подобные этой – по сути фиксация неорганического углерода.
- На этих же поверхностях из возникших веществ собираются первые «проорганизмы»

# РНК-мир - наиболее принятая на данный момент теория.

- Первыми носителями генетической информации была скорее РНК, чем ДНК
- РНК одновременно самовоспроизводятся и являются катализаторами ряда реакций (в том числе – синтеза белка). Открытие **рибозимов** - молекул РНК молекул РНК, обладающих ферментативной молекул РНК, обладающих ферментативной активностью и поэтому способных соединять в себе функции, которые в настоящих клетках в основном выполняют по отдельности белки и ДНК молекул РНК, обладающих ферментативной

- Важнейшие моменты начала развития жизни на Земле:

*Три вышеперечисленные теории не исключают, а, скорее, дополняют одна другую. Итак:*

- *Есть самовоспроизведение и обмен веществ*
- *Есть легко возникающие «оболочки», самопроизвольно формирующиеся изоляты*

*Возникают так называемые*

*«Протобионты» - соединение РНК и коацервата (или микросферы) – то есть и изолят с обменом веществ, и самовоспроизводящаяся молекула. Прообраз клетки*



















- Изучение ископаемых позволяет изучать эволюцию живого миллиарды лет назад
- Абсолютный возраст определяется радиоуглеродным или другим радиометрическим (изотопным) анализом



## Геохронологическая шкала—

геологическая временная шкала истории Земли, применяемая в геологии и палеонтологии, (промежутки времени в миллионы лет).

- Три эона: Архей, Протерозой, Фанерозой
- Три эры Фанерозоя: Палеозойская, Мезозойская, Кайнозойская

Eon	Era	Period	Epoch	Age MYA	Important Events		
Phanerozoic	Cenozoic	Neogene	Holocene	0.01	Historical time		
			Pleistocene	1.8	Ice ages; humans appear		
			Pliocene	5.3	Genus <i>Homo</i>		
			Miocene	23	Radiation of mammals and angiosperms; apelike ancestors of humans		
		Paleogene	Oligocene	33.9	Primates		
			Eocene	55.8	Angiosperm dominance radiation of mammals		
			Paleocene	65.5	Mammals, birds, pollinating insects		
			Mesozoic	Cretaceous	145.5	Angiosperms; Cretaceous extinction	
				Jurassic	199.6	Gymnosperms; dinosaurs	
				Triassic	251	Gymnosperms; dinosaurs; mammal-like reptiles	
Paleozoic	Permian	299	Permian extinction				
	Carboniferous	359.2	Seed plants; reptiles				
	Devonian	416	Bony fishes; tetrapods; insects				
	Silurian	443.7	Early vascular plants				
	Ordovician	488.3	Colonization of land				
	Cambrian	542	Cambrian explosion				
	Archaean		600	Algae; soft-bodied invertebrates			
		2,200	Oldest fossils of eukaryotes				
		2,500					
		2,700	Atmospheric oxygen increases				
		3,500	Oldest fossils of prokaryotes				
		3,800	Oldest known rocks				
		Approx. 4,600	Origin of Earth				



- Первые известные ископаемые останки – **строматолиты**, кальциевые отложения бактериальных матов
- Около 3.5 миллиардов лет назад
- **Прокариоты** населяли Землю на протяжении периода 3,5 - 2 миллиарда лет назад



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.



- Важнейшие моменты начала развития жизни на Земле:

## 2. Возникновение фотосинтеза:

- Бескислородные автотрофы (например, окисляющие сероводород до сульфатов – источник H сероводород)
- Кислородный фотосинтез (источник H – вода) –

### **Выделение кислорода в атмосферу**

**а) под воздействием УФ –  $O_2$  превр. озон  $O_3$**

**б) возникновение кислородного типа обмена веществ**

# Фотосинтез и кислородная революция

- **Кислородный фотосинтез, возможно, возник около 3.5 миллиардов лет назад у цианобактерий**
- Примерно 2.7 миллиарда лет назад накопилось существенное количество кислорода в атмосфере



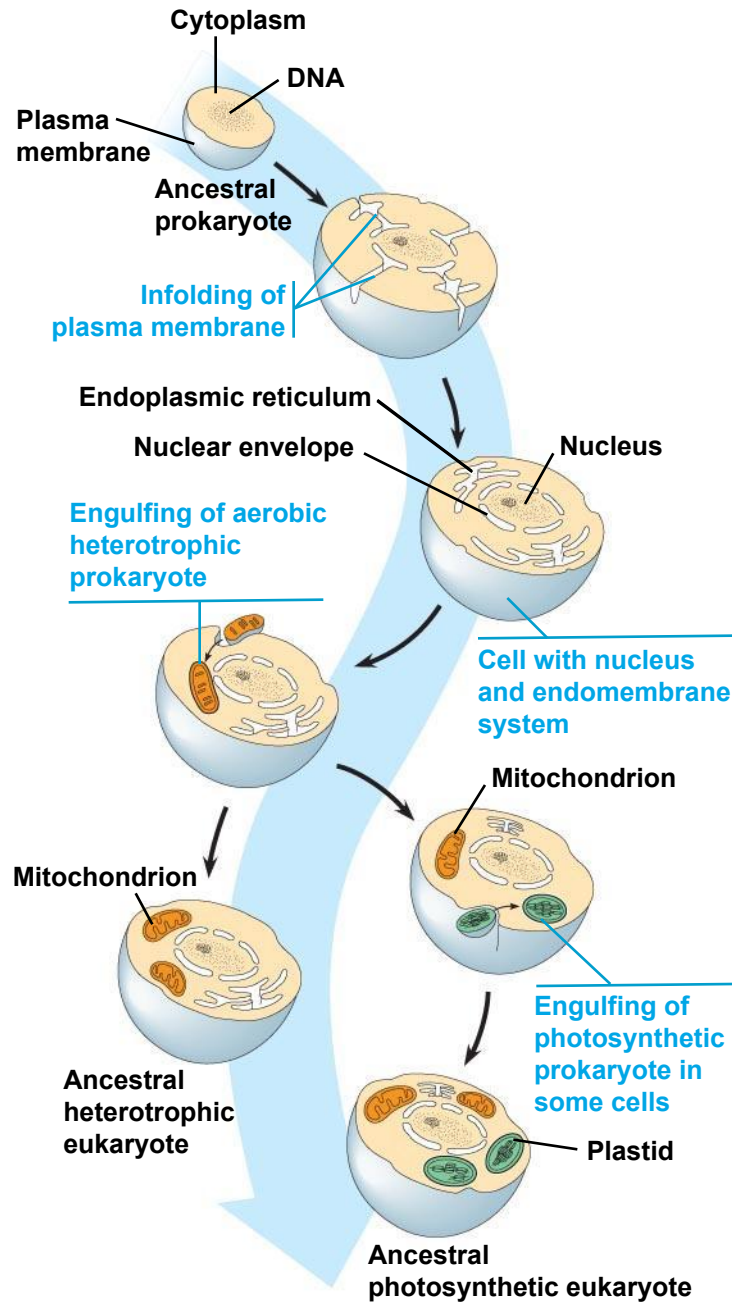


Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

# Важнейшие моменты начала развития жизни на Земле:

## 3. Возникновение эукариот

- Наиболее древние ископаемые свидетельства - 2.1 миллиарда лет назад
- Возникновения мембранных органелл: теория **эндосимбиоза**: митохондрии и пластиды – мелкие прокариоты-симбионты
- Возникновение ядра (min 4 теории)



- Аргументы в пользу эндосимбиотического происхождения митохондрий и пластид:
  - **Сходство мембранных структур и функций**
  - **Наличие собственной кольцевой ДНК**

# Эукариоты – генетические химеры

- Происхождение ядра:
- 1) прямая эволюция – окружение мембраной ДНК
- 2) Симбиотические теории: бактерии, археи, вирусы

### 3. Возникновение эукариот

- Наиболее древние ископаемые свидетельства - 2.1 миллиарда лет назад
- Возникновения мембранных органелл: теория **эндосимбиоза**: митохондрии и пластиды – мелкие прокариоты-симбионты
- Возникновение ядра (min 4 теории)

### 3. Появление полового процесса

- Датировать невозможно, где-то в самом раннем становлении древних эукариот (около 2 млрд. лет назад)

- Важнейшие моменты начала развития жизни на Земле:

## 4. Возникновение многоклеточности

*Гипотезы:*

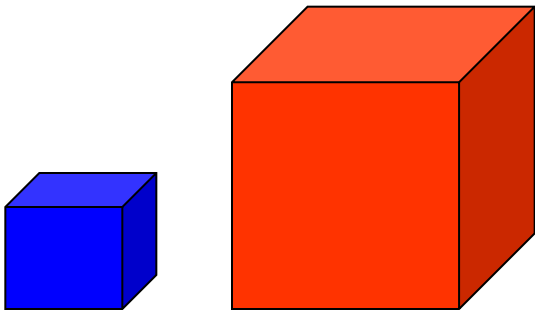
*Гипотеза целлюляризации Иеринга;*

*Гастрейная гипотеза Геккеля;*

*Гипотеза плакулы Бючли;*

*Гипотеза фагоцителлы Мечникова;*

## Образование многоклеточных организмов



Одноклеточные организмы имеют микроскопически малые размеры, а это накладывает ограничения на возможность усложнения и появления различных органов для более эффективного освоения среды обитания. Самый простой путь — увеличить размеры клетки, но этот путь оказывается тупиковым — размеры клеток ограничены соотношением поверхности и объема. Допустим, что клетка-кубик имеет длину грани 1 см. Увеличим размер вдвое и сравним соотношения площадей поверхностей и объемов большой и маленькой клеток.



## Образование многоклеточных организмов

Площадь куба:  $1 \times 1 \times 6 = 6 \text{ см}^2$

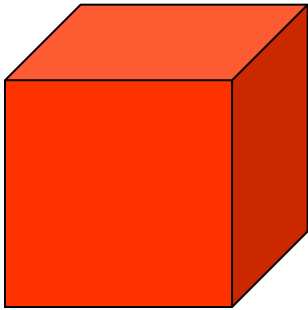
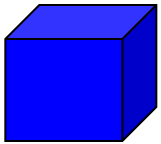
Объем:  $1^3 = 1 \text{ см}^3$

Соотношение = 6 : 1

Если грань куба увеличится вдвое,  
то площадь куба:  $2 \times 2 \times 6 = 24 \text{ см}^2$

Объем:  $2^3 = 8 \text{ см}^3$

Соотношение = 3 : 1

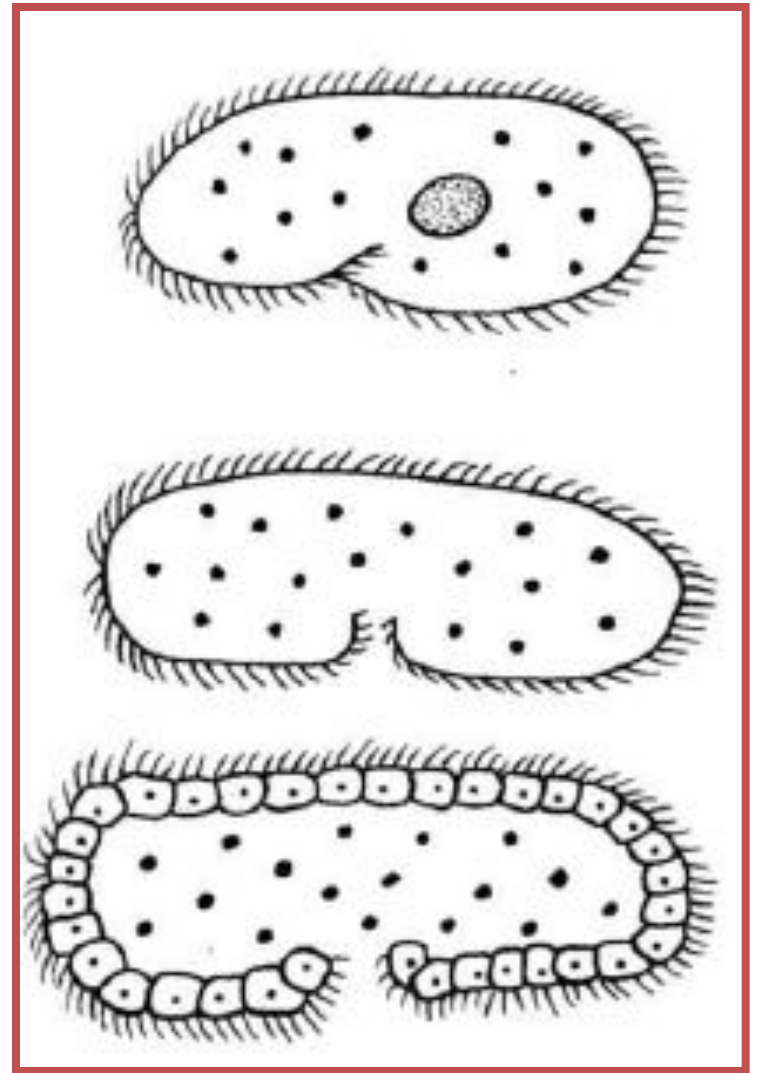


Поверхность увеличилась в 4 раза, а объем – в 8 раз, а это значит, что на каждую единицу поверхности теперь будут приходиться уже две единицы объема.

Отсюда следует, что с увеличением размеров: клетка начнет голодать, поверхность не обеспечит питательными веществами весь объем, особенно путем диффузии; затрудняется газообмен; затрудняется выведение продуктов

# Многоклеточные животные: от кого они произошли?

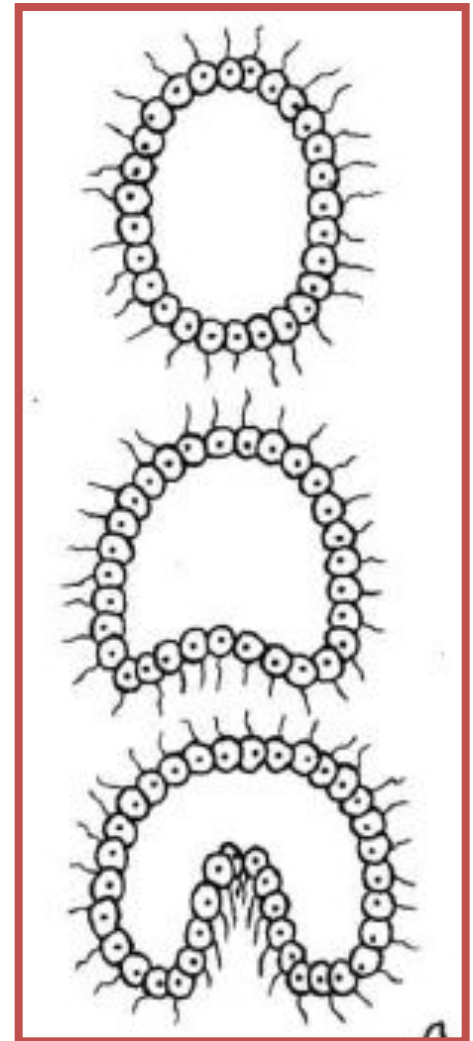
От так называемых  
многоядерных  
протист путем  
целлюляризации –  
обособления клеток  
(1877 - Герман фон  
Иеринг).  
Представляет чисто  
исторический  
интерес.



# Многоклеточные животные: от кого они произошли?

Колониальные протисты:

1) Теория гастреи  
(1874 - Э. Геккель)

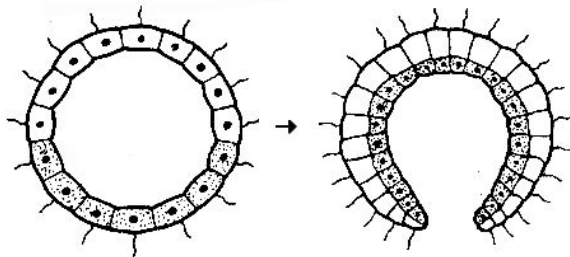


# Образование многоклеточных организмов



Э. Геккель  
(1834—1919)

крупный немецкий биолог,  
автор названия науки  
«Экология»



Теория "гастреи" Э.Геккеля

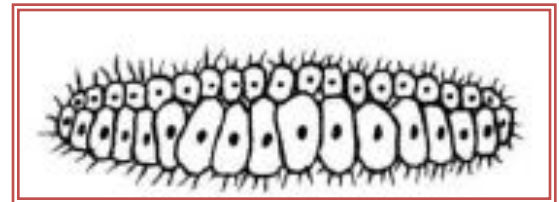
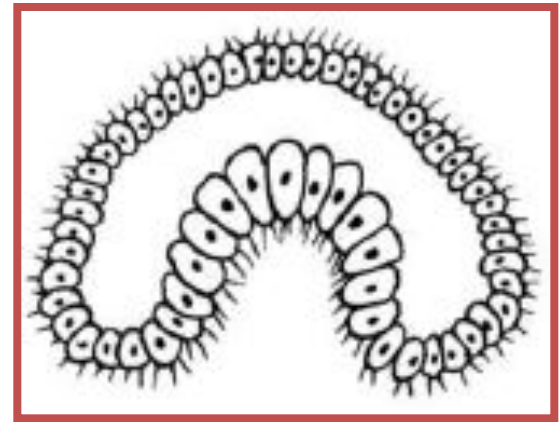
Э. Геккель предположил, что вольвоксовидный древний организм, схожий с бластулой, претерпел нехитрое изменение. Его однослойная стенка стала впячиваться внутрь, образовалось ротовое отверстие и первичная кишечная полость, наружный слой клеток — эктодерма, внутренний — энтодерма. Такой процесс называется инвагинацией, а образующийся при этом организм — гастролой (от лат. «гастер» — желудок), обладающий первичной пищеварительной системой. Эта теория получила название *теория гастреи*.

Шарообразная колония жгутиковых (бластезя) превращается в двухслойное образование - гастрею, имеющую полость путем инвагинации (впячивания) стенки. При этом возникает первичная кишечная полость, открывающаяся наружу ротовым

# Многоклеточные животные: от кого они произошли?

Колониальные протисты:

- 1) Теория гастрей  
(1874 - Э. Геккель)
- 2) Теория плакулы  
(1884 - Отто Бючли)



## Образование многоклеточных организмов

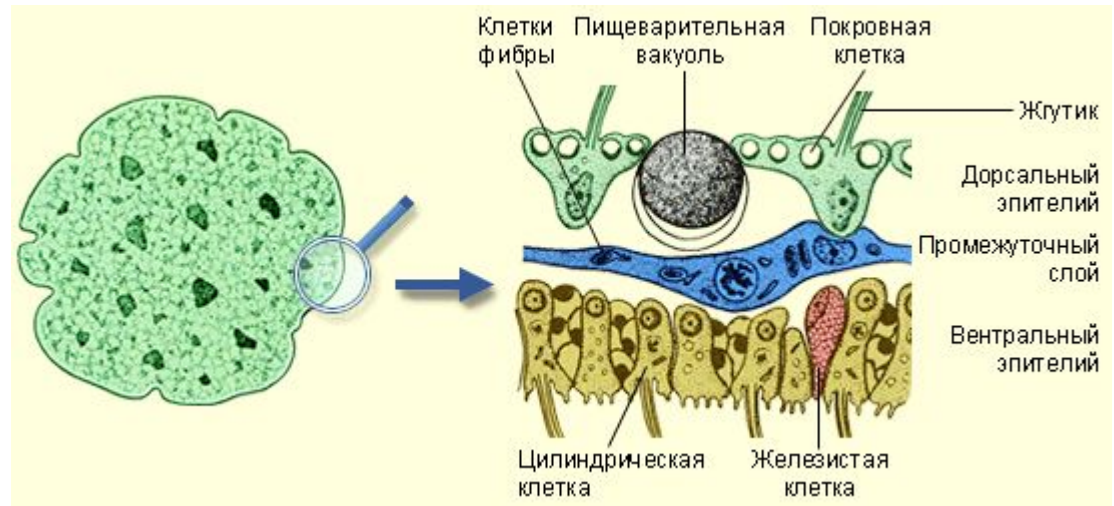
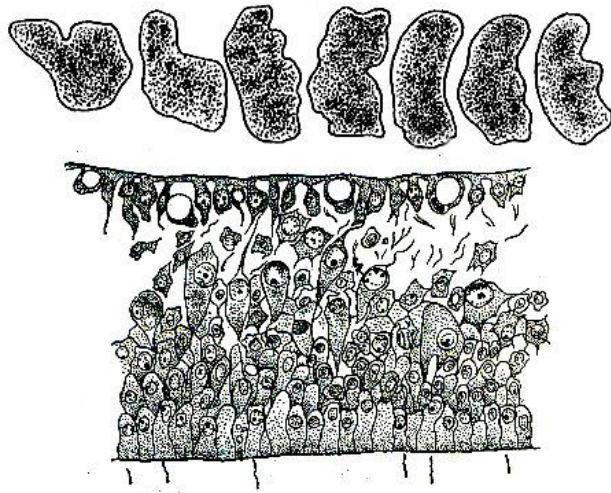


Отто Бючли (1848—1920) немецкий зоолог. Внёс большой вклад в развитие цитологии. Помимо многих новаторских теорий в цитологии, предложил гипотезу образования разных слоев у многоклеточных, которую называют **теорией плакулы**.

У однослойной лепешкообразно колонии появился второй слой клеток, расположенный параллельно первому. Такая двухслойная пластинка нижней стороной ползала по грунту, а верхняя имела защитную и чувствительную функцию. Крупную пищу такое животное обволакивала и переваривала нижним слоем. Такой организм Бючли назвал плакулой (т.е. обволакивающей).

В настоящее время описано морское животное трихопакс, строение которого соответствует

## Тип Пластинчатые (Placozoa).

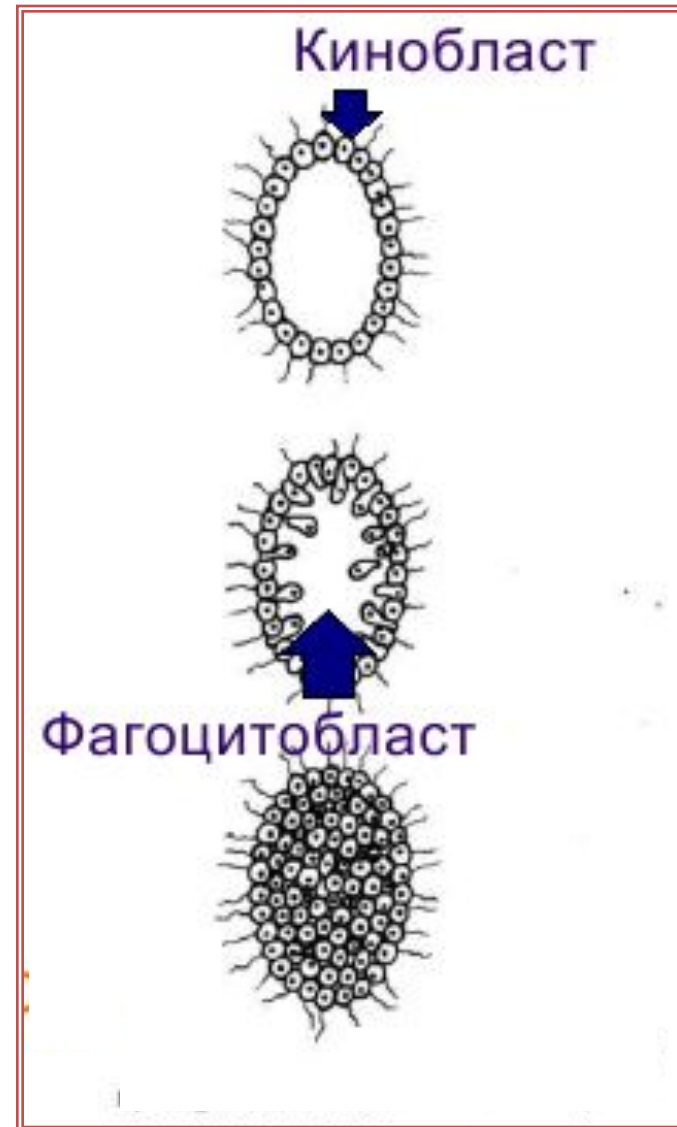


С 1883 года известны животные, относящиеся к самым примитивным многоклеточным животным и составляющие отдельный тип Пластинчатые (Placozoa) — трихоплаксы (Trichoplax). Размеры этих животных не более 4 мм, трихоплакс представляет собой плоскую пластинку, медленно ползающую по субстрату в морской воде. Самое удивительное, что у него нет энтодермы, это как бы расплюснутая по поверхности субстрата бластула. Нижний слой образован клетками, имеющими жгутики. Оказалось, что клетки поверхности, захватив пищевые частицы, мигрируют в паренхиму, где происходит переваривание пищи. Можно считать, что у трихоплакса энтодерма находится в стадии становления.

# Многоклеточные животные: от кого они произошли?

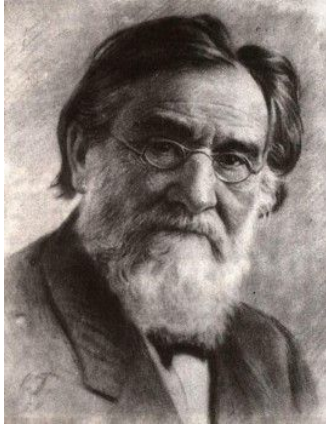
Колониальные протисты:

- 3) Теория фагоцителлы  
(1886 - И.И.Мечников)





# Образование многоклеточных организмов

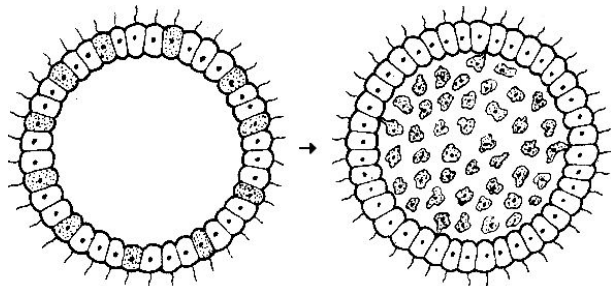


Илья Ильич Мечников (1845-1916) – биолог (зоолог, цитолог, микробиолог, иммунолог), Лауреат Нобелевской премии.

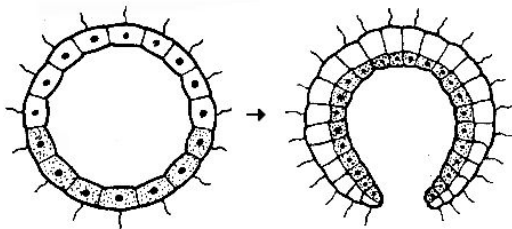
Один из основоположников эволюционной эмбриологии, первооткрыватель фагоцитоза, создатель фагоцитарной теории иммунитета.

И.И.Мечников, изучая онтогенез низших многоклеточных, обнаружил, что у многих из них второй слой клеток — энтодерма — образуется не путем впячивания, а в результате миграции амeboидных клеток внутрь колонии и, размножаясь там, они образуют паренхиму. Эти клетки способны к амeboидному движению и фагоцитозу.

Для захвата крупных пищевых частиц появляется отверстие, к которому пищевые частицы подгоняются с помощью жгутиков

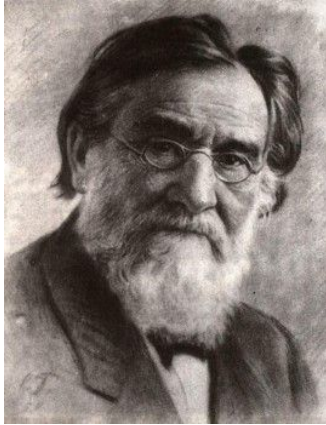


Теория "фагоцителлы" И.Мечникова



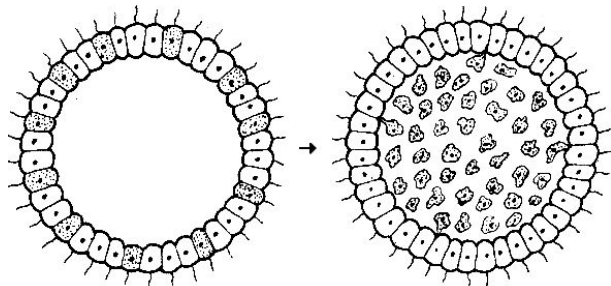
Теория "гастреи" Э.Геккеля

## Образование многоклеточных организмов



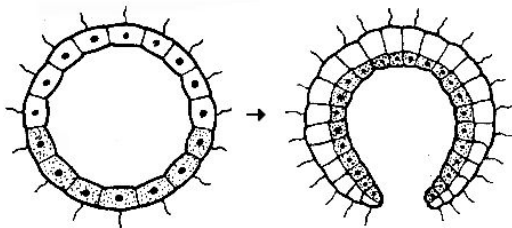
Остальные амебоидные клетки стали паренхимой, они обеспечивают передачу питательных веществ всем клеткам организма. Так снабженные жгутиками клетки взяли на себя функцию движения, а ушедшие внутрь первичной полости — функцию размножения и питания.

Теория происхождения многоклеточных животных по И.И.Мечникову называется *теория фагоцителлы*.



Теория "фагоцителлы" И.Мечникова

В колонии жгутиковых, способных к фагоцитозу, отдельные клетки захватывают добычу и погружаются (иммигрируют) внутрь колонии, освобождая место «голодным» клеткам. Со временем возникает двухслойный организм фагоцителла, наружный слой которого выполняет функции движения, защиты и захвата пищи, а внутренний – функции размножения и переваривания. Подобное строение имеют, например, кишечнополостные.



Теория "гастреи" Э.Геккеля

## *Образование многоклеточных организмов*

Так как все изложенные теории опираются на фактический материал, то не исключено, что процессы, которые они описывают, шли параллельно.

Однако во многих пособиях преобладает теория Мечникова.

- Важнейшие моменты начала развития жизни на Земле:

## 4. Возникновение многоклеточности

Примерно 2,1 млрд. лет (Наиболее древние многоклеточные - червеобразные организмы длиной до 12 см, обнаруженные в 2010 году в отложениях формации *Francevillian B* в Габоне)

Возможно, многоклеточность возникала в разных эволюционных линиях много раз.

Многоклеточные животные, вероятнее всего, произошли от колонии жгутиковых клеток.

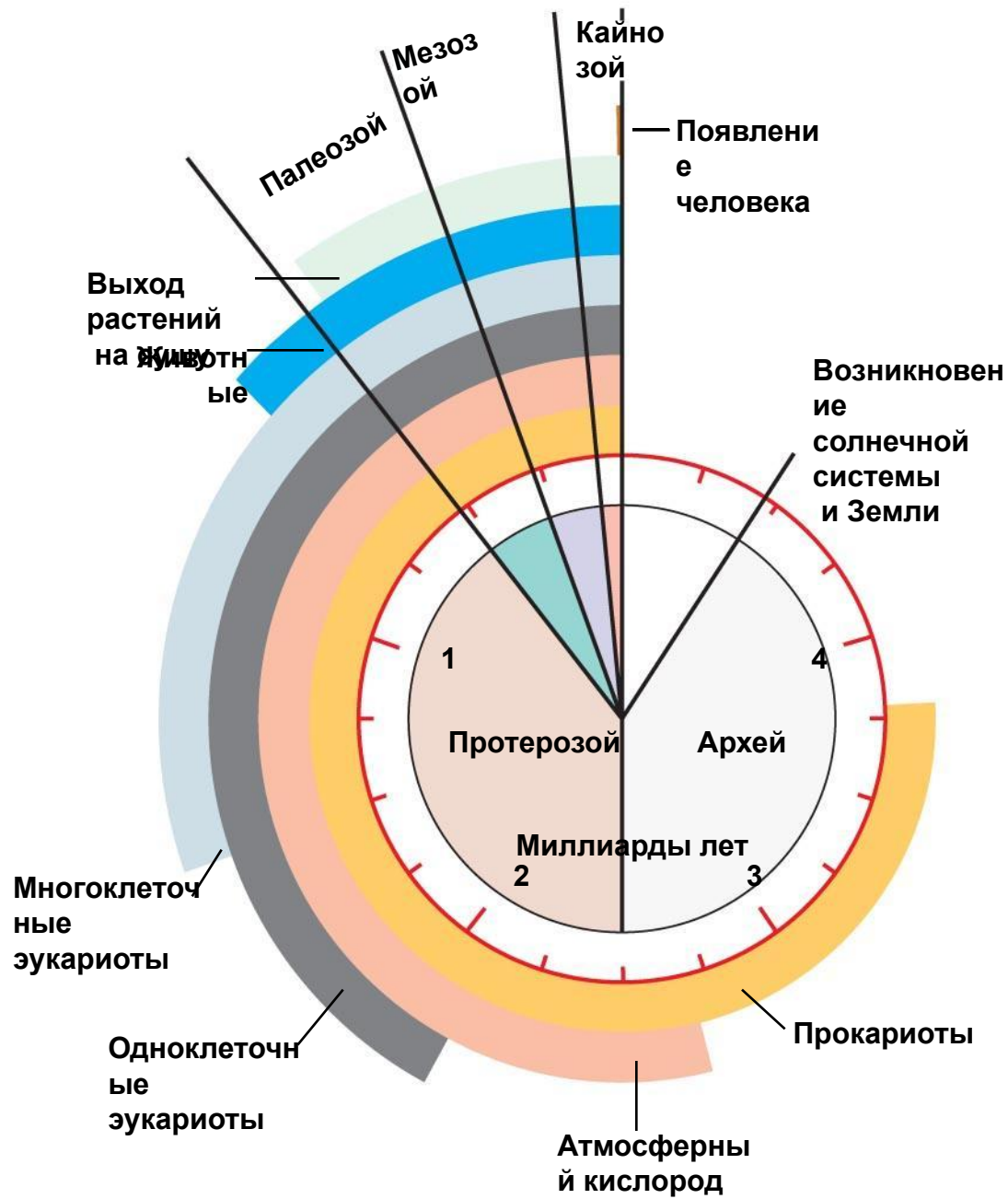
- Важнейшие моменты начала развития жизни на Земле:

#### 4. Возникновение многоклеточности

Укрупнение размеров особей позволяет более успешно противостоять хищникам, а также поглощать и переваривать более крупную жертву.

Однако условия для массового появления многоклеточных появились только в Эдиакарском периоде, когда уровень кислорода в атмосфере достиг величины, позволяющей покрывать увеличивающиеся энергетические расходы на поддержание многоклеточности.

- Архей и Протерозой = «Криптозой», «эра» скрытой жизни
- Трудно конкретно датировать события по периодам, выделяется только последний период, его часто называют собирательно «Докембрий»- это Эдиакарский период или Венд
- Начинается Палеозой: Кембрийский взрыв (появление огромного разнообразия ископаемых останков – практически всех современных крупных таксонов)



## Архейская эра.



*Архей* — древнейшая жизнь. Остатков органической жизни немного. Обнаружены *строматолиты* — конусообразные известковые образования биогенного происхождения. Большая часть процессов возникновения жизни не оставила следов – мы их моделируем.



## Протерозойская эра.



*Протерозой* — эра первичной жизни. Продолжительность от 2500 млн. лет до 570 млн. лет, то есть около 2 млрд. лет. Поверхность планеты представляла собой голую пустыню, жизнь развивалась, в основном, в морях. Но и на суше, во влажных местах размножаются бактерии и одноклеточные водоросли.

Для этой эры характерно образование крупнейших залежей железных руд, образованных за счет деятельности бактерий.

**Последний и самый известный  
период Протерозоя  
(Неопротерозойской эры)–**

**ЭДИАКАРИЙ (ВЕНД)**

# Первые фауны многоклеточных



Вендия – «членистоногое» с ногами в шахматном порядке



Еще одно вендское животное со «сдвинутой»  
метамерией: Дикинсония



Пищеварительная система

Другие вендские животные со «сдвинутой» метамерией  
(Proarticulata)



Paravendia



Archaeaspis



Andiva

«Перистые» вендские ископаемые - петалонамы (стебельчатые, прикрепленные формы) с сегментацией, напоминающей проартикулят



Чарния



Прикрепительный диск петалонамы – «цикломедуза»



Вентогирус

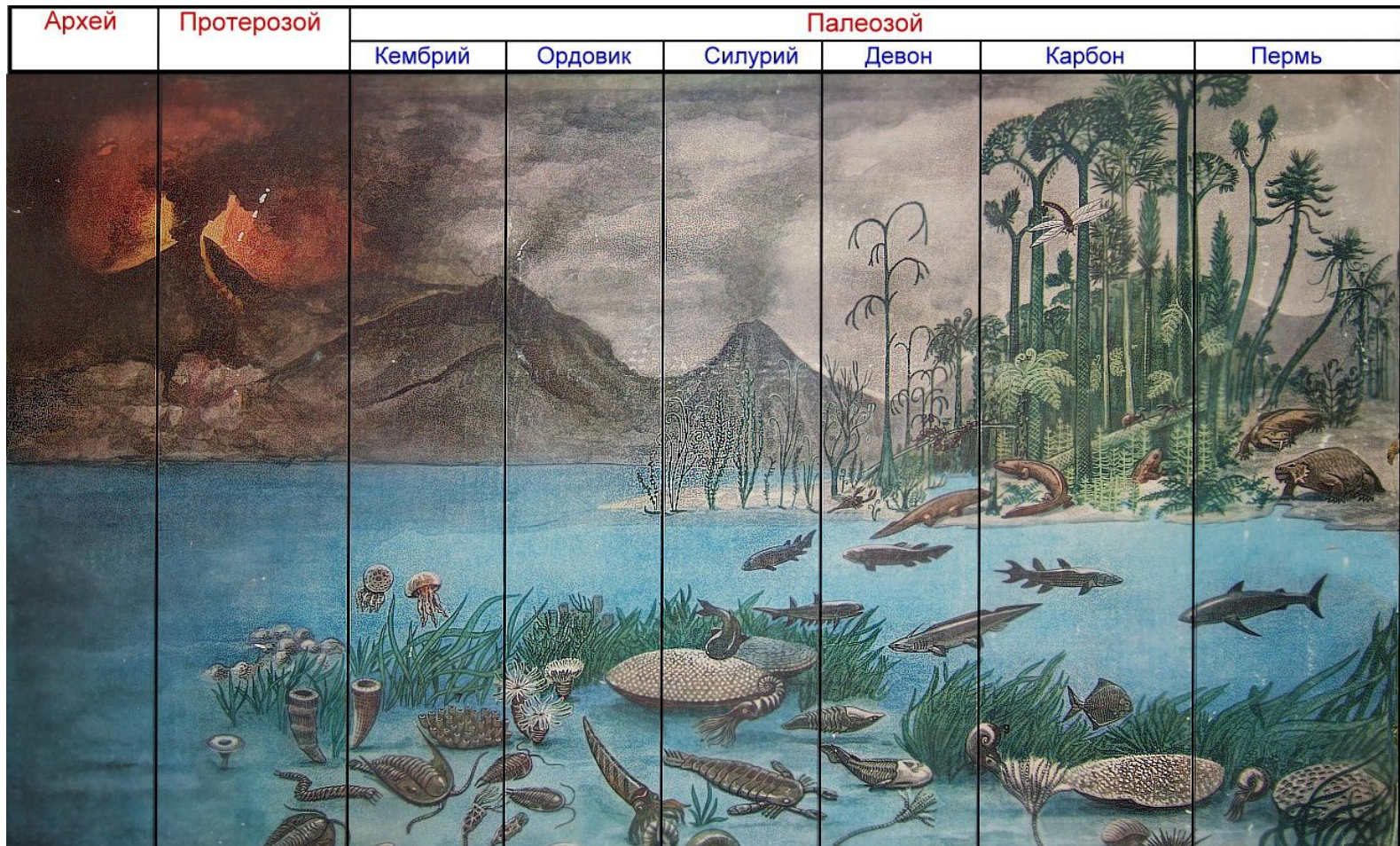
# Протерозойская эра.

В эту эру образуются все отделы водорослей, слоевище у многих становится пластинчатым.

Помимо вымерших представителей фауны, появляются беспозвоночные – предки современных таксонов.



# Палеозой.



# КЕМБРИЙ

Начинается Палеозой: так называемый Кембрийский взрыв (появление огромного разнообразия ископаемых останков – практически всех современных крупных таксонов).  
Скелетная революция.

появление многих  
типов  
беспозвоночных

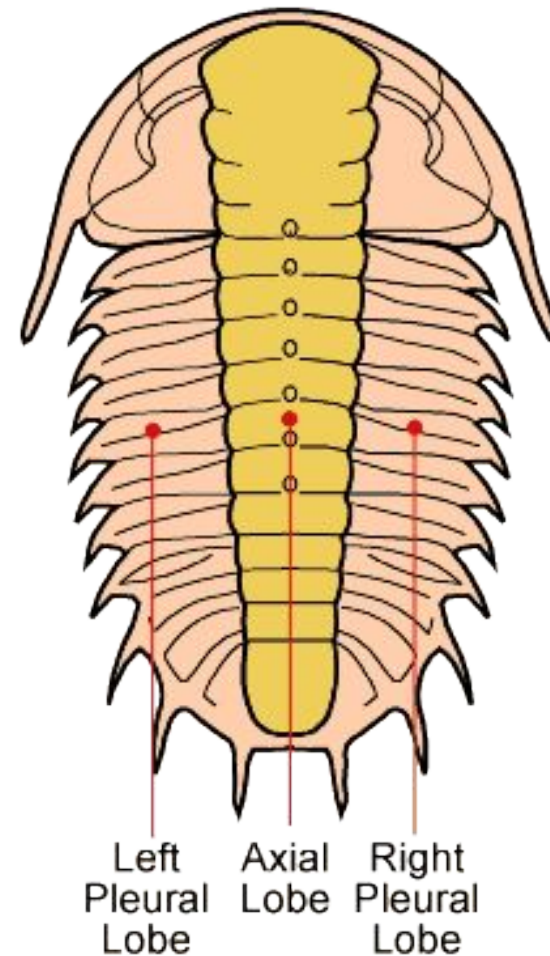
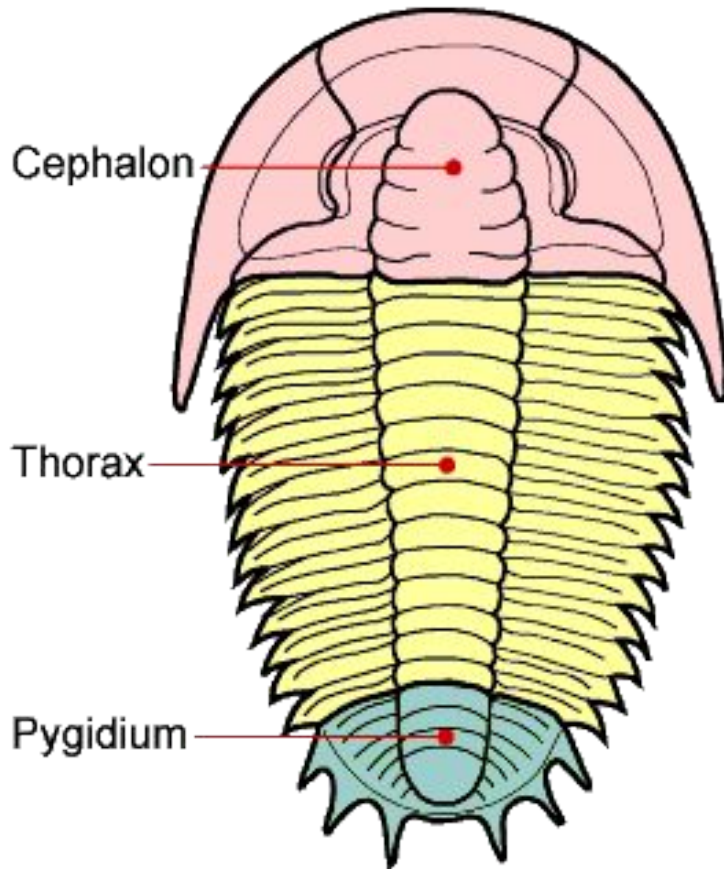
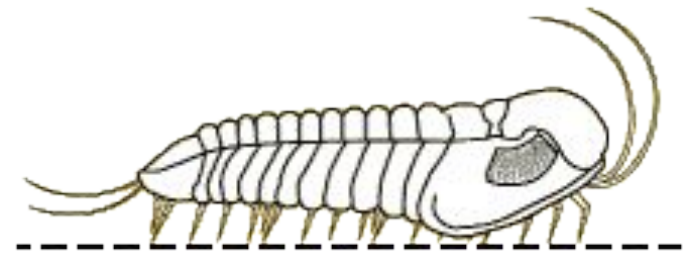
появление хордовых  
(в том числе  
позвоночных)

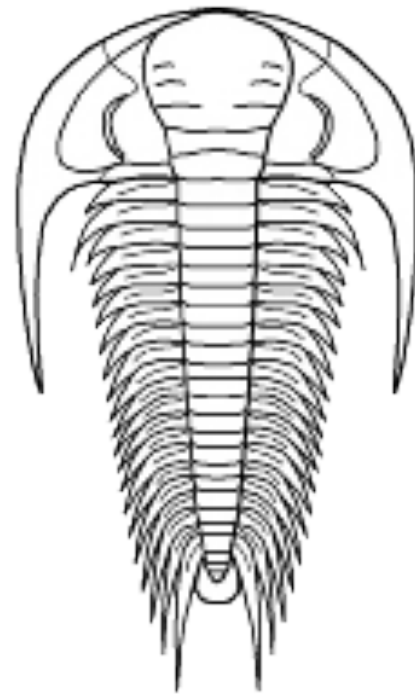


# Тип Arthropoda



## *П/тип Trilobita*

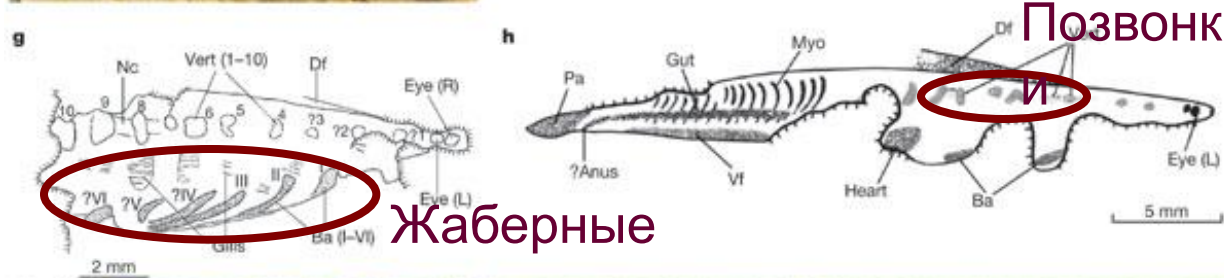
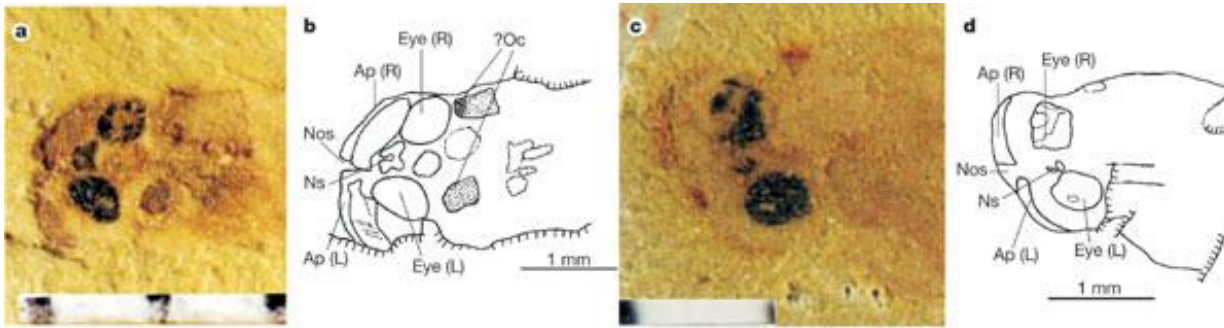




Ранний-средний кембрий

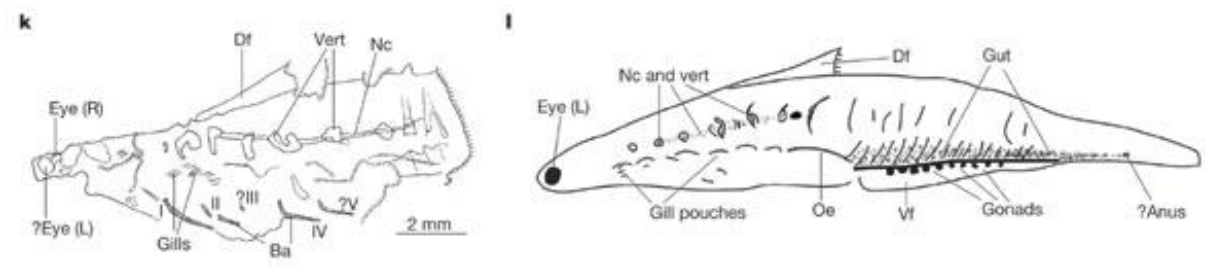


# Vertebrata incertae sedis



Позвонк  
и

Жаберные  
дуги



*Haikouichthys* –  
древнейшее  
позвоночное.  
Ранний кембрий.  
Китай.

**Ордовик**

- Господство морских беспозвоночных, особенно головоногих моллюсков и артропод





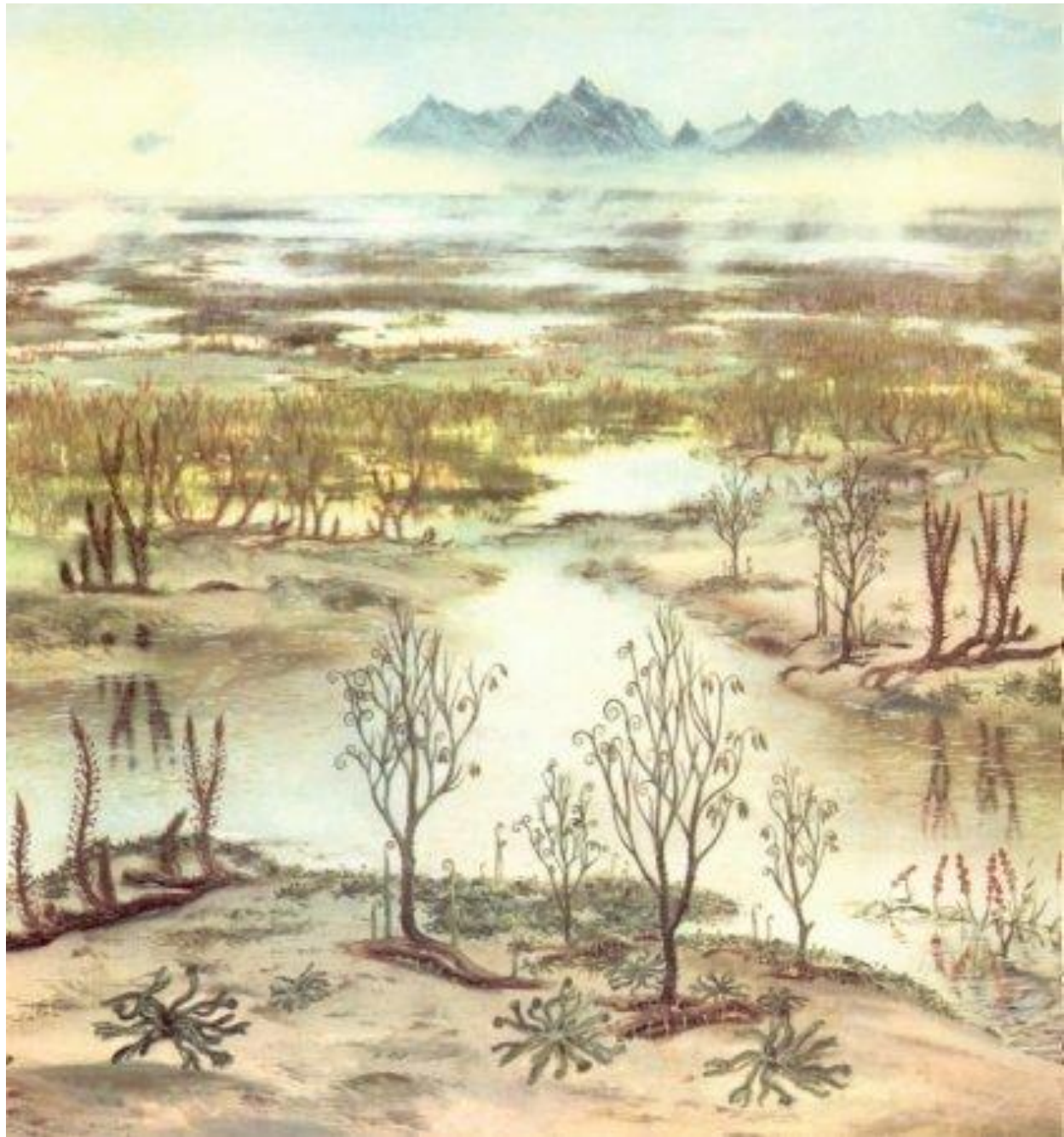
- Появление экзоскелета у позвоночных

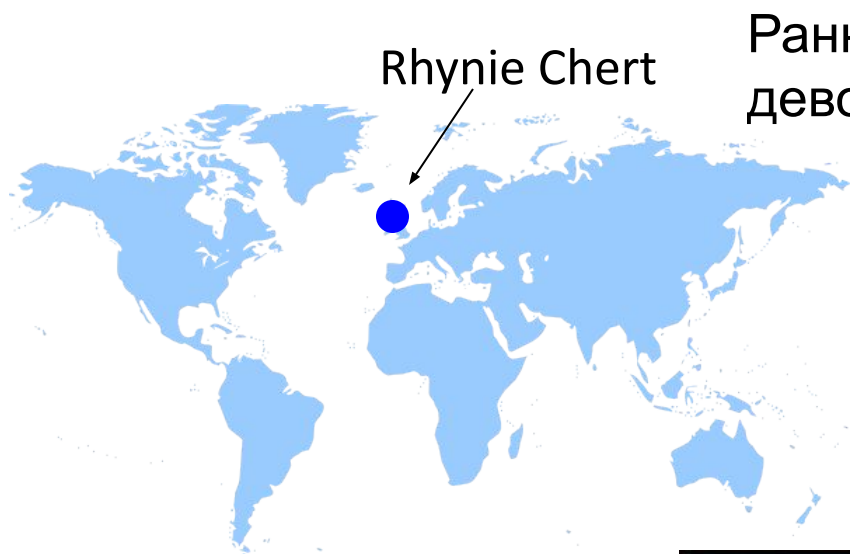


**Силур**

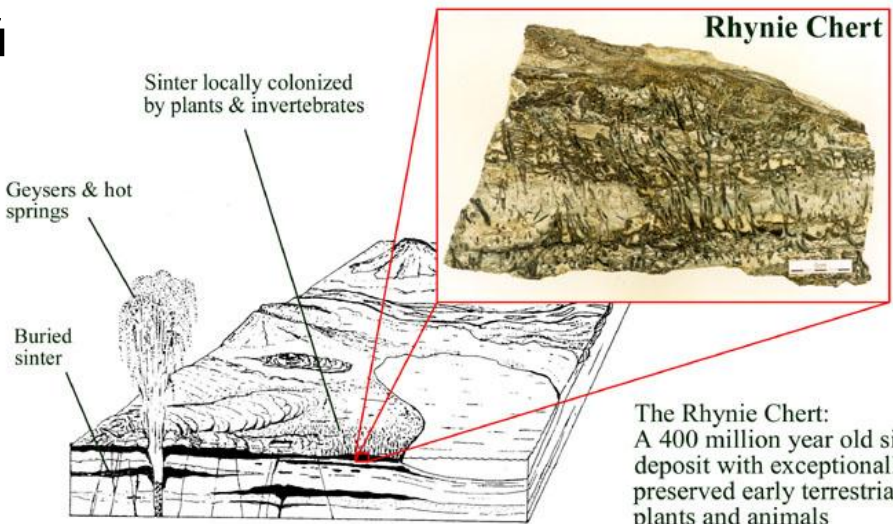
Появление рыб  
(панцирные,  
костные,  
хрящевые)

Колонизация  
суши:  
членистоног  
ие, растения

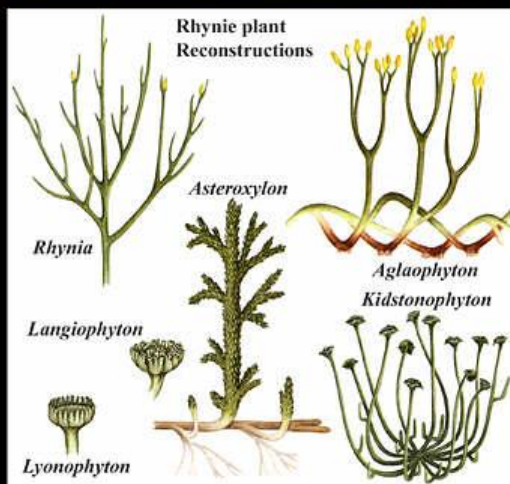
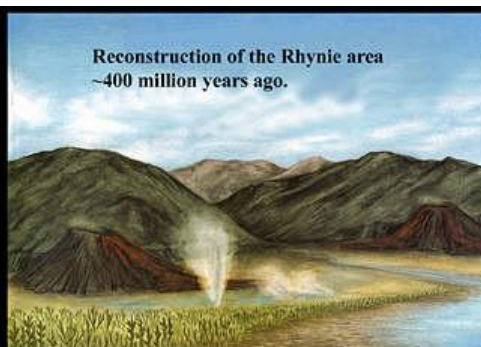
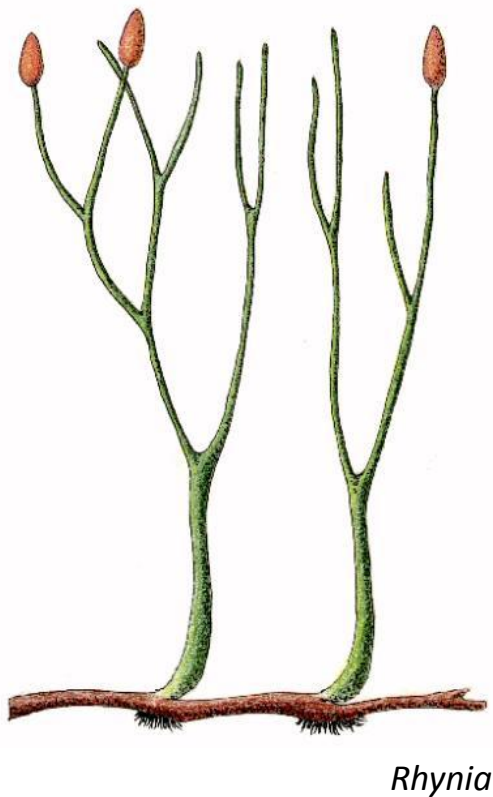




Ранний  
девон



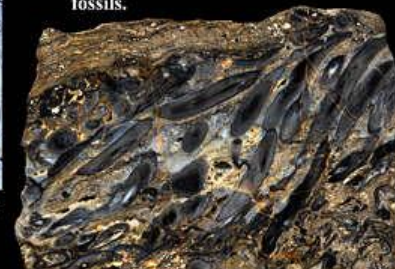
The Rhynie Chert:  
A 400 million year old sinter deposit with exceptionally preserved early terrestrial plants and animals



Cut and polished  
blocks of Rhynie  
Chert containing  
abundant plant  
fossils.

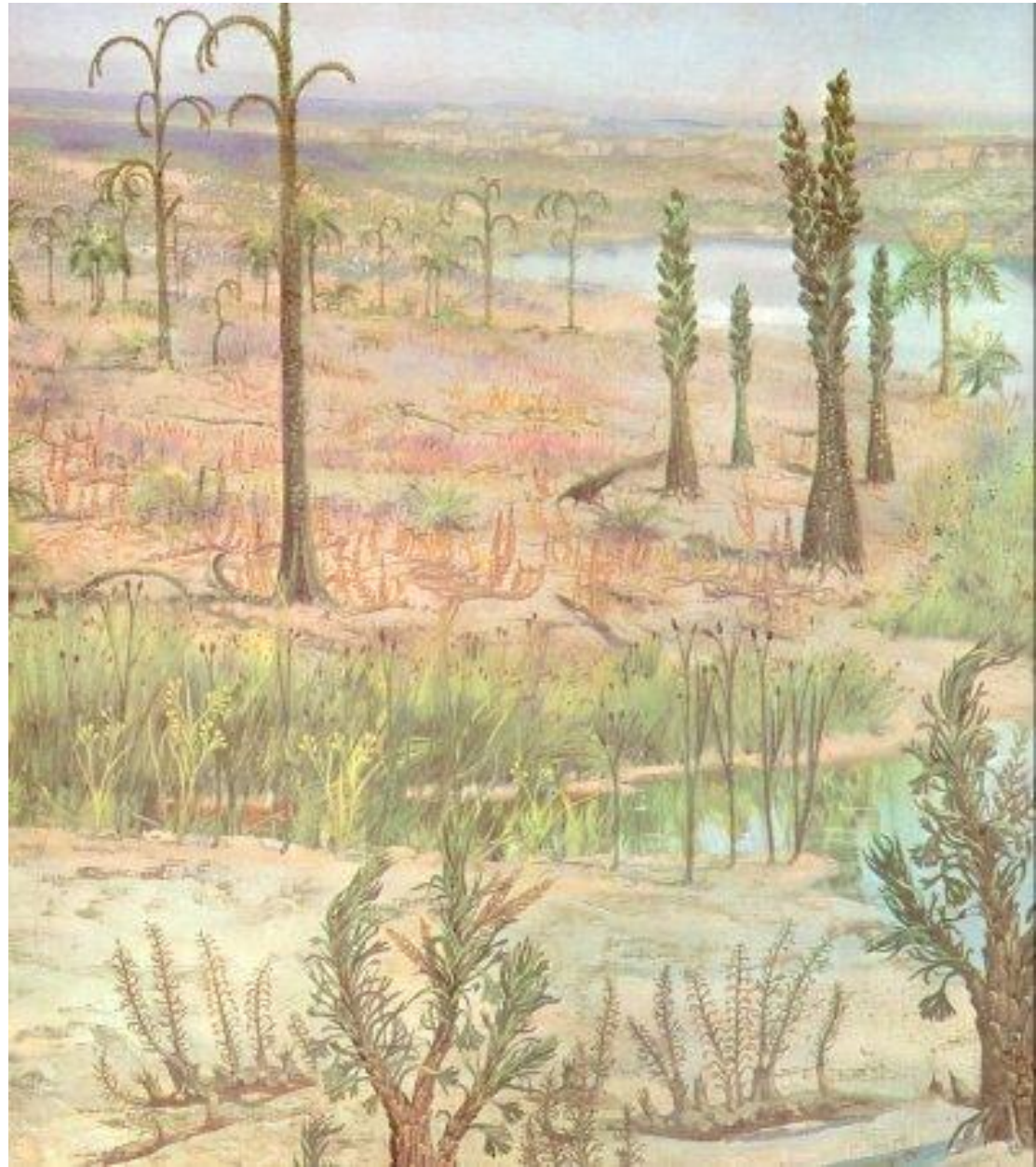


Rhynia, cross section of stem  
illustrating cell and tissue  
structure.



**Девон**

Распространение  
растений  
(споровых) и  
артропод на суше  
Появляются  
тетраподы,  
насекомые  
(бескрылые)





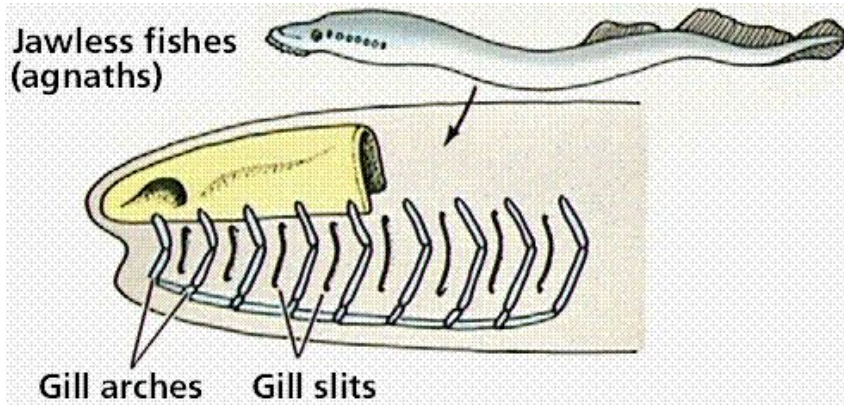
# Расцвет рыб



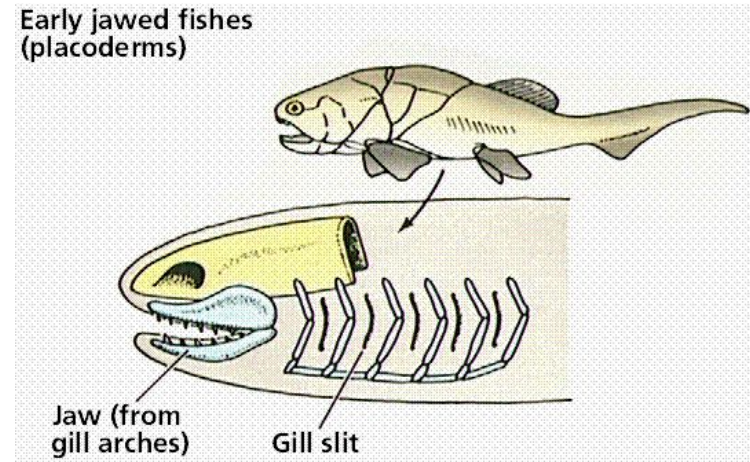


# Рыбы и амфибии

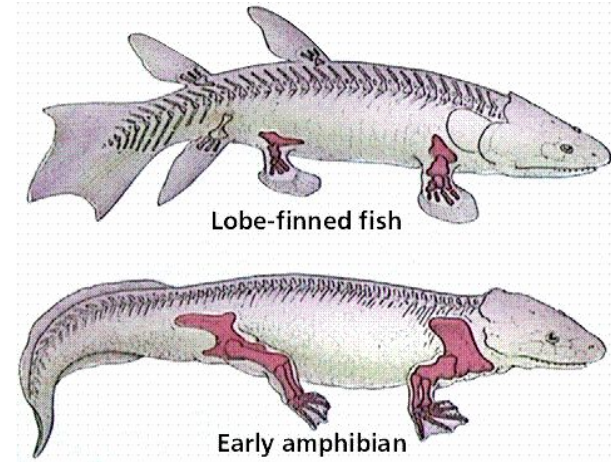
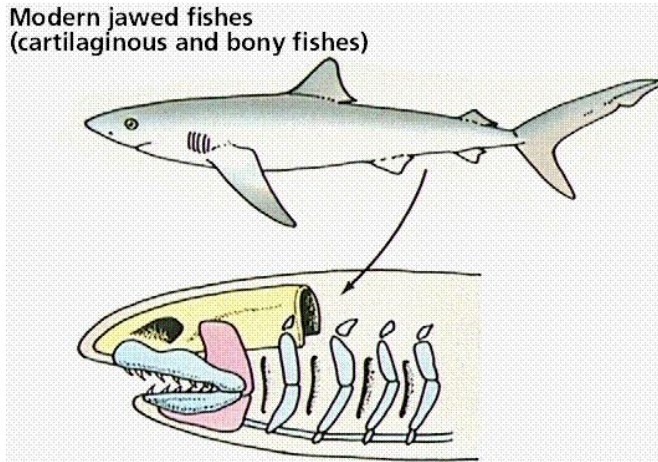
Jawless fishes  
(agnaths)



Early jawed fishes  
(placoderms)



Modern jawed fishes  
(cartilaginous and bony fishes)



## Палеозойская эра, девон

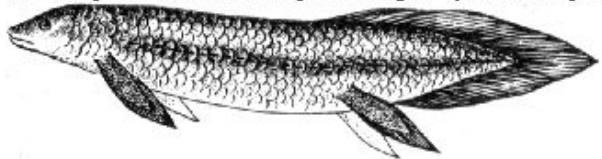
Африканский протоптерус



Американский лепидосирен



Австралийский рогозуб (неоцератод)



Наиболее интересны для нас среди костистых рыб **двоякодышщие** и **кистеперые**, которые имели наряду с жабрами легкие.

Теплая вода и обилие растительности пресных водоемов служили предпосылками для развития дополнительных органов дыхания, **глочные карманы двоякодышщих и кистеперых постепенно превращаются в легкие.**

# Переход от Sarcopterygia к Tetrapoda

## *Panderichthys*



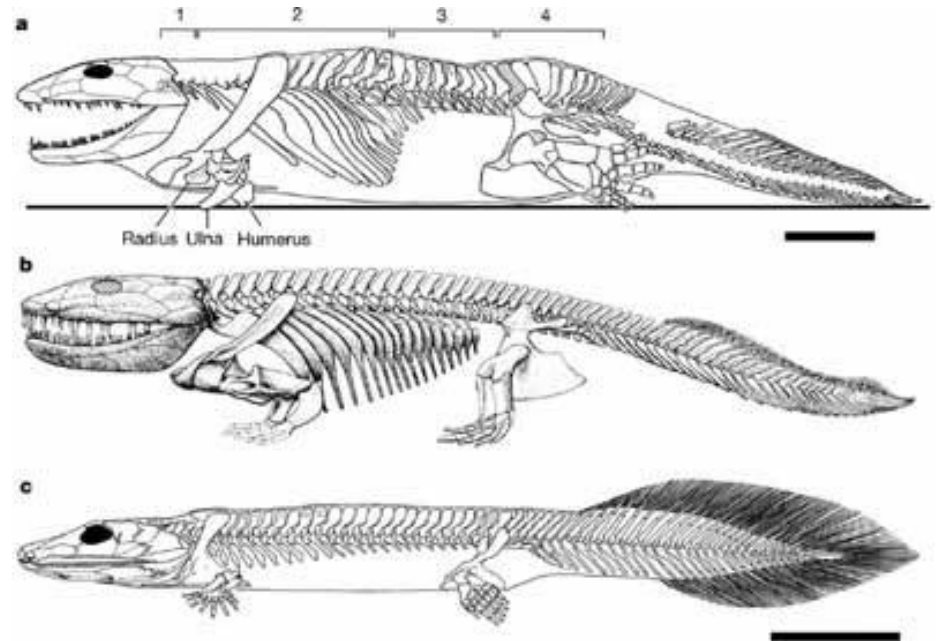
## *Tiktaalik*

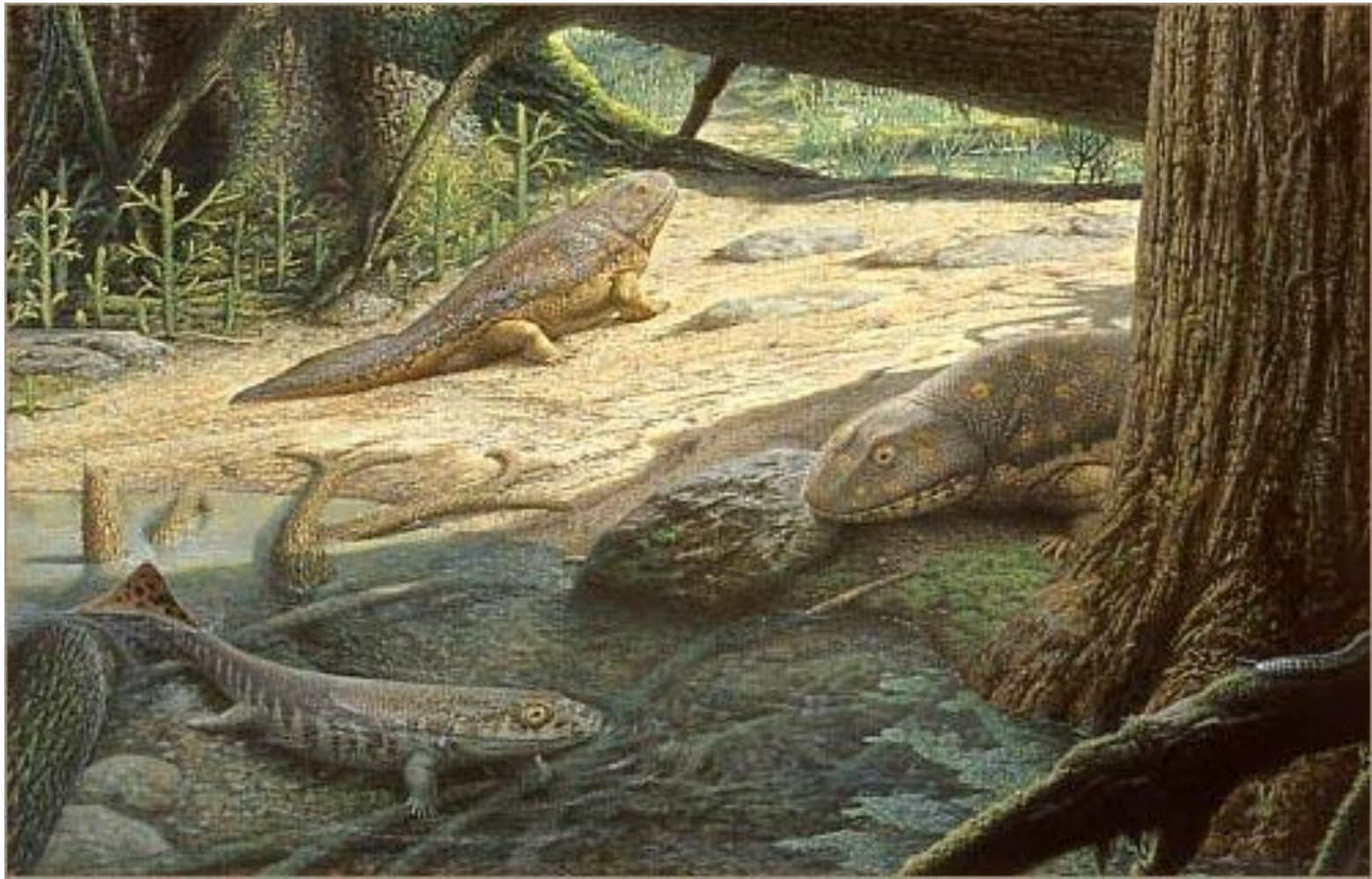


# *Acanthostega*



# *Ichthyostega*





**Карбон**

Появление голосеменных

Появление амниот (диапсиды, зверообразные)

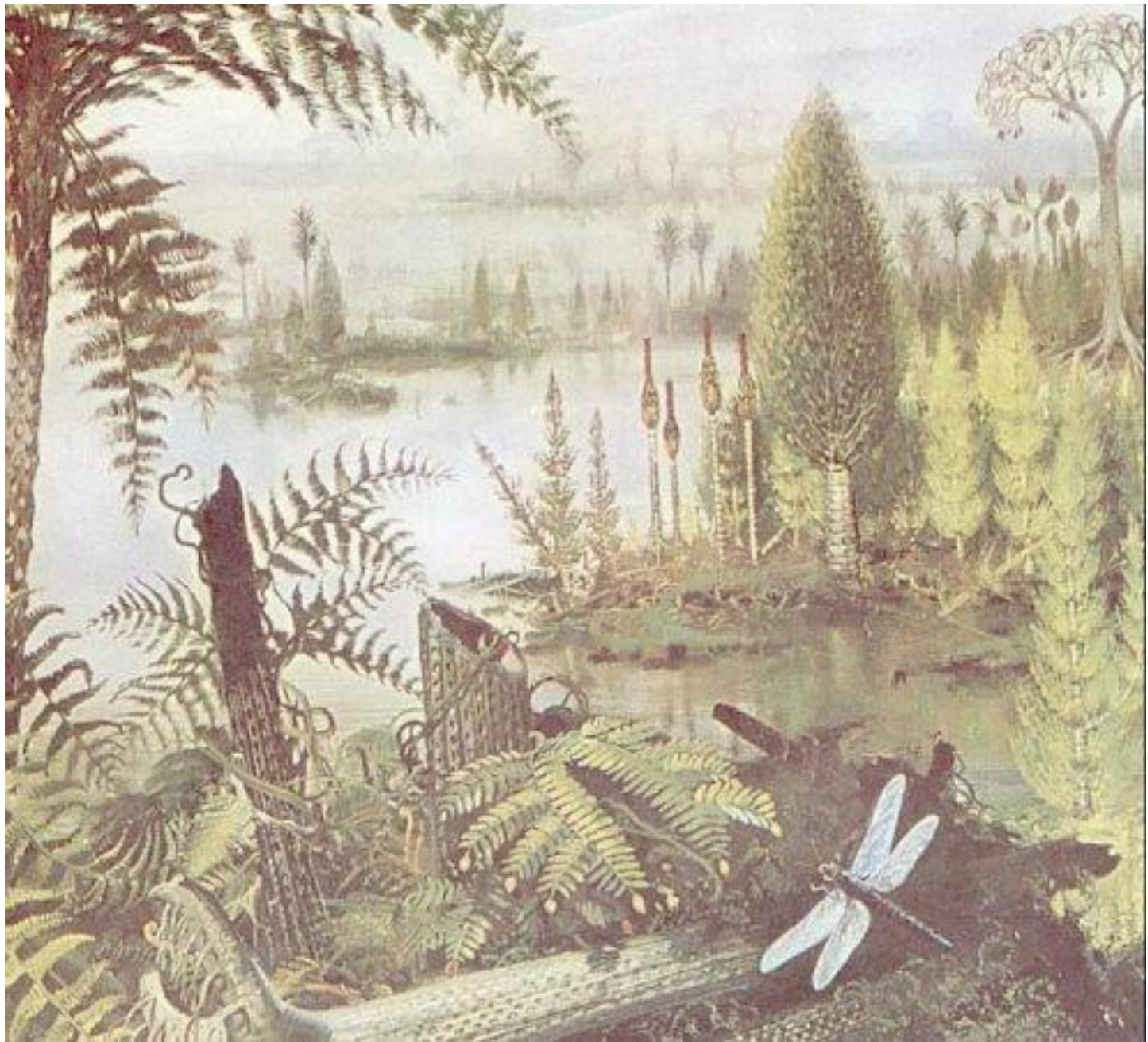
Огромные массы растительности, вероятно, привели к повышению содержания кислорода в атмосфере и снижению содержания углерода:

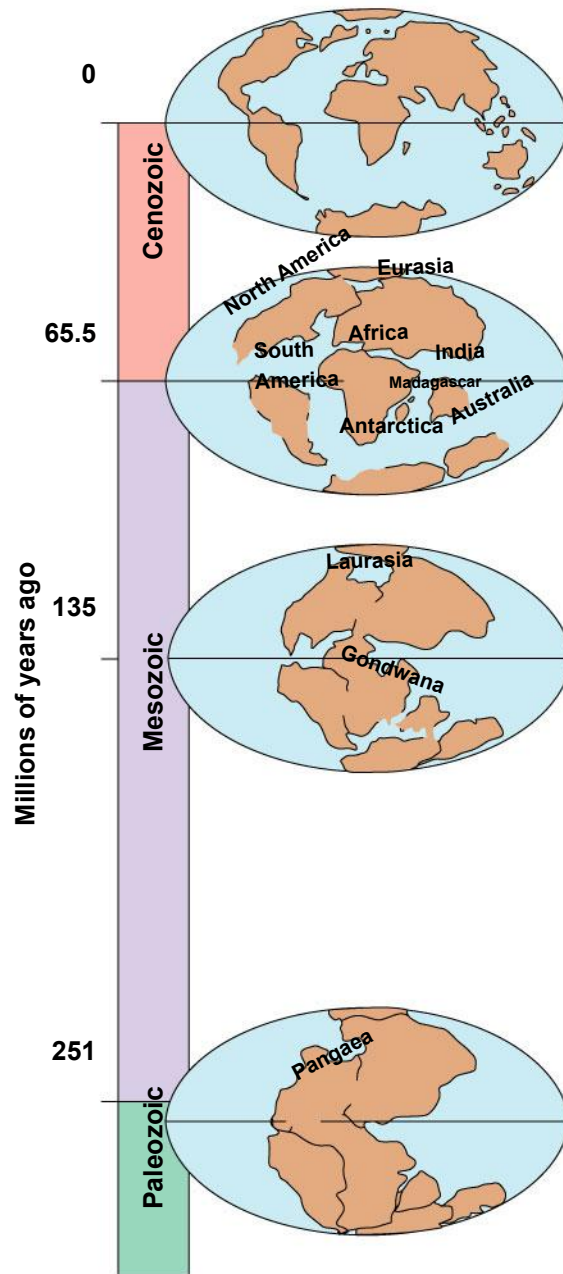
- гигантизму насекомых при максимальной концентрации кислорода
- биогенному похолоданию в конце Карбона из-за снижения парникового эффекта и к массовому вымиранию

Отложение углей







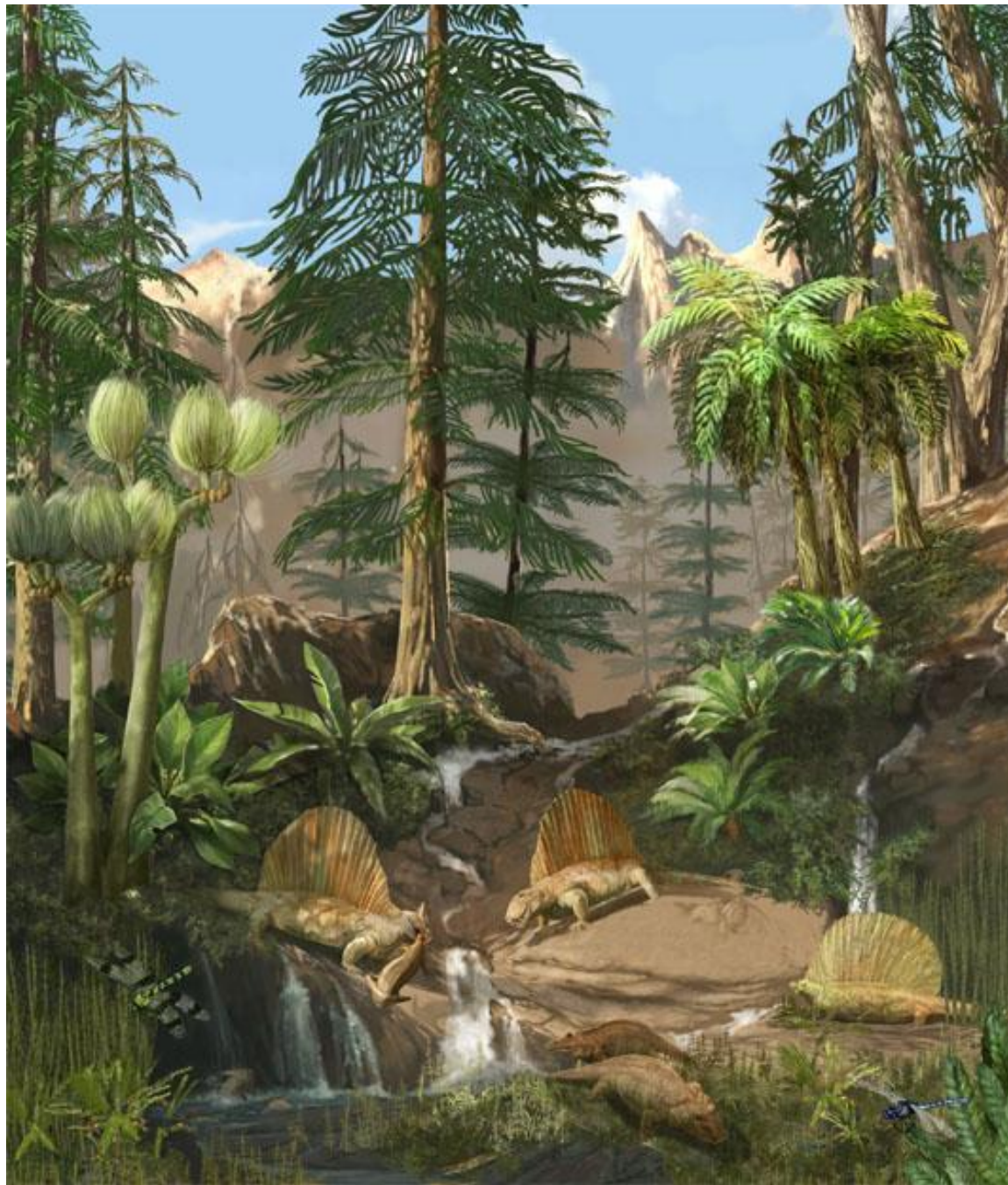


Около 10 миллионов лет назад (миоцен) Индия присоединяется к Азии – образуются Гималаи. Дрейф континентов продолжается В конце Мезозоя – начале Кайнозоя продолжается расхождение континентов Во второй половине Мезозоя Пангея разделяется (Лавразия, Гондвана)

В конце Палеозоя континенты сливаются в единый суперконтинент Пангею.

**Пермь**

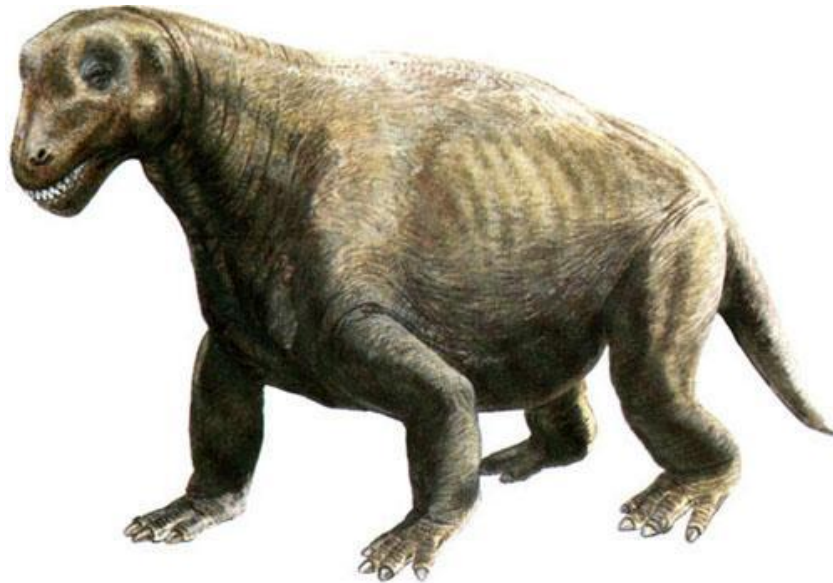
- Доминирование зверообразных
- Появление архозавров
- Образование Пангеи
- Зональность климата, в начале холодного, затем – самого жаркого в истории живого
- Пермское вымирание (метеорит, вулканизм?)



# Pelycosauria

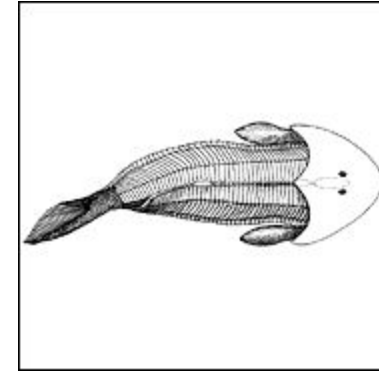


# Deinocephalia



# Палеозой:

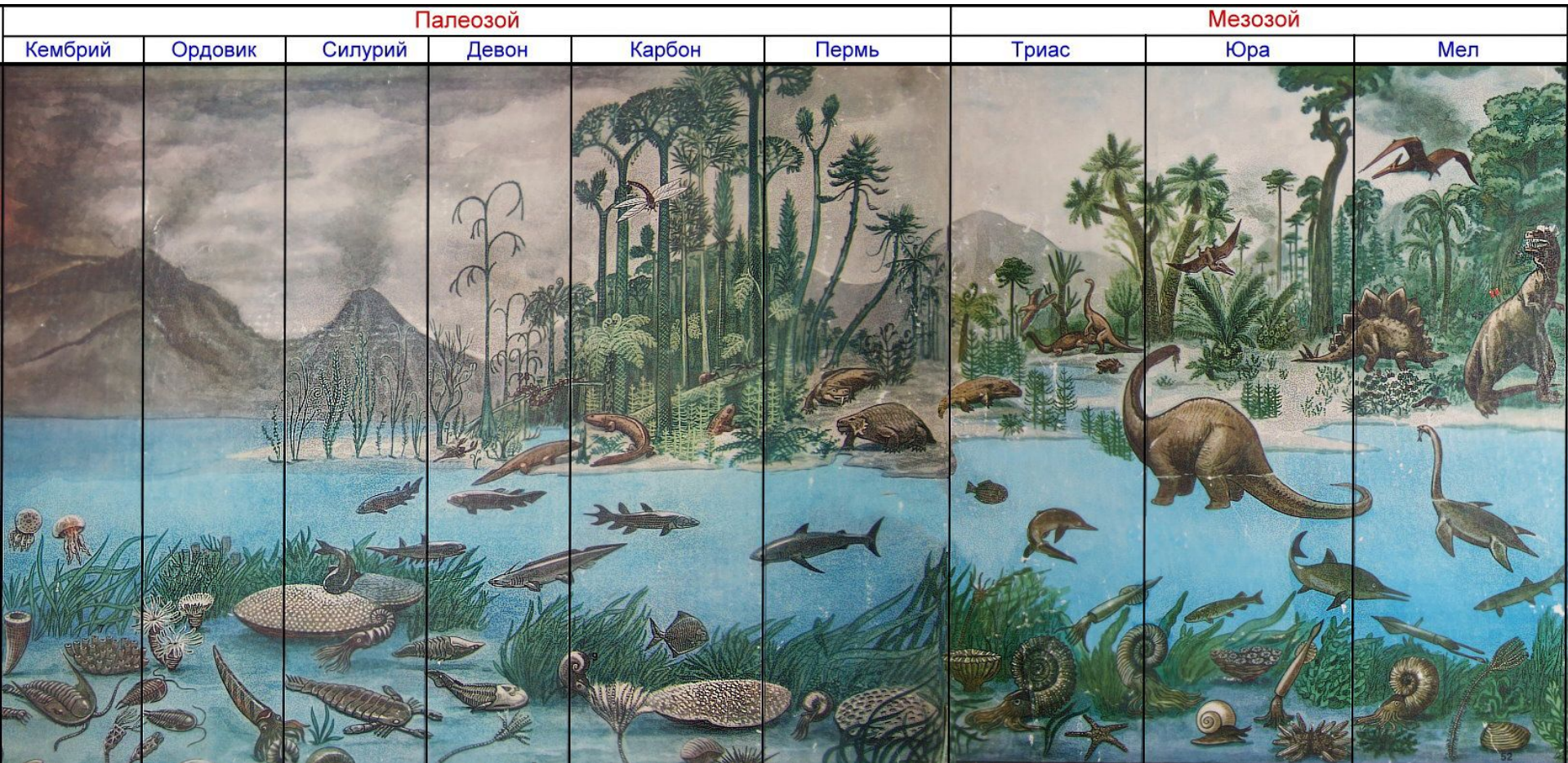
- Начало – Кембрийский взрыв - 540 млн лет назад, конец – Пермское вымирание - 250 млн лет назад
- Выход жизни на сушу: растения (Риниофиты), членистоногие, позвоночные.
- Ранний Палеозой – доминируют морские беспозвоночные (Кембрий, Ордовик, Силур)
- Эволюция наземных растений- хвощи, плауны, папоротники, наконец - голосеменные. Огромные массы растительности того времени превратились в каменный уголь (Карбон). Возможно – биогенное снижение содержания углерода и повышения содержания кислорода в атмосфере (похолодание из-за снижения парникового эффекта и гигантизм насекомых при максимальной концентрации кислорода).
- Появление и эволюция рыб, появление челюстей, затем парных конечностей; появление тетрапод.
- К концу Палеозоя вся суша сливается в суперконтинент - Пангею.



# Мезозой



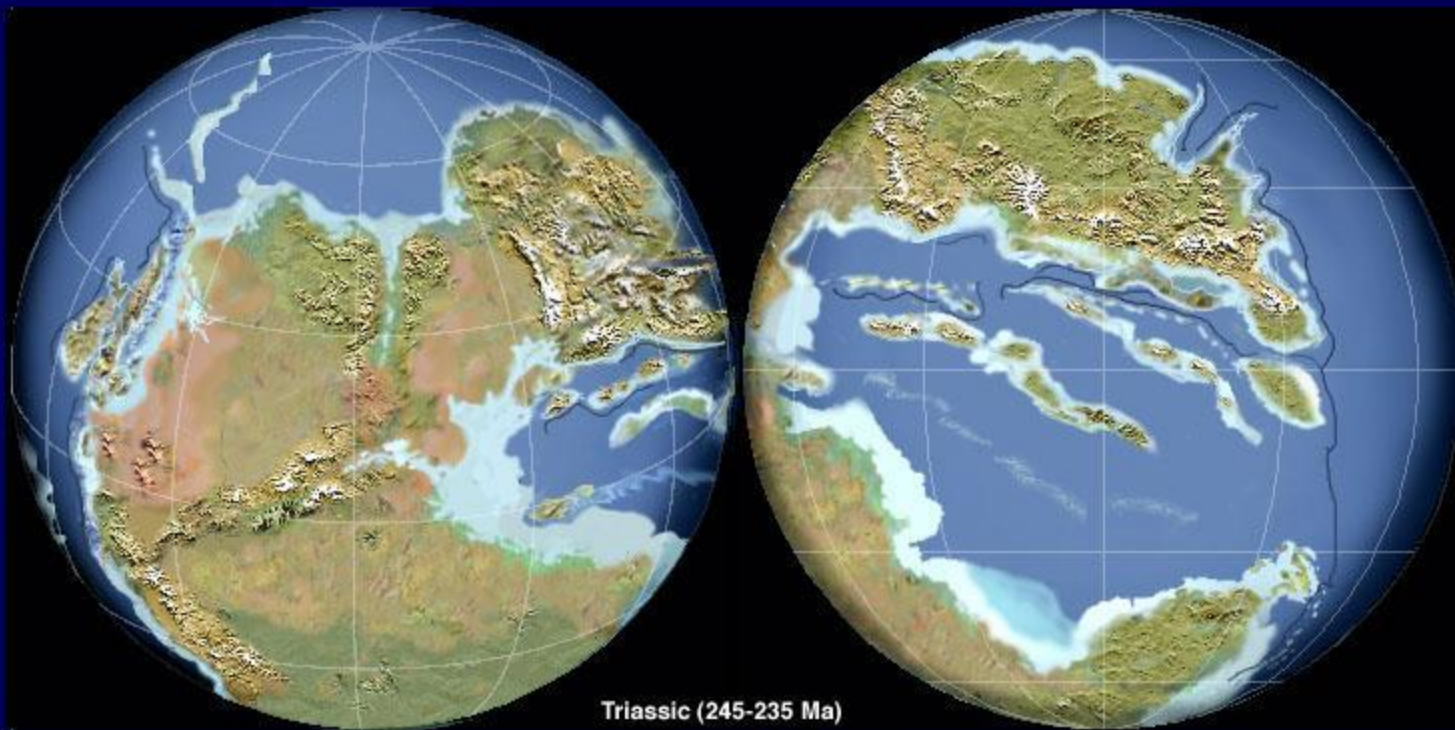
# Мезозой



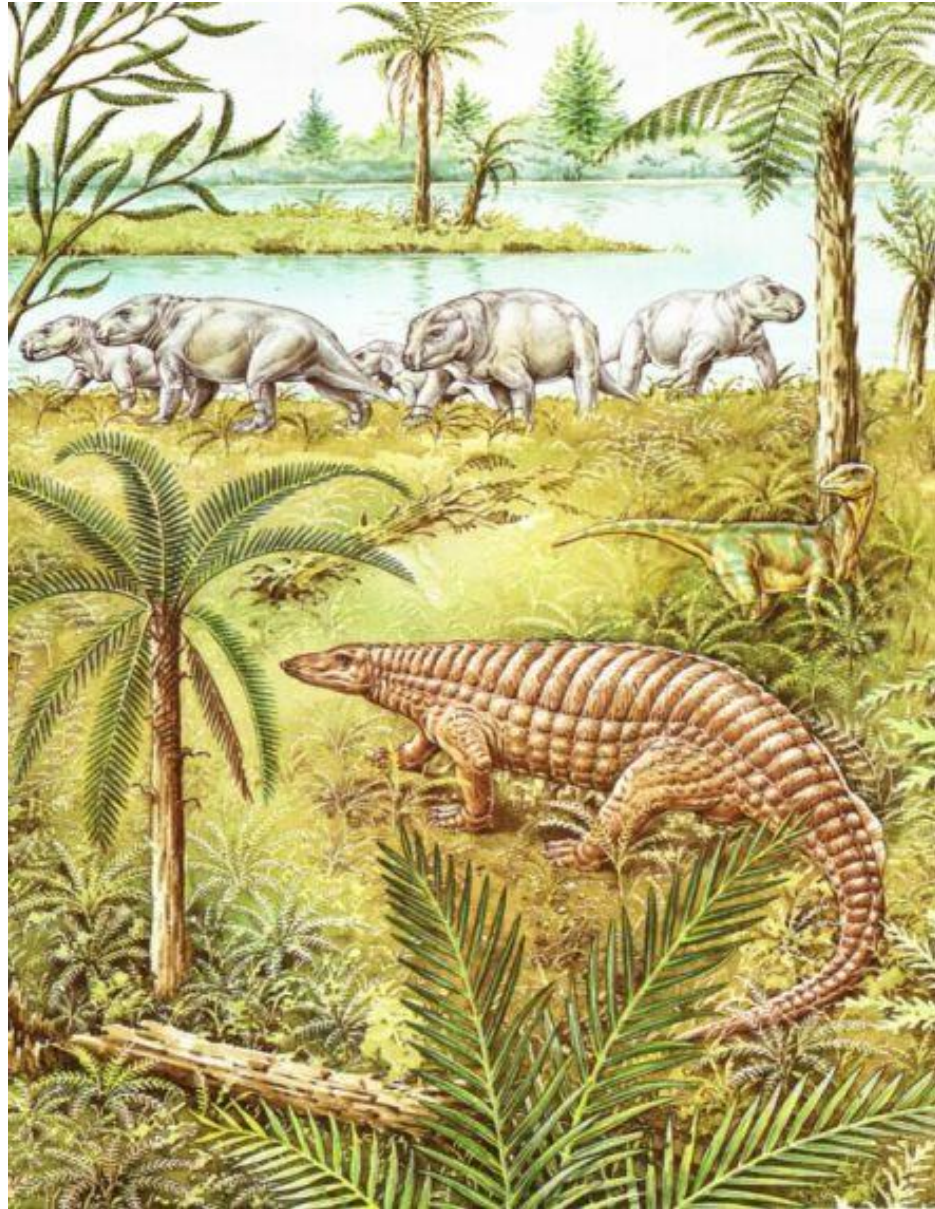
Эра голосеменных растений и динозавров

**ТРИАС**

- Распространение рептилий во всех средах, включая водную (ихтиозавры, плезиозавры и мозозавры) и воздушную (птерозавры). Начало доминирования высших рептилий архозавров - динозавров, птерозавров, крокодилов.
- Распространение голосеменных растений
- Появление бесхвостых амфибий
- Появление первых млекопитающих (от зверообразных)



Late Triassic 220 Ma





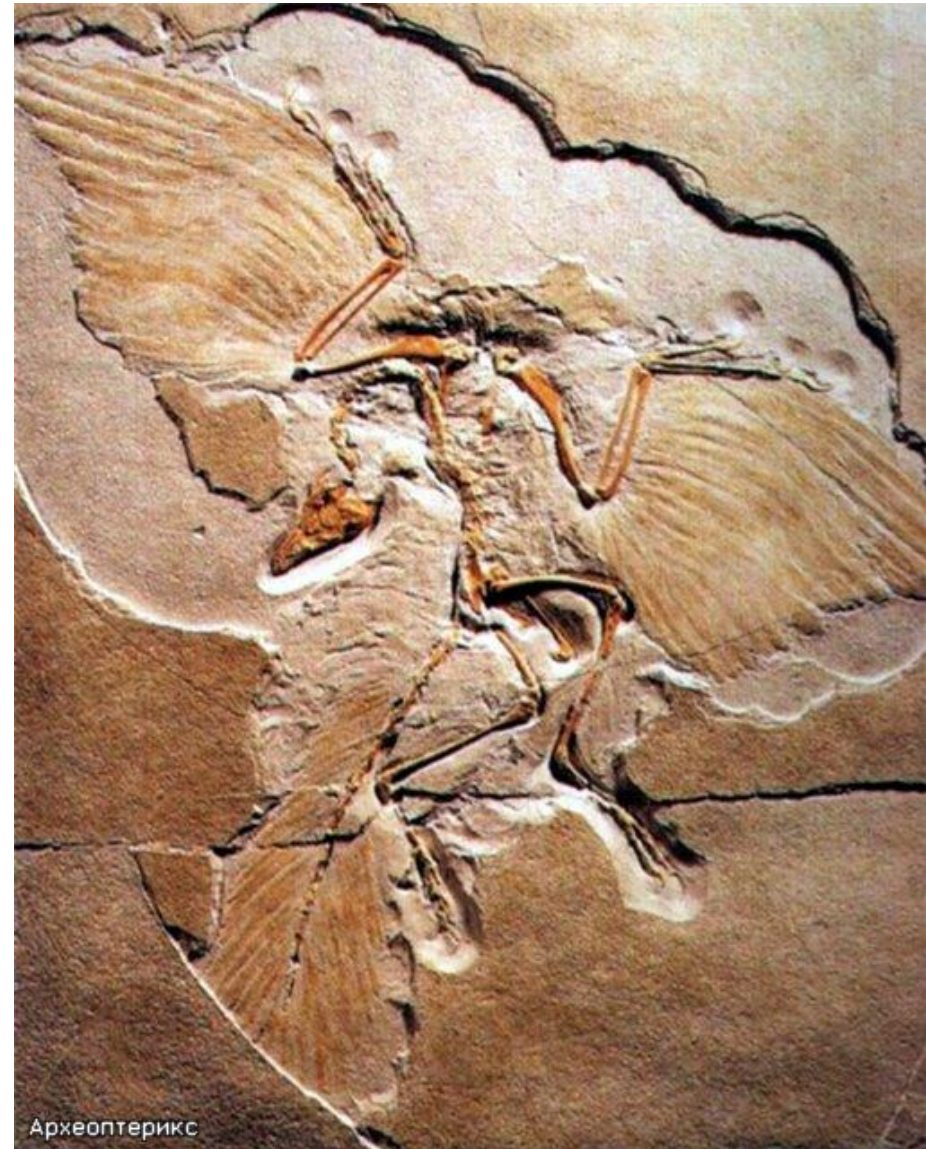
**ЮРА**

- Царство динозавров и хвойных
- Появление птиц
- Появление современных групп хвостатых и безногих амфибий
- Ранняя эволюция млекопитающих



# Археоптерикс

- В 1861 году, когда споры вокруг новой теорий Чарльза Дарвина об эволюции путем естественного отбора достигли высочайшего накала, в Баварии были найдены сперва перо, а потом скелет археоптерикса с перьями. Это пернатое ископаемое было классифицировано как первая птица, хотя у него еще сохранялись некоторые черты рептилий.
- Кстати, экземпляр 1861 года был без головы и хранится в Лондоне, самый же популярный для изображения экземпляр (на картинке) – Берлинский и был найден только в 1877.

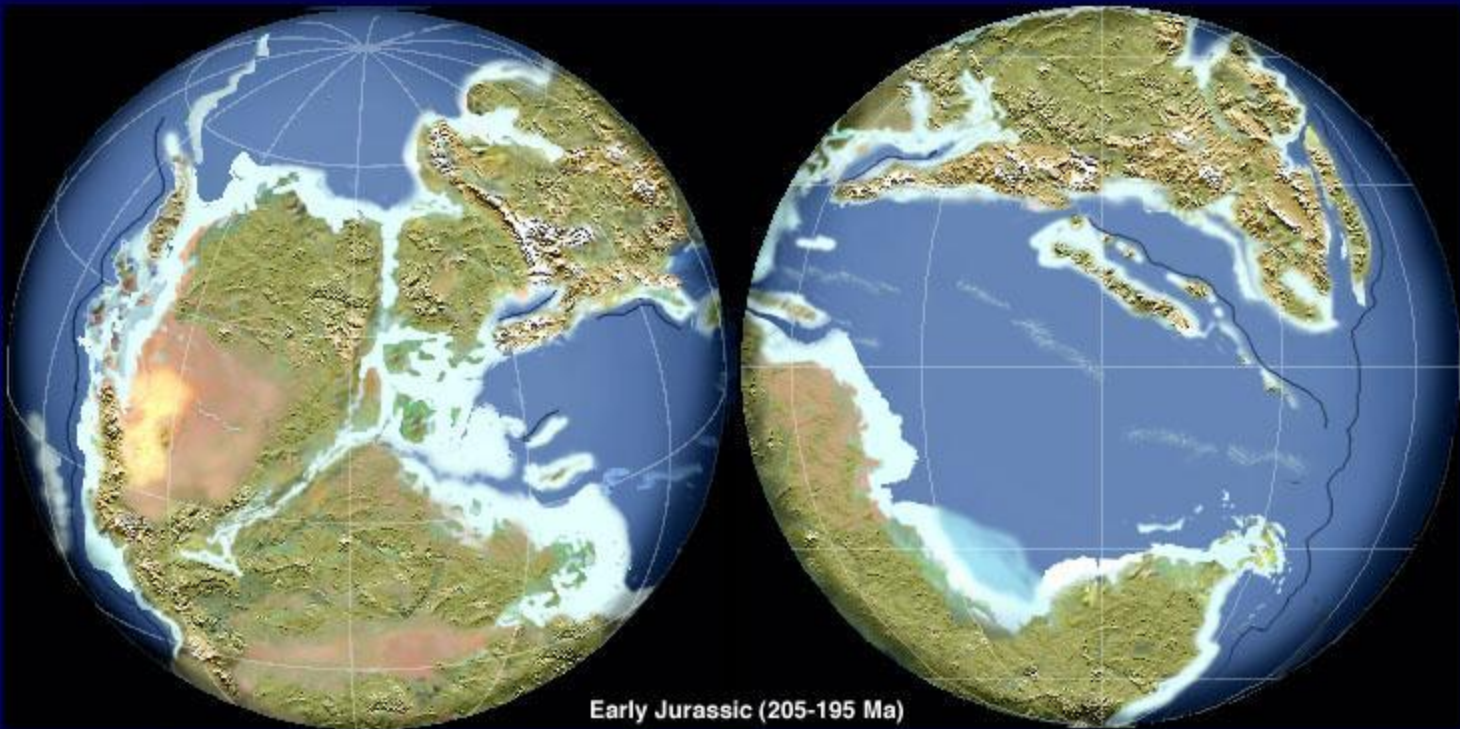


Археоптерикс

# Археоптерикс

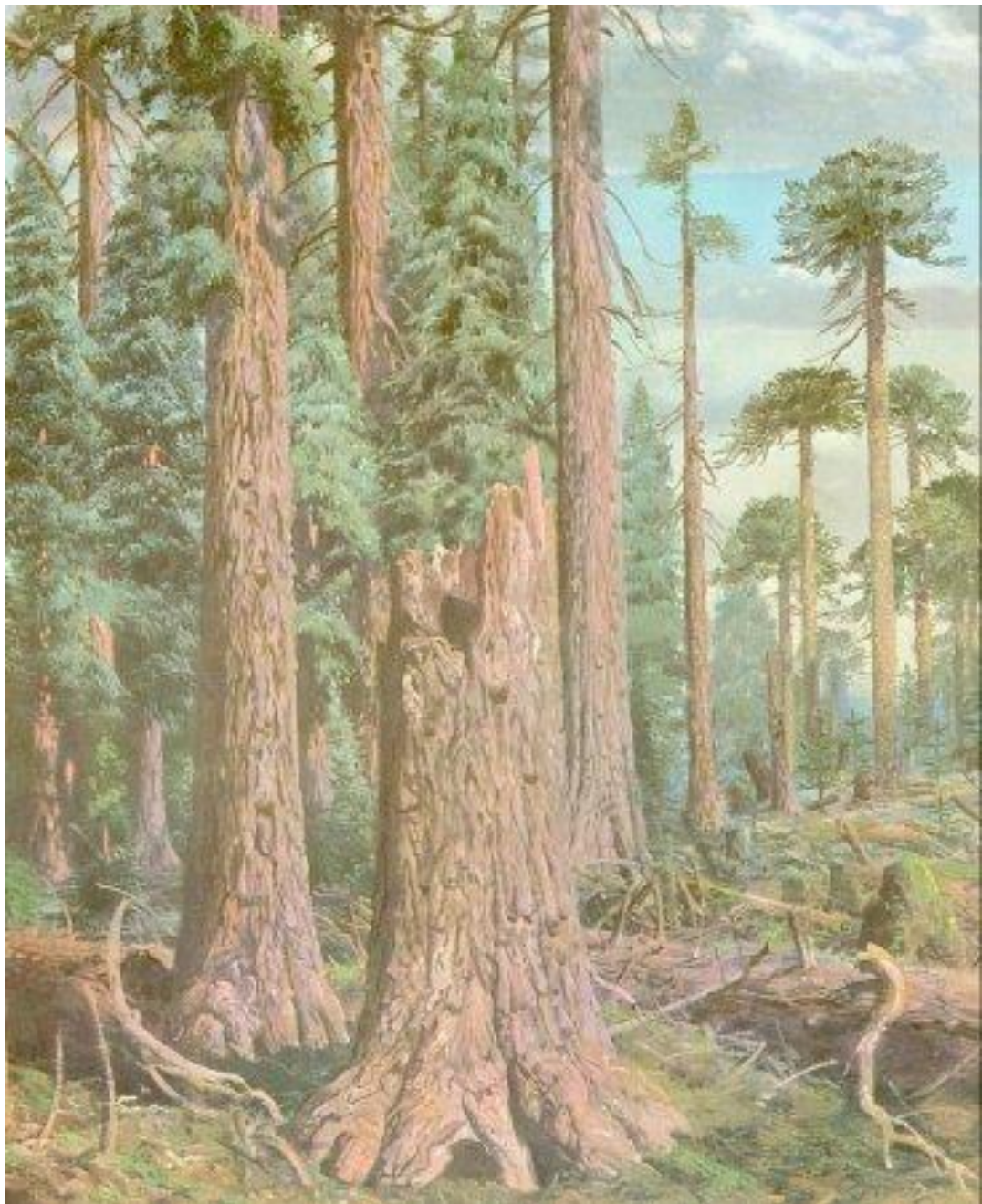
- был птицей среднего размера, величиной примерно с ворону. Перья на крыльях располагались как маховые, то есть позволяли летать
- Ныне известно множество более древних переходных форм, в том числе более «птичьих».
- Палеонтологи рассматривают птиц как часть группы «ящеротазовые динозавры».





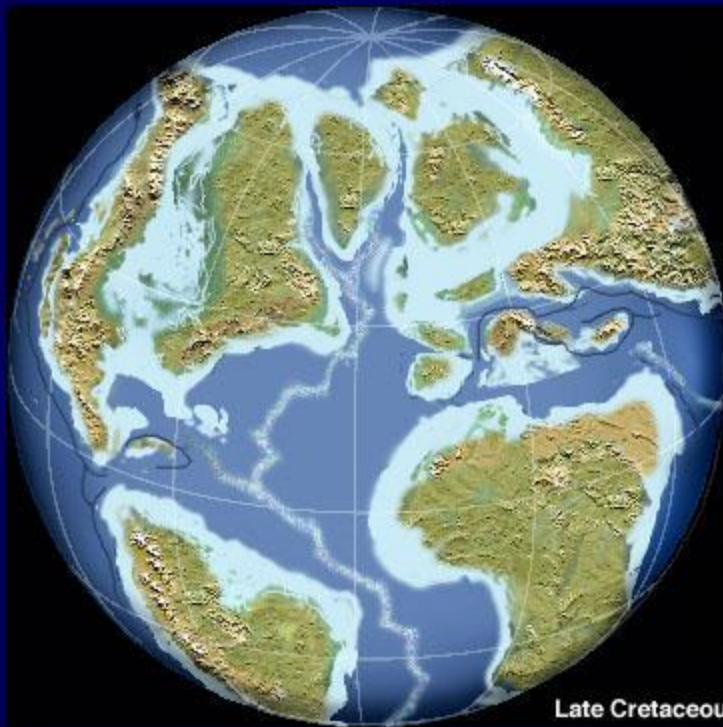
Early Jurassic 200 Ma



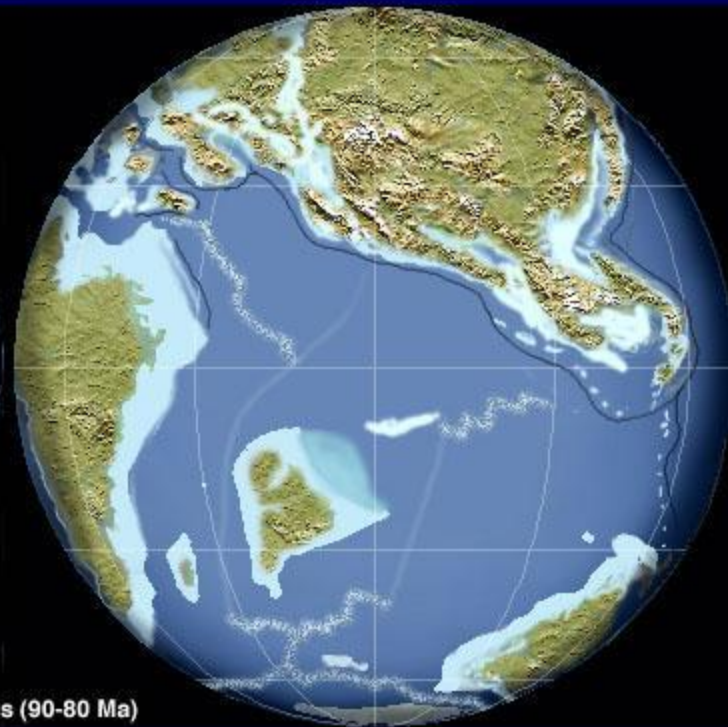


**МЕЛ**

- Появление покрытосеменных (цветковых) растений
- Появление однопроходных, сумчатых и плацентарных млекопитающих, веерохвостых (настоящих) птиц, змей
- Меловое вымирание (конец эпохи динозавров)



Late Cretaceous (90-80 Ma)



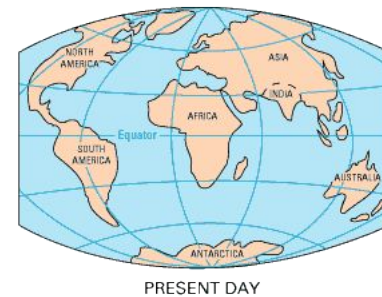
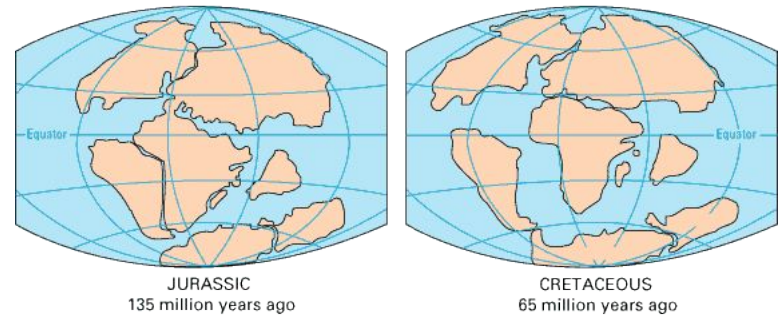
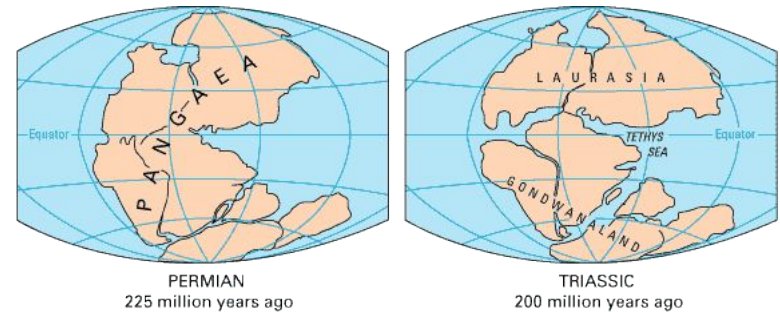
Late Cretaceous 80 Ma





# Мезозой

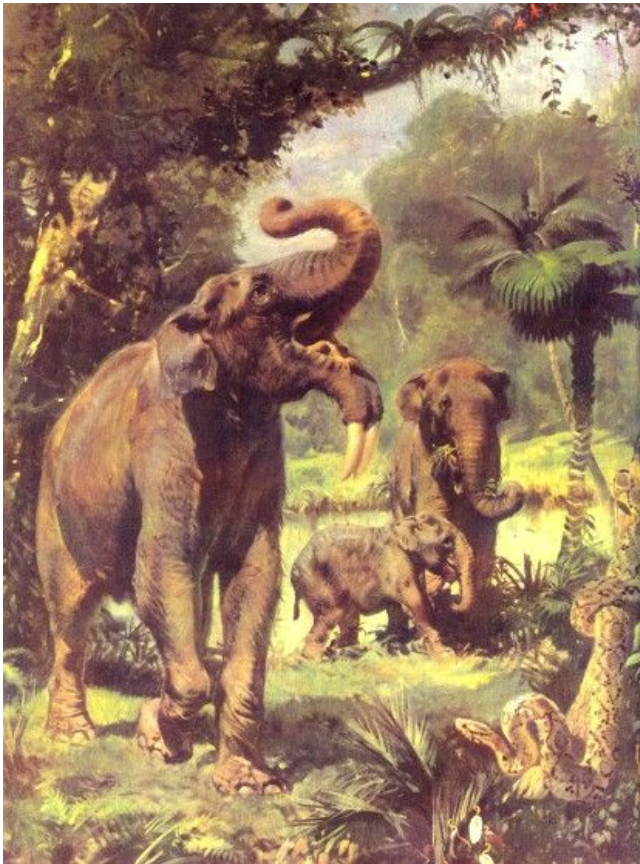
- Эра максимального разнообразия рептилий, «эпоха динозавров»
- Появление и расцвет покрытосеменных.
- Разделение Пангеи – разделение «территорий эволюции» различных групп
- Появление птиц и млекопитающих



**Кайнозой**

## Эра млекопитающих, птиц и насекомых

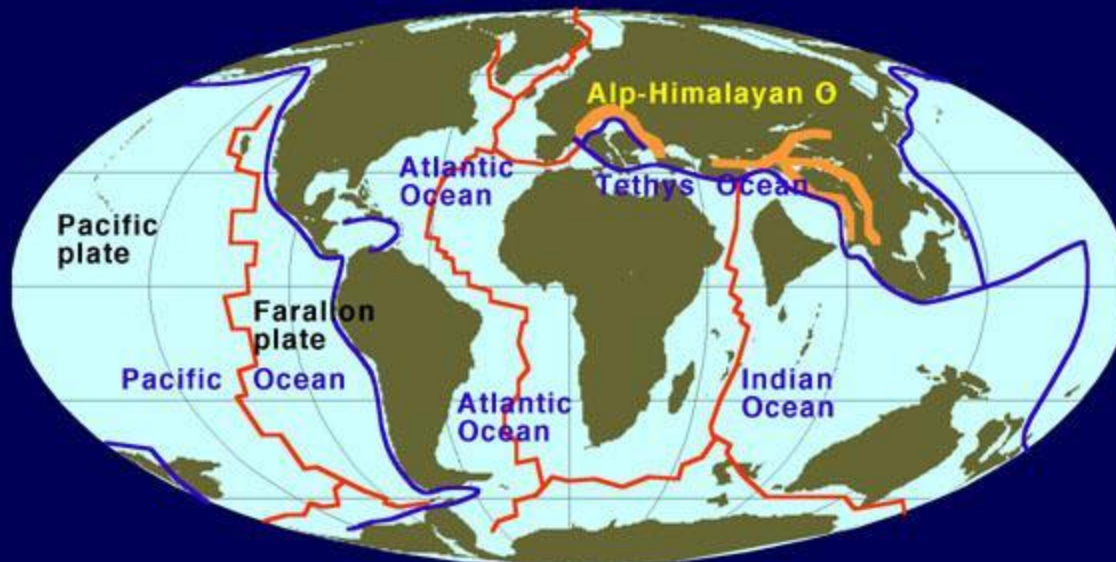
**Кайнозой — эра новой жизни.** Продолжается 67 млн. лет и делится на два неравных по времени периода — **третичный (палеоген и неоген) и четвертичный (антропоген).** В первой половине третичного периода (в палеогене) на большей части Земли вновь установился теплый тропический климат.



# Палеоген

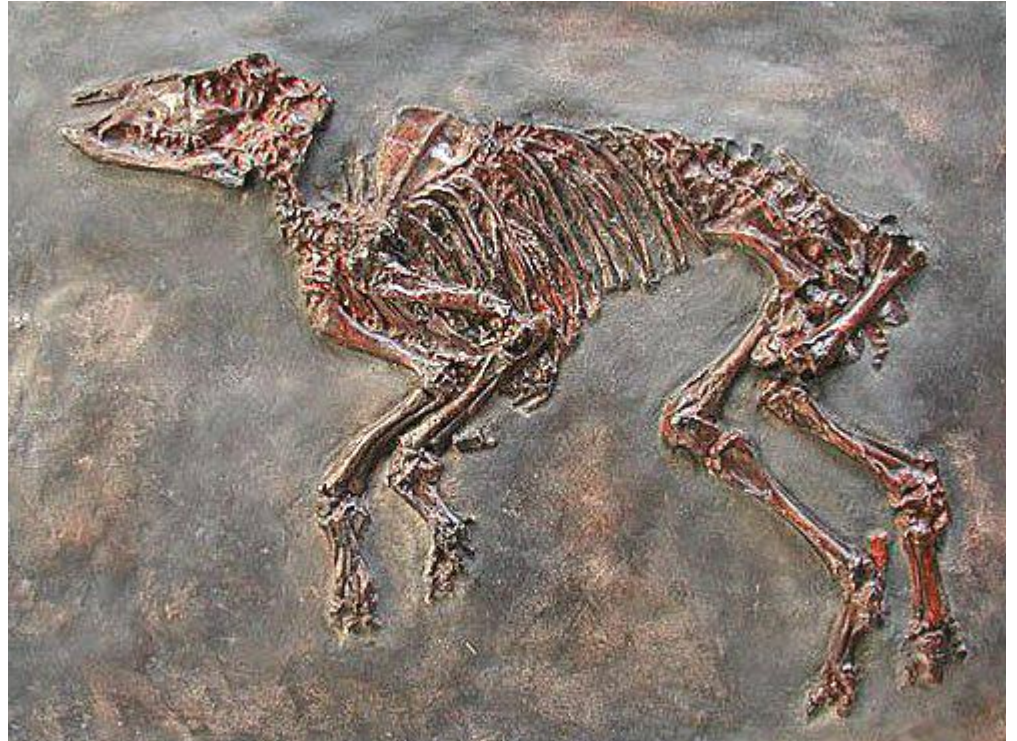


Early Tertiary (50-40 Ma)

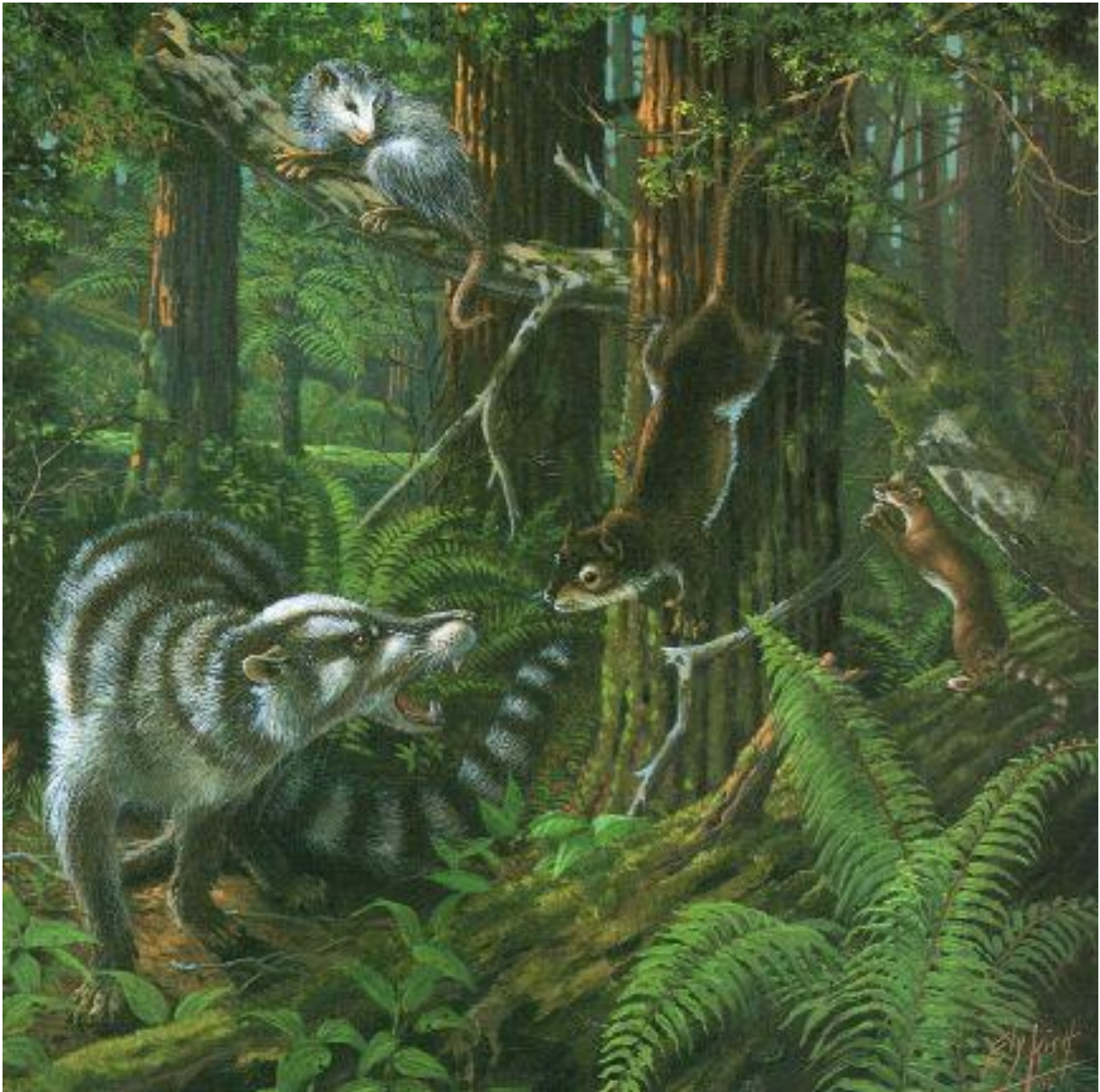


Late Eocene 40 Ma

- Распространение покрытосеменных растений
- Расцвет и радиация млекопитающих, птиц, насекомых-опылителей
- Появление большинства отрядов млекопитающих







## Эра млекопитающих, птиц и насекомых



Уже в первой половине третичного периода появились все современные отряды млекопитающих

**Неоген**

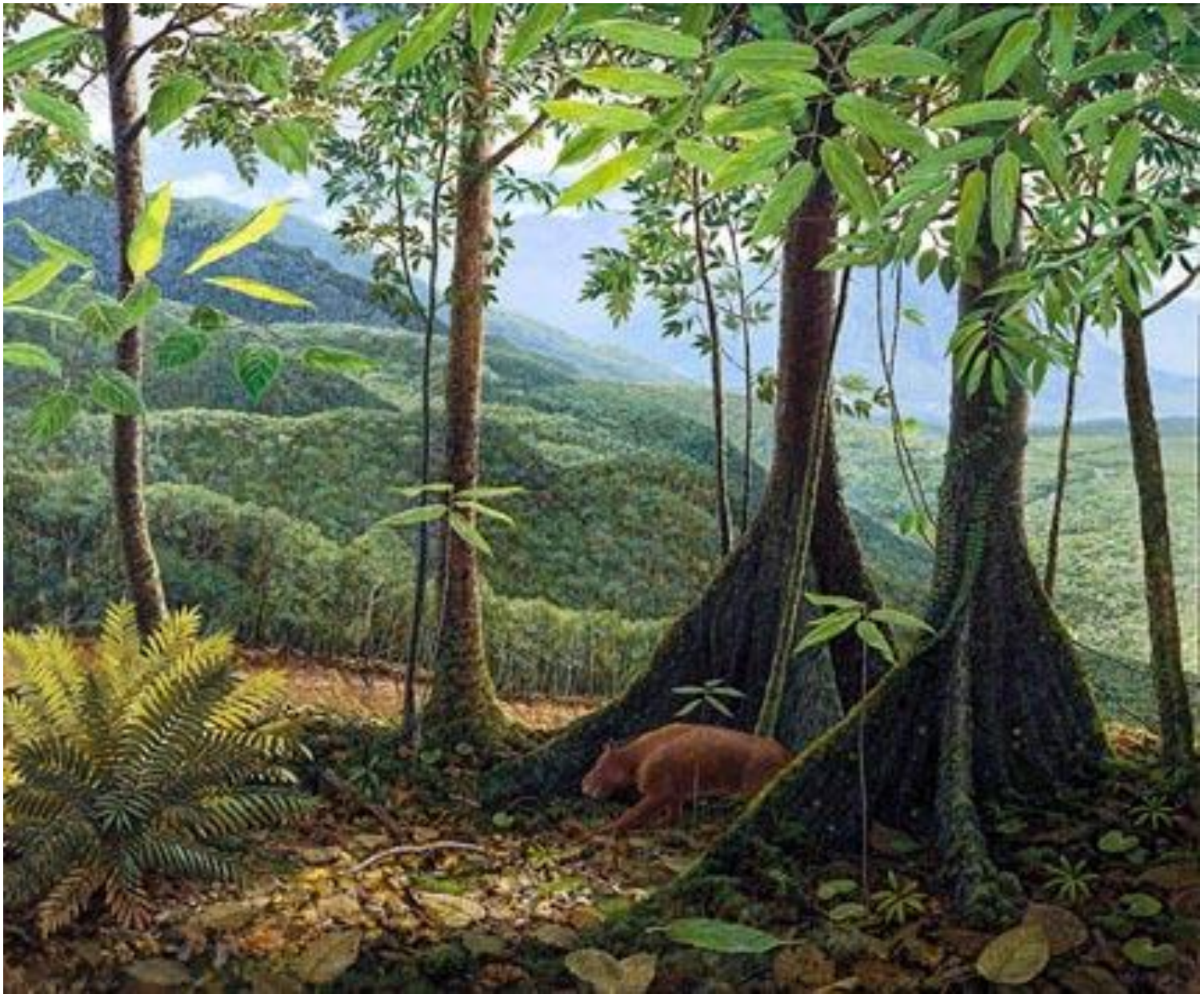
- **Формирование современного облика биосферы**



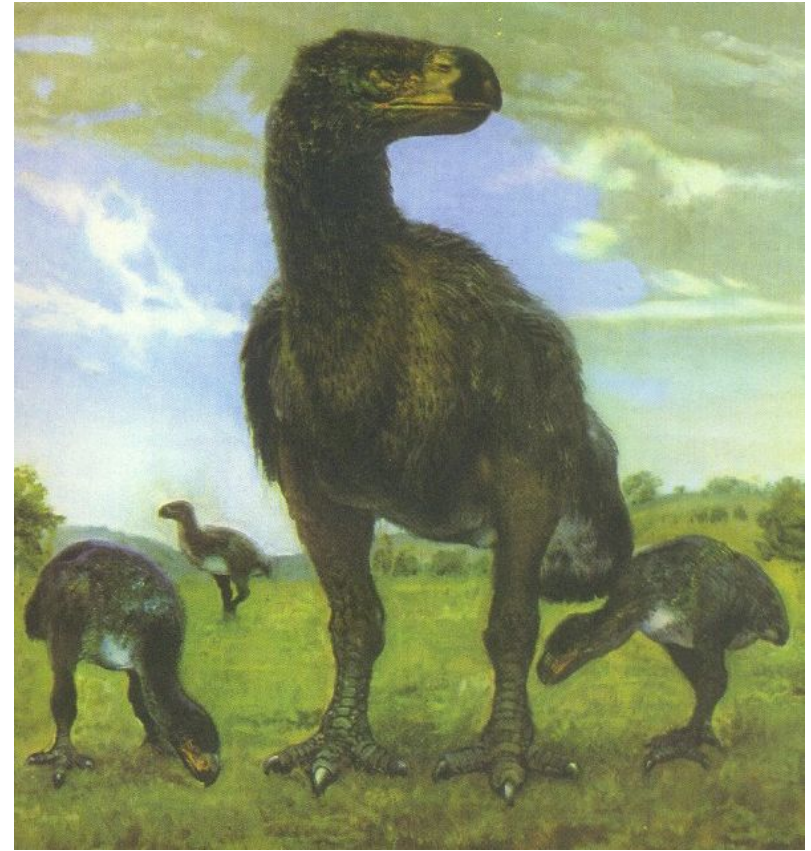
Late Tertiary (25-15 Ma)



Early Miocene 20 Ma



## Эра млекопитающих, птиц и насекомых



Во второй половине (неогене) тропические леса заменяются степями, распространяются однодольные растения. Появляются современные отряды птиц. Настоящими гигантами были **форораки** (до 3 м) и **диатримы** (до 2,5 м).

## Эра млекопитающих, птиц и насекомых

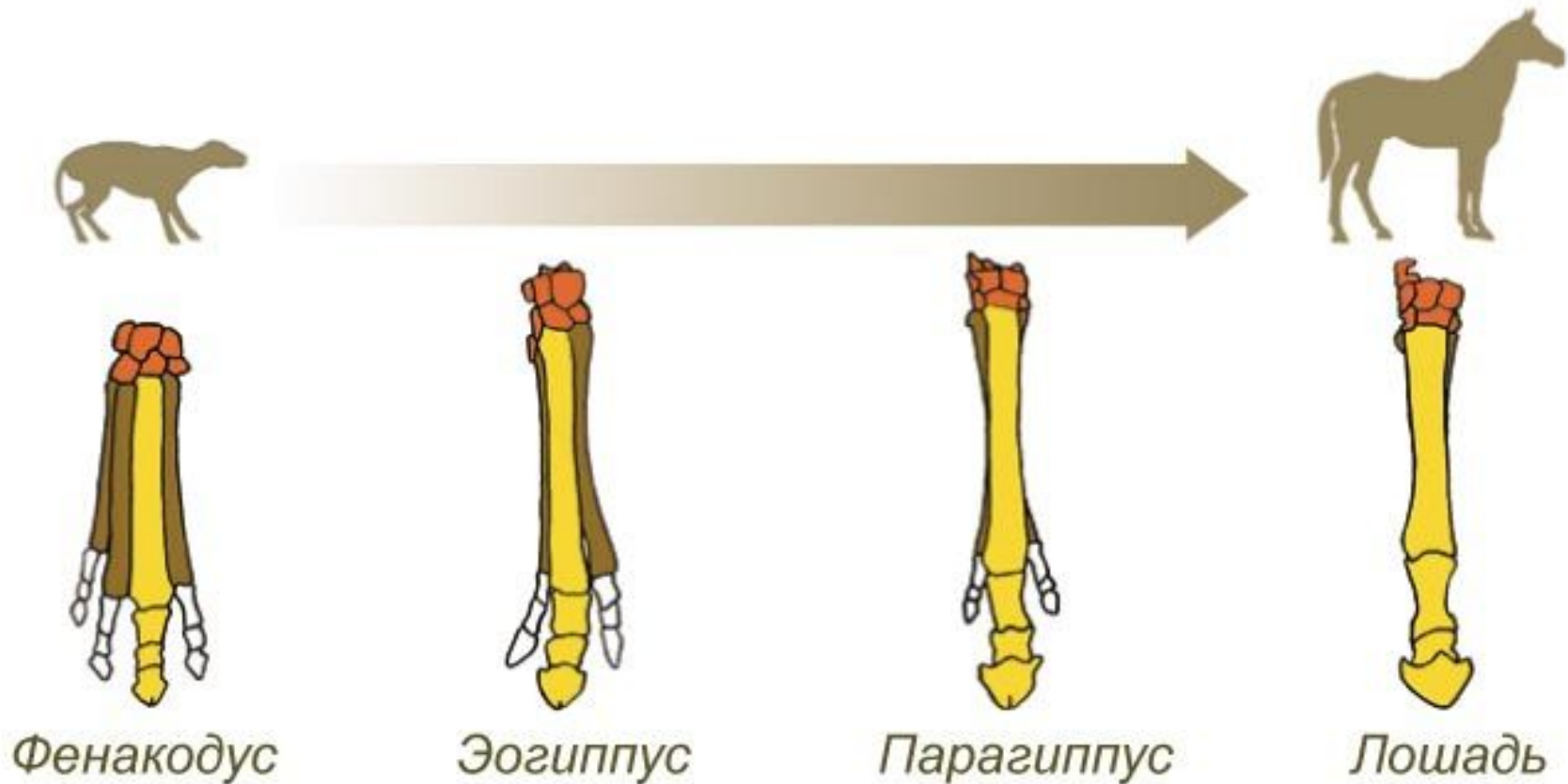


В море появляются первые китообразные—базилозавры. 43

В морях распространяются вторичноводные млекопитающие – китообразные и ластоногие. Ластоногие произошли от животных отряда хищные. Китообразные – представители отряда китопарнокопытные.



## Эра млекопитающих, птиц и насекомых



Предок современной лошади появился 50 млн. лет назад в Северной Америке, держался в лесах, размером с лисицу.

Передние ноги имели 4 пальца, задние – 3. В связи с остепнением появились лошади.

# **ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ**

## **(Плейстоцен и Голоцен)**

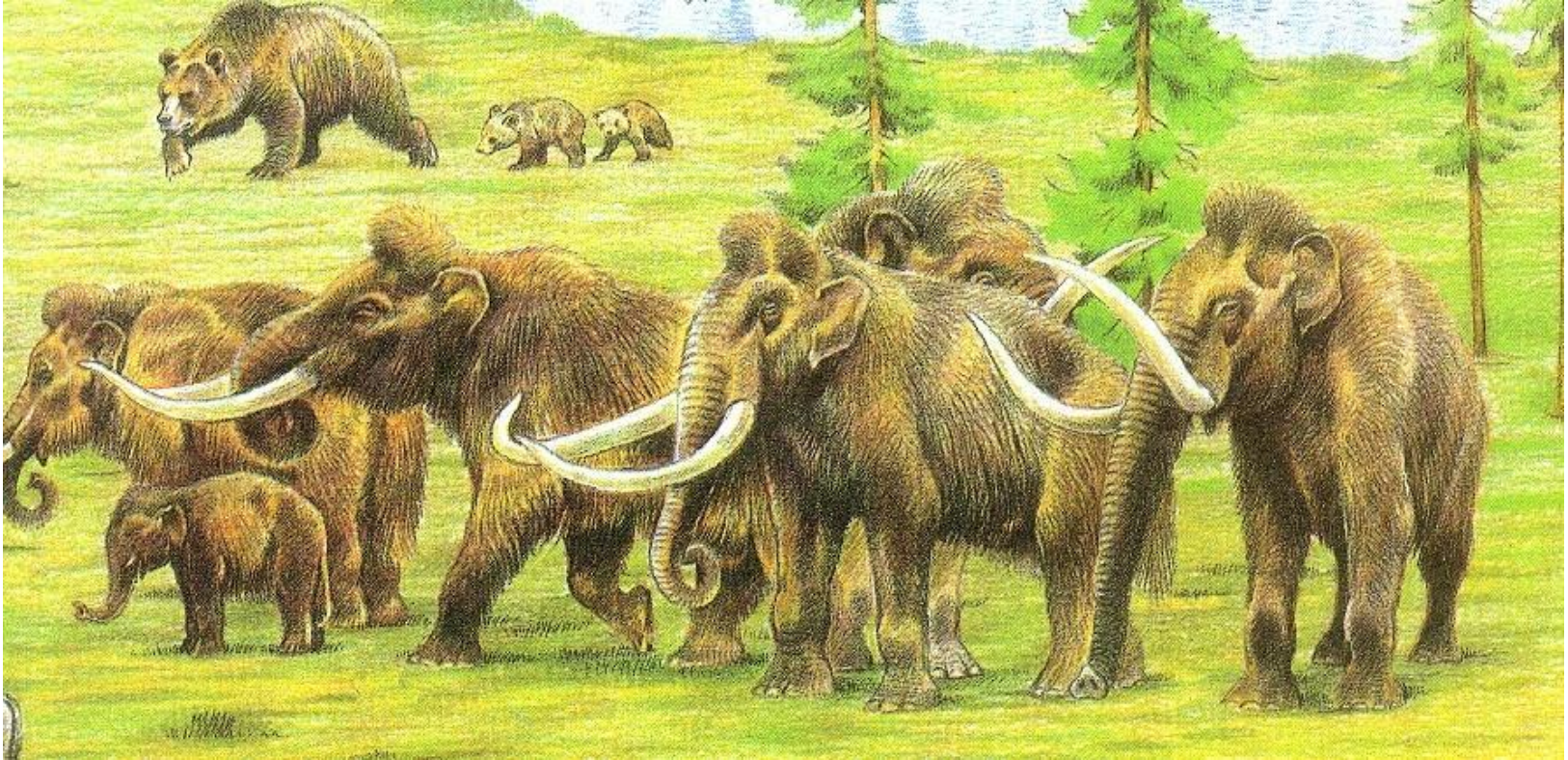
## Эра млекопитающих, птиц и насекомых



В четвертичном периоде холодный климат привел к уменьшению уровня мирового океана на 60 — 90 м, образовывались и спускались к югу ледники, толщина льда которых достигала десятков метров, вода испарялась, а таять не успевала.

Образовались сухопутные мосты между Азией и Северной Америкой, между Европой и Британскими островами, полуостровом Индокитай и островами Зондского архипелага.

## Эра млекопитающих, птиц и насекомых



По сухопутным мостам происходили миграции животных с континента на континент. Около 40 тыс. лет назад по Берингийскому мосту люди ушли из Азии в Северную Америку.

## Эра млекопитающих, птиц и насекомых



Пещерные медведи

## Эра млекопитающих, птиц и насекомых



Махайрод, саблезубый тигр

- Появление людей